



Régie des Bâtiments

CAHIER DES CHARGES TYPE

105

CHAUFFAGE CENTRAL, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR

Edition 2014

Le présent cahier des charges-type n° 105 – édition 2014 – comprend deux parties :

- Première partie : clauses administratives
- Deuxième partie : clauses techniques

L'édition 2014 abroge et remplace l'édition 1990 du cahier des charges-type 105.

Certains articles de la deuxième partie sont repris de l'édition 1990 et intégrés tels quels dans la présente édition. Il s'agit des textes suivants :

- Au chapitre C : articles C1, C2, C4, C5, C6, C7, C10, C15, C18, C22, C23, C39, C40, C41
- Au chapitre E : articles E1, E2, E3, E4

Approuvé,

21.08.2014

Bruxelles, le



Servais VERHERSTRAETEN

Secrétaire d'Etat aux Réformes institutionnelles,
à la Régie des Bâtiments et au Développement durable

Notes :

1. Le présent document est mis à disposition gratuitement sous format informatique sur le site internet de la Régie des Bâtiments à l'adresse suivante :

www.regiedesbatiments.be

- ⇒ Marchés publics
- ⇒ 7. Autres documents
- ⇒ 7.1. Documents types

[CLIQUER ICI POUR TELECHARGER LE DOCUMENT](#)

2. Toutes les normes belges enregistrées citées dans le présent document peuvent être obtenues auprès de NBN (Bureau de Normalisation), rue Joseph II 40 bte 6, 1000 Bruxelles (www.nbn.be)
3. Toute référence à une norme dans le présent document doit être interprétée comme une référence à l'édition de cette norme renseignée en introduction de chaque chapitre / article sous l'intitulé 'références normatives', ou à défaut à l'édition de cette même norme en vigueur au moment de la publication du texte qui y fait référence.
4. Les articles / chapitres renseignés « pour mémoire » ne font pas partie de la présente édition.

Principe de numérotation des pages :

Pour les articles repris de l'édition 1990, le principe de numérotation des pages en en-tête (coin supérieur droit de chaque page) est le suivant :

b./c./d.

105/a

- Où
- a = 1990, millésime de l'édition de l'article
 - b = II, deuxième partie, clauses techniques
 - c : chapitre, article et paragraphe (lettre suivie de deux nombres)
 - d : numérotation des feuilles de chaque paragraphe, dans l'ordre arithmétique

Pour tous les autres textes, le principe de présentation et de numérotation des pages est le suivant :

En en-tête :

CAHIER DES CHARGES TYPE N° 105

En pied de page :

f	(e)	page g-h
---	-----	----------

- Où
- e = millésime de l'édition de l'article
 - f = première partie : CLAUSES ADMINISTRATIVES
deuxième partie : CLAUSES TECHNIQUES - CHAPITRE (lettre) / ARTICLE (lettre suivie de nombre)
 - g : première partie : CA
deuxième partie : chapitre (lettre) / article (lettre suivie de nombre) idem
 - h : numérotation des feuilles de chaque partie / chapitre / article, dans l'ordre arithmétique

CAHIER DES CHARGES TYPE N° 105

PARTIE 1

CLAUSES ADMINISTRATIVES

CONTENU

1.	OBJET DES ENTREPRISES	Edition 2014
2.	REFERENCES LEGALES	Edition 2014
3.	EXECUTION DU MARCHE	Edition 2014
4.	FIN DU MARCHE	Edition 2014
5.	MOYENS D'ACTION DU POUVOIR ADJUDICATEUR	Edition 2014

PARTIE 1 CLAUSES ADMINISTRATIVES

CONTENU

1. OBJET DES ENTREPRISES.....	2
2. REFERENCES LEGALES.....	4
3. EXECUTION DU MARCHÉ.....	5
3.1. Révision des prix (art. 20 AR passation).....	5
3.1.1. Généralités.....	5
3.1.2. Formule de révision dans le cas où le délai total d'exécution est inférieur à 100 jours ouvrables.....	5
3.1.3. Formule de révision dans le cas où le délai total d'exécution est égal ou supérieur à 100 jours ouvrables.....	6
3.1.4. Valeur des paramètres a, b et c de la formule de révision.....	7
3.2. Plans de détail et d'exécution établis par l'adjudicataire (art. 36 AR règles générales d'exécution).....	8
3.2.1. Documents à introduire avant le début des travaux.....	8
3.2.2. Documents à introduire après exécution des travaux.....	9
3.2.3. Documents à introduire après mise au point des installations.....	9
3.2.4. Documents à introduire après agrégation de certaines parties de l'installation.....	10
3.3. Paiement des travaux (art. 66 AR règles générales d'exécution).....	11
3.4. Planning (art.76 AR règles générales d'exécution).....	12
3.4.1. Renseignements à fournir aux soumissionnaires.....	12
3.4.2. Procédure applicable lorsqu'un planning doit être élaboré.....	12
3.4.3. Procédure applicable lorsque l'élaboration d'un planning n'est pas exigée.....	12
3.5. Journal des travaux (art. 83 AR règles générales d'exécution).....	13
3.6. Interruption des travaux (art. 89 AR règles générales d'exécution).....	14
3.7. Indemnisation pour suspensions (art. 55 AR règles générales d'exécution).....	15
4. FIN DU MARCHÉ.....	16
4.1. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive (art. 65 AR règles générales d'exécution).....	16
4.2. Utilisation des ouvrages par le pouvoir adjudicateur (art. 91 AR règles générales d'exécution.....	17
4.3. Réception provisoire (art. 92 §2 AR règles générales d'exécution).....	18
4.3.1. Généralités.....	18
4.3.2. Première réception provisoire.....	18
4.3.3. Seconde réception provisoire.....	19
4.4. Réception définitive (art. 92 §3 AR règles générales d'exécution).....	22
4.5. Libération du cautionnement après réception (art. 93 AR règles générales d'exécution).....	23
5. MOYENS D'ACTION DU POUVOIR ADJUDICATEUR.....	24
5.1. Entrepreneurs en défaut d'exécution (art. 44 §2 AR règles générales d'exécution).....	24
5.2. Pénalités pour manquements techniques (art. 45 AR règles générales d'exécution).....	25
5.2.1. Pénalités pour manquements divers.....	25
5.2.2. Pénalités pour essais de chaudières.....	25
5.2.3. Pénalités pour essais de ventilation.....	27
5.2.4. Pénalités pour essais de réglage hydraulique des installations.....	28
5.2.5. Pénalités pour non-respect des impositions acoustiques.....	28
5.3. Amendes pour retard (art. 46 et 86 AR règles générales d'exécution).....	30

1. OBJET DES ENTREPRISES

Les entreprises régies par le présent cahier des charges-type ont pour objet l'exécution de travaux d'établissement, d'entretien, d'amélioration et d'extension d'installations de chauffage central, de ventilation et de conditionnement d'air.

Les entreprises relatives à des installations de chauffage central, ventilation et conditionnement d'air comprennent :

1. la fourniture et le placement de tous les éléments prévus aux plans et/ou définis au cahier spécial des charges
2. la mise en œuvre de tous les moyens d'exécutions, quels qu'ils soient que nécessite l'introduction du matériel : construction de certaines pièces encombrantes en plusieurs parties à assembler sur place, création de baies et de trous de passage autres que ceux prévus aux plans et fermeture de ces baies ou trous, etc....
3. l'exécution, dans les règles de l'art, de tous les travaux de maçonnerie et de réfection relatifs au placement des divers appareils, dont question ci-avant
4. l'enlèvement régulier des décombres et matériaux sans valeur et sans emploi provenant des travaux de l'entreprise, ainsi que leur transport, aux frais et par les soins de l'entrepreneur, aux décharges publiques ou sur un terrain que ce dernier se procure à ses frais
5. la remise en état de propreté des divers locaux où des travaux ont été effectués
6. la peinture et le calorifuge des installations
7. le service complet de l'installation, comprenant la fourniture de la main d'œuvre nécessaire à la conduite de l'installation, y compris le réglage et l'entretien de tous les appareils, pendant la période de mise en marche de l'installation et durant la période d'essais préalable à la deuxième réception provisoire.
Le combustible, l'eau et l'électricité sont fournis par le pouvoir adjudicateur.
8. la mise au point selon les règles de l'art et le réglage minutieux de toutes les installations hydrauliques et aérauliques ;
9. la mise au point et le réglage du matériel de régulation, y compris le contrôle régulier de son bon fonctionnement et l'adaptation des valeurs de consigne sur base de l'expérience acquise en cours d'exploitation, jusqu'à la réception définitive
10. jusqu'à la réception définitive, l'examen régulier des conditions d'exploitation et d'entretien des installations ;
11. les prestations complémentaires définies dans le cahier spécial des charges et le présent cahier des charges-type, telles que :
 - la mise au courant du personnel de l'Etat pendant et/ou en dehors de la mise en service ;
 - des essais particuliers ;
 - l'entretien et l'exploitation des installations pendant les périodes de mise en service anticipée de celles-ci ;
 - l'entretien et/ou l'exploitation des installations entre la première réception provisoire et la réception définitive ;
12. les sujétions de tous ordres liées aux engagements complémentaires, en matière de garantie, concernant du matériel ou des systèmes pour lesquels le cahier spécial des charges ou le

présent cahier des charges-type n° 105 imposent des délais dépassant la période de garantie préalable à la réception définitive ;

13. l'établissement d'une étude d'exécution des installations (plans d'exécution, notes de calcul et fiches techniques de matériels), y compris leur actualisation pendant le déroulement des travaux pour obtenir un dossier complet « as built » ;
14. les contrôles, agréments et réceptions imposées réglementairement ou légalement et qui sont requises avant mise en service des installations ou d'une partie de celles-ci.

2. REFERENCES LEGALES

Lorsqu'on fait référence dans le texte ci-dessous à l' "AR passation", il s'agit de l'Arrêté Royal du 15 juillet 2011 relatif à la passation des marchés publics dans les secteurs classiques.

Lorsqu'on fait référence dans le texte ci-dessous à l' "AR règles générales d'exécution", il s'agit de l'Arrêté Royal du 14 janvier 2013 établissant les règles générales d'exécution des marchés publics et des concessions de travaux publics.

3. EXECUTION DU MARCHE

3.1. Révision des prix (art. 20 AR passation)

3.1.1. Généralités

- a) Les dispositions ci-après sont applicables aux entreprises de travaux relevant de la compétence de la Commission paritaire nationale de la Construction.
- b) En cas d'adjudications simultanées par lots des travaux de construction d'un bâtiment (gros-œuvre et parachèvement ; chauffage, ventilation et conditionnement d'air ; installations électriques), le "délai total d'exécution" dont question ci-après est le délai global de construction, et non le délai propre aux travaux de chauffage, ventilation et conditionnement d'air.
- c) La révision est appliquée lors de chaque acompte.
- d) Les matériaux approvisionnés et réceptionnés sur chantier, admis pour le paiement d'acomptes (paragraphe 6 des présentes clauses administratives) entrent également en ligne de compte pour le calcul de la révision afférente à ces acomptes.

3.1.2. Formule de révision dans le cas où le délai total d'exécution est inférieur à 100 jours ouvrables

Les modalités de révision du montant du marché tenant compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé sur les chantiers et des charges sociales et assurances y afférentes, sont les suivantes.

Les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux, établi sur la base du contrat, de la formule :

$$p = P (a.s/S + b + c)$$

dans laquelle :

P = le montant de l'état établi sur la base du contrat

p = le montant réajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires

Le terme a.s/S de la formule de révision est fondé sur le salaire horaire moyen formé par la moyenne des salaires des ouvriers qualifiés, spécialisés et manœuvres, fixés par la Commission paritaire nationale de la Construction, pour la catégorie correspondant au lieu où est situé le chantier de l'entreprise. Les salaires sont majorés du pourcentage global des charges sociales et assurances, tel qu'il est admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie.

Dans le terme a.s/S :

S = le salaire horaire moyen en vigueur à une date qui précède de dix jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions et majoré du pourcentage global des charges sociales et assurances tel qu'il est admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie à la même date

s = le même salaire horaire moyen, en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte, majoré du pourcentage global des charges sociales et assurances tel qu'il est admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, à la même date

Lorsque le chantier de l'entreprise s'étend sur le territoire de communes classées dans des catégories différentes, ce sont les salaires de la commune classée dans la catégorie la plus élevée qui déterminent la valeur de S et de s.

Le terme a.s/S intervenant dans le calcul de réajustement pour déterminer la valeur de p est établi avec 5 chiffres caractéristiques exacts, le sixième étant éventuellement arrondi.

Pour l'application de la formule, les travaux sont censés être classés dans la catégorie D.

Les variations éventuelles du prix des matériaux, matières et produits ne donnent pas lieu à révision.

La valeur totale de b + c non sujette à révision est donc définie par la formule $b + c = 1 - a$.

3.1.3. Formule de révision dans le cas où le délai total d'exécution est égal ou supérieur à 100 jours ouvrables

Les modalités de révision du montant du marché tenant compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé sur les chantiers et des charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que des fluctuations du prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en œuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes.

Les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux, établi sur la base du contrat, de la formule :

$$p = P (a.s/S + b.i/l + c)$$

dans laquelle :

P = le montant de l'état établi sur la base du contrat

p = le montant réajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires, ainsi que du prix des matériaux, matières ou produits de consommation.

Le terme a.s/S de la formule de révision est fondé sur le salaire horaire moyen formé par la moyenne des salaires des ouvriers qualifiés, spécialisés et manœuvres, fixés par la Commission paritaire nationale de la Construction pour la catégorie correspondant au lieu où est situé le chantier de l'entreprise.

Les salaires sont majorés du pourcentage global des charges sociales et assurances, tel qu'il est admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie.

Dans le terme a.s/S :

S = le salaire moyen en vigueur à une date qui précède de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions, et majoré du pourcentage global des charges sociales et assurances admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie à la même date

s = le même salaire horaire moyen en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte, majoré du pourcentage global des charges sociales et assurances admis par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie à la même date

Lorsque le chantier de l'entreprise s'étend sur le territoire de communes classées dans des catégories différentes, ce sont les salaires de la commune classée dans la catégorie la plus élevée qui déterminent la valeur de S et de s.

Les termes i et l intervenant dans le paramètre b.i/l représentent l'indice mensuel calculé sur la base d'une consommation annuelle des principaux matériaux et matières par l'industrie de la construction sur le marché intérieur.

Leur valeur est établie mensuellement.

l = l'indice se rapportant au mois de calendrier précédant la date fixée pour l'ouverture des soumissions

i = cet indice se rapportant au mois de calendrier précédant la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte

c = le terme fixe non sujet à révision

La formule de révision se résout de la façon suivante :

- chacun des rapports s/S et i/l est réduit en un nombre décimal comprenant au maximum 5 décimales dont la cinquième est majorée de 1 si la sixième décimale est égale ou supérieure à 5.
- Quant aux produits de la multiplication des quotients ainsi obtenus par la valeur du paramètre correspondant, ils sont arrêtés à la cinquième décimale, laquelle est également majorée de 1 si la sixième est égale ou supérieure à 5.

Pour l'application de la formule, les travaux sont censés être classés dans la catégorie D.

3.1.4. Valeur des paramètres a, b et c de la formule de révision

Pour autant que le cahier spécial des charges n'en dispose pas autrement, les valeurs des paramètres a, b et c de la formule de révision sont les suivantes :

$$a = 0,45 \quad b = 0,35 \quad c = 0,20$$

Les valeurs ne peuvent subir aucune modification au cours de l'entreprise.

3.2. Plans de détail et d'exécution établis par l'adjudicataire (art. 36 AR règles générales d'exécution)

3.2.1. Documents à introduire avant le début des travaux

- a) Avant d'entreprendre la fabrication des appareils qui ne sont pas "de série", l'entrepreneur fait agréer par le pouvoir adjudicateur tous les dessins donnant les caractéristiques essentielles dont la connaissance peut être utile à l'utilisateur.

L'entrepreneur joint à ces dessins et renseignements les caractéristiques présumées de fonctionnement, sous forme de graphiques s'il y a lieu.

Après construction des appareils, l'entrepreneur fournit, s'il y a lieu, les procès-verbaux d'essais de fonctionnement auxquels sont joints les diagrammes traduisant ces essais.

- b) Avant de procéder à l'approvisionnement sur chantier des appareils "de série" l'entrepreneur doit établir une fiche technique détaillée et la soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Cette fiche technique doit comprendre au moins :

- la documentation technique complète reprenant les détails de construction et les performances y compris la déclaration des performances
 - pour les corps de chauffe et de refroidissement : la puissance émise en chaud ou en froid, aux conditions réelles de température et d'emplacement
 - les courbes de sélection avec indication du point de fonctionnement pour les pompes, circulateurs et ventilateurs
 - les caractéristiques acoustiques des appareils pour lesquels le présent cahier des charges type impose des exigences acoustiques.
- c) Pour justifier la sélection du matériel proposé dans les fiches techniques l'entrepreneur établit toutes les notes de calcul imposées par le cahier spécial des charges ou nécessaires pour démontrer la conformité avec les exigences du cahier spécial des charges.

Les notes de calcul suivantes sont en tout cas à établir par l'entrepreneur :

- Le calcul de la hauteur manométrique des pompes et circulateurs, tenant compte des caractéristiques de perte de charge de la robinetterie, des corps de chauffe, des échangeurs etc. qui seront installés.
- Le calcul de la hauteur manométrique des ventilateurs, tenant compte des tracés réellement exécutés des conduits d'air et des caractéristiques de perte de charge des groupes de traitement d'air, des grilles de prise et de refoulement d'air, des clapets coupe-feu, unités terminales etc. qui seront installés
- Le calcul des caractéristiques des silencieux dans les installations aérauliques sur base des niveaux normalisés de puissance acoustique des installations d'une part et des exigences acoustiques imposées par le cahier spécial des charges ou par le présent cahier des charges type, aussi bien pour les niveaux de bruit à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment, d'autre part.

Tous ces calculs doivent se faire selon les méthodes mentionnées au chapitre A des clauses techniques du présent cahier des charges-type ou – par défaut – sur base d'une méthode adaptée.

- d) Avant d'entreprendre l'exécution d'une partie déterminée de l'installation, l'entrepreneur en établit les plans d'exécution et les fait agréer par le pouvoir adjudicateur. A cet effet, l'entrepreneur fait sur place tous les relevés nécessaires.

Ces plans comprennent des vues en plan avec indication et cotation des dimensions et du positionnement de tous les éléments à l'échelle 1/50, complétées par des coupes et détails à l'échelle 1/20.

Tous les éléments des installations de l'entreprise HVAC seront dessinés à l'échelle, à l'exception des tuyauteries qui peuvent être représentées sous forme de tracés unifilaires.

Pour les locaux techniques (traitement d'air, refroidissement, chauffage) seront établies des vues en plan à l'échelle 1/20, complétées par les coupes et détails nécessaires.

Au cas où les plans du bâtiment sont fournis par le pouvoir adjudicateur à l'entrepreneur sur support informatique, les plans d'exécution doivent être établis et remis au pouvoir adjudicateur sur le même support.

Lors l'établissement de ses plans, l'entrepreneur utilisera un cartouche-type conforme au modèle fourni par le pouvoir adjudicateur, et utilisera une représentation graphique des éléments conforme à la NBN 232.

- e) Pour la partie électrique, avant d'entreprendre la fabrication des tableaux et l'exécution des travaux, l'entrepreneur établit et fait agréer par le pouvoir adjudicateur les schémas des installations et les plans de construction des tableaux.
- f) L'entrepreneur établit tous les documents exigés par le plan de sécurité et de santé du chantier, joint au cahier spécial des charges.

3.2.2. Documents à introduire après exécution des travaux

Après achèvement des travaux, l'entrepreneur doit introduire un dossier complet « as built » des installations.

Ce dossier est fourni en trois exemplaires et contient au moins :

- a) Les plans d'exécution dont question au point 3.2.1.d) ci-dessus actualisés, où figurent toutes les tuyauteries et tous les conduits d'air tels qu'ils ont été réalisés.

En plus de trois exemplaires sur papier l'entrepreneur fournit les plans également sur support informatique (fichiers compatibles au format .dwg ou .dxf, ainsi que fichiers d'échange au format IFC selon ISO 10303-21 si le projet est modélisé à l'aide d'un logiciel « Building Information Model »)

- b) Les schémas électriques actualisés et les plans des tableaux électriques
Un exemplaire des schémas est encadré sous verre ou sous plastique et placé à proximité des tableaux.
- c) La version actualisée des fiches techniques et de la documentation technique des matériels installés, y compris les manuels de conduite et d'entretien.
- d) Une notice résumant les instructions de conduite et d'entretien de l'installation, avec la description des instructions principales de conduite et la mention pour les parties principales des fréquences d'entretien recommandées par le fabricant.
- e) Tous documents dont le coordinateur-sécurité/santé "exécution" a besoin pour établir et compléter le dossier de post-intervention.

3.2.3. Documents à introduire après mise au point des installations

Après la mise au point des installations l'entrepreneur introduit un rapport suivant les prescriptions de l'art. E11. par. 11 des clauses techniques.

3.2.4. Documents à introduire après agréation de certaines parties de l'installation

- a) L'entrepreneur fait contrôler à ses frais la partie électrique des installations par un organisme agréé, conformément aux prescriptions du Règlement Général des installations électriques.
- b) Si le cahier spécial des charges l'exige, l'entrepreneur fait contrôler à ses frais l'exécution conforme et le bon fonctionnement des clapets coupe-feu et de leur système de commande par un organisme agréé. Il fournit une copie du rapport final au pouvoir adjudicateur.

3.3. Paiement des travaux (art. 66 AR règles générales d'exécution)

Le prix des ouvrages de l'entreprise est payé par acomptes mensuels au fur et à mesure de l'avancement des travaux et de l'approvisionnement des matériaux à pied d'œuvre.

Les liquidations sont effectuées sur le vu de procès-verbaux dressés par le fonctionnaire dirigeant, et constatant que les travaux exécutés et les matériaux approvisionnés à pied d'œuvre qui y sont portés en compte, satisfont aux clauses et conditions imposées.

Les acomptes sont dressés à concurrence des 9/10 du montant des travaux exécutés et des 3/5 des matériaux approvisionnés sur chantier et y réceptionnés.

Si le cahier spécial des charges prévoit un poste "étude d'exécution" celui-ci est payé, comme les autres postes de travaux et de fournitures, en acomptes suivant l'avancement de l'étude d'exécution, mais en tenant compte de la limitation suivante:

Les acomptes sont dressés à concurrence de 90% du montant des documents fournis, multipliés par X, où :

$$X = 1$$

lorsque le montant du poste concerné est inférieur à 8 % du montant total de l'entreprise.

$$X = (0,08 \times \text{montant de l'entreprise}) \div (\text{montant du poste}),$$

lorsque le montant du poste concerné est supérieur à 8 % du montant total de l'entreprise

La première réception provisoire donne droit au paiement des 9/10 du montant total des travaux exécutés, déduction faite des acomptes déjà payés.

La seconde réception provisoire donne lieu au paiement du 1/10 restant.

Quant aux prestations (main d'œuvre, fournitures diverses, réglage des installations en vue des essais, ...) dont l'entrepreneur doit s'acquitter préalablement à la seconde réception provisoire, elles sont payées sur le vu du procès-verbal de cette seconde réception provisoire.

Pour autant qu'elles soient prévues au cahier spécial des charges, les coûts pour les prestations d'entretien pendant la période de garantie sont payés en deux tranches :

- une première tranche à la fin de la première année de garantie (c'est-à-dire une année après la date de première réception provisoire des travaux)
- une seconde tranche après la réception définitive (c'est-à-dire au plus tôt deux années après la date de première réception provisoire des travaux)

Pour la fixation de la somme nette à payer, est négligée toute fraction inférieure à 100 (cent) Euro que comporterait le montant de l'acompte, après toute majoration ou déduction quelconque, notamment du chef de décomptes, de minima de salaires, de primes à l'avancement, de retenues pour retard, pour contraventions, etc..

3.4. Planning (art.76 AR règles générales d'exécution)

3.4.1. Renseignements à fournir aux soumissionnaires

Le cahier spécial des charges doit faire connaître aux soumissionnaires les situations suivantes :

- l'exécution simultanée d'autres entreprises sur le même chantier ou dans le même bâtiment
- l'obligation pour l'entrepreneur d'élaborer un planning d'avancement des travaux de l'entreprise

3.4.2. Procédure applicable lorsqu'un planning doit être élaboré

L'entrepreneur est tenu de se conformer au planning d'avancement des travaux.

Ce planning est dressé par l'entrepreneur en accord avec le fonctionnaire dirigeant, entre la notification de l'approbation de l'offre et le début des travaux.

Ce planning est établi en tenant compte de celui qui se rapporte aux autres travaux du bâtiment, les renseignements y afférents étant fournis à l'entrepreneur par le fonctionnaire dirigeant.

Le planning de l'entreprise est revu périodiquement.

Si des circonstances étrangères à l'entrepreneur nécessitent des modifications au planning, celles-ci sont consignées dans le journal des travaux; elles sont signées pour accord par l'entrepreneur et le fonctionnaire dirigeant.

Le planning de base et les modifications subséquentes signées pour accord par l'entrepreneur et le fonctionnaire dirigeant constituent un document contractuel.

3.4.3. Procédure applicable lorsque l'élaboration d'un planning n'est pas exigée

Le pouvoir adjudicateur communique à l'entrepreneur son programme général d'avancement, dans lequel s'incorporent les travaux de chauffage, de ventilation et/ou de conditionnement d'air.

En tenant compte des sujétions que lui impose ce programme général, l'adjudicataire élabore, de commun accord avec le pouvoir adjudicateur, le programme particulier de son entreprise.

3.5. Journal des travaux (art. 83 AR règles générales d'exécution)

Pour ce marché, l'entrepreneur tiendra chaque jour un journal des travaux qu'il fournit.

Les mentions du journal des travaux et les notes détaillées sont rédigées et signées par l'entrepreneur ou son représentant, ainsi que, le cas échéant, par le coordinateur de sécurité / santé et par le pouvoir adjudicateur quand le délégué du pouvoir adjudicateur passe sur le chantier; à cette occasion, le pouvoir adjudicateur inscrira également ses remarques dans le journal.

Vu le fait que le pouvoir adjudicateur ne passe pas sur le chantier chaque jour et/ ou y passe irrégulièrement, l'entrepreneur enverra chaque jour au pouvoir adjudicateur des photos numériques (avec mention de la date et de l'heure sur les photos) illustrant la progression du chantier et/ ou les aspects pour lesquels le pouvoir adjudicateur a demandé une ou plusieurs photos.

En cas de désaccord au sujet des mentions inscrites dans le journal des travaux, l'entrepreneur fait connaître ses observations par lettre recommandée adressée au pouvoir adjudicateur dans les quinze jours qui suivent la mention ou les notes détaillées critiquées. Il communique ses observations d'une manière détaillée et précise.

A défaut d'avoir formulé ses observations dans la forme et le délai précités, l'entrepreneur est censé être d'accord avec les mentions du journal des travaux et des notes détaillées.

Lorsque ses observations ne sont pas jugées fondées, l'entrepreneur en est informé par lettre recommandée.

Afin de pouvoir tenir le journal correctement et de pouvoir procéder aux vérifications nécessaires, et afin de permettre au pouvoir adjudicateur de prendre les mesures nécessaires afin de résoudre les problèmes signalés, tous les faits et les circonstances qui perturbent l'exécution normale du marché et dont les éventuelles conséquences négatives pourraient justifier aux yeux de l'entrepreneur l'introduction d'une requête ou d'une réclamation, doivent être signalés au pouvoir adjudicateur et confirmés par écrit dès que l'entrepreneur en a connaissance. Les éventuelles conséquences sur le prix et l'exécution du marché doivent être indiquées dans les mentions du journal.

Le fait de ne pas signaler assez rapidement ou complètement de tels faits et circonstances au pouvoir adjudicateur, ce qui ne lui permettrait pas de procéder aux vérifications nécessaires en temps opportun et de prendre les mesures qui s'imposent en connaissance de cause, constitue une faute dans le chef de l'entrepreneur. Cela peut entraîner la déchéance de son droit à une éventuelle révision conformément à l'article 52 A.R. règles générales d'exécution ou à la résiliation du marché et/ ou à une prolongation de délai.

3.6. Interruption des travaux (art. 89 AR règles générales d'exécution)

Si le pouvoir adjudicateur le juge utile à la bonne marche des travaux et à la coordination des entreprises en cours dans le bâtiment, il peut ordonner à l'entrepreneur d'interrompre momentanément l'exécution d'un travail pour en effectuer un autre qu'il lui désigne, fût-ce en un autre endroit du bâtiment, pour autant que ce travail soit compatible avec les approvisionnements et avec la main-d'œuvre présente sur place.

L'entrepreneur ne peut réclamer aucune indemnité de ce chef, mais il peut demander une prolongation du délai d'exécution de l'entreprise s'il peut prouver que l'exécution des ordres du pouvoir adjudicateur lui a occasionné du retard.

3.7. Indemnisation pour suspensions (art. 55 AR règles générales d'exécution)

Les interruptions des travaux en application du planning approuvé ne sont pas considérées comme des « suspensions ordonnées par le pouvoir adjudicateur », quelle que soit la durée de l'interruption des travaux.

Considérant le champ d'application très large de la réglementation relative aux marchés publics (travaux, fournitures et services; routes, voies navigables, bâtiments, autres infrastructures ...);

Considérant la spécificité et la complexité de la construction dans laquelle un bon nombre de techniques spéciales et d'intervenants sont à l'œuvre simultanément sur le chantier ;

Considérant les situations particulières résultant de la coordination nécessaire de tous ces techniques et intervenants ;

Considérant la place particulière que revêt la mission d'exécution d'entreprises de chauffage central, ventilation et conditionnement d'air dans l'ensemble de la construction en général, et dans le marché qui fait l'objet de ce cahier des charges en particulier;

Considérant la nécessité impérieuse d'intégrer l'exécution de ce marché dans le planning général des travaux ;

Attendu que les interruptions limitées doivent être considérées comme faisant parties des risques d'entreprise normaux ;

Le pouvoir adjudicateur se réserve le droit d'interrompre le marché pour permettre la bonne coordination des travaux. Le cas échéant, l'adjudicataire n'a droit à aucune indemnité ou prolongation de délai à charge du pouvoir adjudicateur, durant une période de 4 (quatre) mois de calendrier au maximum.

Ce qui précède vaut entre autres en cas :

- d'autres marchés dans l'immeuble, n'ayant pas assez progressé, ce dont il résulte que les travaux faisant l'objet du présent cahier des charges ne peuvent être exécutés en tout ou en partie ou ne peuvent l'être dans de bonnes conditions ;
- de continuation des travaux, faisant l'objet du présent cahier des charges, gênant ou rendant impossible l'exécution d'autres marchés dans l'immeuble ;
- de solution, apportée à des problèmes techniques, faisant obstacle à la continuation des travaux.

Le soumissionnaire est censé avoir calculé dans son offre les conséquences financières de ces éventuelles interruptions comme un risque d'entreprise.

Dans le cas où l'interruption / le total des interruptions dépasse cette durée de quatre mois de calendrier, l'adjudicataire n'a éventuellement droit à une indemnité et / ou une prolongation de délai que pour la durée de l'interruption qui dépasse ladite période.

L'indemnité ne sera accordée que pour autant que l'adjudicataire fournisse la preuve qu'il a réellement subi un dommage par le fait de cette interruption.

Contrairement à la dérogation susmentionnée, l'article 55 des règles générales d'exécution reste pleinement d'application dans le cas où l'interruption ordonnée est la suite de :

- fautes ou négligences du pouvoir adjudicateur lors de la préparation ou du déroulement administratif et budgétaire du dossier ;
- fautes professionnelles graves ou négligences du / des auteur(s) du projet et / ou du/des bureau(x) d'études ;
- utilisation insuffisante par le pouvoir adjudicateur des moyens d'action mis à sa disposition par l'article 20 du cahier général des charges pour la direction et le contrôle des travaux divers exécutés sur le chantier.

4. FIN DU MARCHE

4.1. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive (art. 65 AR règles générales d'exécution)

- A. Jusqu'à la réception définitive de l'entreprise, l'entrepreneur est responsable de tout accident ou dégât quelconque survenant soit aux bâtiments, mobilier ou objets divers, soit aux tiers, et résultant d'une mauvaise exécution des travaux de son entreprise.

Dans les cas urgents, dont le pouvoir adjudicateur reste seule juge, les réparations peuvent être effectuées d'office aux frais de l'entrepreneur. Les mêmes mesures peuvent être prises dans les cas douteux du point de vue des responsabilités, quitte à déterminer ultérieurement la part de responsabilité de chacune des parties.

- B. Jusqu'à la réception définitive de l'entreprise, l'entrepreneur fait examiner l'installation, autant de fois qu'il convient, par un de ses agents spécialistes, en compagnie éventuelle du délégué du pouvoir adjudicateur, afin d'acquiescer la certitude qu'elle est conduite et entretenue conformément à ses instructions, résumées par écrit.

Lors de cet examen il vérifiera entre autres le réglage et la mise au point de la régulation automatique et il adaptera les paramètres programmés et les courbes de régulation en fonction de l'expérience acquise après mise en service.

Si l'entrepreneur a des observations à formuler à ce sujet, il en avise immédiatement le pouvoir adjudicateur par lettre recommandée, et lui indique avec précision les mesures à prendre pour mettre fin aux manquements signalés.

- C. Jusqu'à la réception définitive, l'entrepreneur est tenu d'exécuter à ses frais, dans les délais qui lui sont fixés par le pouvoir adjudicateur, toutes réparations et tous remplacements qui résultent de malfaçon, mauvaise qualité des matériaux, vice de construction et usure anormale, pour autant que cette usure anormale ne provienne pas d'une erreur de conception ou de calcul due à l'auteur du projet.

Toutefois, lorsque le pouvoir adjudicateur impose à l'entrepreneur la mise en service anticipée d'installations ou de parties d'installations, ces dernières obligations cessent deux ans après la première réception provisoire partielle faisant suite à la mise en service anticipée pour le matériel figurant à l'état des lieux dont question à l'art. 91 des règles générales d'exécution, matériel affecté à ces installations ou parties d'installations.

D'autre part, ces obligations se prolongent au-delà de la réception définitive (ou, en cas de mise en service anticipée, au-delà du délai de deux ans fixé à l'alinéa ci-dessus)

1. pour le matériel soumis à un délai de garantie particulier qui n'est pas parvenu à son terme au moment de la réception définitive (ou deux ans après la mise en service anticipée)
2. pour le matériel qui, pour quelque raison que ce soit, a été remplacé moins de deux ans avant la réception définitive (ou au cours des deux ans suivant la mise en service anticipée); dans ce dernier cas, les obligations définies au premier alinéa du présent point C. sont maintenues pendant deux ans prenant cours à la date à laquelle le matériel a été remplacé.

4.2. Utilisation des ouvrages par le pouvoir adjudicateur (art. 91 AR règles générales d'exécution)

A. Immédiatement après la première réception provisoire de l'entreprise, le pouvoir adjudicateur peut faire usage de l'installation.

B. Mise en service anticipée

1. Si le cahier spécial des charges le prévoit, le pouvoir adjudicateur peut imposer à l'entrepreneur la mise en service anticipée d'installations ou de parties d'installations.

Dans ce cas, il y a prise de possession de l'ouvrage par le pouvoir adjudicateur et les modalités de l'art. 91 des règles générales d'exécution sont d'application. Cette prise de possession équivaut à transfert de propriété, conformément au code civil.

2. Le pouvoir adjudicateur fait alors face aux frais résultant de l'exploitation, de l'entretien normal et de l'usure normale découlant de l'exploitation, sans préjudice des dispositions du paragraphe 4.1 ci-dessus, en ce qui concerne les obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive.

L'exploitation et l'entretien des installations sont assurés par l'entrepreneur, qui assume vis-à-vis du pouvoir adjudicateur la responsabilité pleine et entière en résultant, y compris la responsabilité de vols et accidents de toute nature.

Le personnel affecté par l'entrepreneur à l'exploitation et à l'entretien doit être nominativement désigné et repérable sur le chantier par un signe visible (badge par exemple).

Les clauses techniques du cahier spécial des charges comportent un article décrivant les obligations de l'entrepreneur, c.à.d. les fournitures et prestations, dans le cadre de l'exploitation et de l'entretien. Le métré récapitulatif annexé au même cahier spécial des charges comporte pour ce même article une somme à justifier.

Les frais d'exploitation et d'entretien sont liquidés sur le montant de cet article, au prorata des fournitures et prestations réellement effectuées, dûment contrôlées par le pouvoir adjudicateur.

En aucun cas, ces frais (et naturellement le libellé de l'article correspondant des clauses techniques) ne peuvent comporter des fournitures de combustibles, d'eau ou d'énergie électrique: ces fournitures sont toujours faites directement par le pouvoir adjudicateur et payées par celui-ci sans intervention de l'entrepreneur.

3. Si, aux dates acceptées par l'entrepreneur pour les mises en service d'installations ou de parties d'installations, des mesures provisoires sont nécessaires du fait de retards non justifiés dans l'exécution, l'entrepreneur en supporte les frais.
4. La mise en service anticipée ne diminue en rien les obligations de l'entrepreneur de se conformer, tant pour les ouvrages concernés que pour les autres ouvrages de l'entreprise, aux clauses des cahiers des charges, aux spécifications auxquelles ils se réfèrent, et aux règles de l'art. Ces ouvrages restent intégralement soumis aux clauses fixées par les cahiers des charges en matière de première et deuxième réceptions provisoires et de réception définitive.

4.3. Réception provisoire (art. 92 §2 AR règles générales d'exécution)

4.3.1. Généralités

- a) La réception provisoire des entreprises de chauffage, ventilation et conditionnement d'air comporte deux phases successives :
- la première réception provisoire: celle-ci est accordée si les ouvrages ont été exécutés complètement et si certains essais ont donné satisfaction; elle est soumise aux clauses du paragraphe 4.3.2 ci-après
 - la seconde réception provisoire: celle-ci comprend des essais de fonctionnement afin de vérifier si l'installation fournit in situ les performances exigées dans les documents du marché (réception technique à posteriori suivant l'art. 43 des règles générales d'exécution); elle est soumise aux clauses du paragraphe 4.3.3 ci-après
- b) Pour l'application de l'art. 53. 2° des règles générales d'exécution, le délai de nonante jours de calendrier court à partir de la date de la première réception provisoire de l'entreprise.
- c) L'entrepreneur prend à ses frais et charges toutes mesures de protection et de sauvegarde nécessaires pour protéger ses travaux contre les dégradations dues aux intempéries et à l'humidité et/ou aux travaux des autres corps de métier éventuels, de façon telle que ses propres travaux soient en parfait état lors de la première réception provisoire.
Il procède à ses frais et charges à l'enlèvement complet des éléments de protection dont il aurait fait usage, au moment décidé par le pouvoir adjudicateur et, au plus tard, lors de la première réception provisoire de l'entreprise.

4.3.2. Première réception provisoire

- a) La première réception provisoire de l'entreprise est soumise aux modalités de l'art. 92 §2 des règles générales d'exécution, relatif à la réception provisoire.
- b) La première réception provisoire de l'entreprise est accordée si :
1. les ouvrages ont été exécutés complètement et conformément aux cahiers des charges, aux spécifications auxquelles ils se réfèrent et aux règles de l'art, sous réserve du résultat des essais de fonctionnement préalables à la deuxième réception provisoire et à la réception définitive
 2. les essais d'étanchéité des réservoirs à fuel, des canalisations de gaz, des installations hydrauliques et aérauliques, le premier essai de circulation de l'installation de chauffage et les autres essais préalables à la première réception provisoire ont donné satisfaction.
 3. Tous les contrôles, agrégations et réceptions légales ou réglementaires ont eu lieu et ont donné satisfaction.
- c) Les essais préalables à la première réception provisoire sont soumis aux modalités suivantes :
- lorsque l'installation est prête à subir les essais, l'entrepreneur le notifie par écrit au pouvoir adjudicateur
 - les essais débutent dans les dix jours ouvrables suivant cette notification, aux date et heure fixées par le pouvoir adjudicateur ; ils sont poursuivis sans interruption
 - lorsque, indépendamment de la volonté de l'entrepreneur (par exemple du fait ou par décision du pouvoir adjudicateur, ou du fait d'entreprises connexes), les essais n'ont pu débuter dans le délai prescrit, la première réception provisoire ne peut être retenue de ce chef

- les essais d'étanchéité des installations hydrauliques et aérauliques se font à fur et à mesure de l'avancement des travaux, au cas où ces installations ne sont plus aisément accessibles après exécution des travaux ; en tout cas aucun travail de peinture, de calorifuge, de réparation de percements de murs, plafonds, pavements, ..., de fermeture de gaines, de caniveaux, ..., ne peut être exécuté sur des parties d'installations n'ayant pas subi au préalable les essais y relatifs.
- d) Lorsque le pouvoir adjudicateur impose à l'entrepreneur la mise en service anticipée de l'installation ou de parties de celle-ci, des premières réceptions provisoires partielles sont prévues pour les ouvrages figurant à l'état des lieux.

Des réserves peuvent être faites dans les procès-verbaux de premières réceptions provisoires partielles pour des éléments secondaires ou non indispensables qui n'auraient pu être exécutés compte tenu des circonstances du chantier.
- e) Lorsque l'entreprise pour la réalisation des installations de chauffage, ventilation et climatisation (« HVAC ») fait partie d'un marché de travaux adjugé à un entrepreneur général, la première réception provisoire de la partie HVAC coïncide avec la seule et unique réception provisoire de l'entreprise générale.

4.3.3. Seconde réception provisoire

1. Lorsque l'installation est prête à subir les essais de fonctionnement, l'entrepreneur le notifie par écrit au pouvoir adjudicateur.
Lorsque l'entreprise pour la réalisation des installations de chauffage, ventilation et climatisation (« HVAC ») fait partie d'un marché de travaux adjugé à un entrepreneur général, ces installations doivent être prêtes à subir les essais en vue de la seconde réception provisoire au plus tard le jour de la seule et unique réception provisoire de l'entreprise générale.

L'entrepreneur joint à cette notification le rapport de la mise au point des installations suivant les prescriptions de l'art. E11. par. 11 des clauses techniques ; lorsque ce rapport n'est pas annexé, la notification est considérée comme non-existante (à moins que le rapport n'ait déjà été transmis plus tôt).

Les essais ont lieu dans les trois mois qui suivent cette notification.

On considère que les essais ont eu lieu lorsque le procès-verbal relatif à leurs conclusions a été dressé et communiqué à l'entrepreneur.

Si les essais sont satisfaisants, la seconde réception provisoire de l'entreprise est accordée dans les quinze jours de calendrier qui suivent la date à laquelle le procès-verbal relatif aux essais a été dressé, sans préjudice des dispositions du point 4 du présent paragraphe.

Si les essais ne donnent pas satisfaction, la seconde réception provisoire est refusée et les pénalités pour essais non satisfaisants sont appliquées suivant le paragraphe 5.2 ci-après.

L'entrepreneur apporte alors les modifications et procède aux réglages voulus en vue d'une seconde série d'essais.

Lorsque l'installation est prête à subir cette nouvelle série d'essais, l'entrepreneur le notifie au pouvoir adjudicateur, qui se réserve, pour procéder à ces essais, un délai de trois mois prenant cours à la date de cette notification.

L'entrepreneur joint à cette notification le rapport adapté de la mise au point des installations suivant les prescriptions de l'art. E11. par. 11 des clauses techniques.

Si les essais sont cette fois satisfaisants, la seconde réception provisoire est accordée dans les quinze jours de calendrier qui suivent la date à laquelle le procès-verbal relatif aux essais a été dressé, sans préjudice des dispositions du point 4 du présent paragraphe.

Si la seconde série d'essais ne donne pas encore satisfaction, la seconde réception provisoire n'est toujours pas accordée et les pénalités pour essai(s) non satisfaisant(s) sont une fois de plus appliquées, suivant le paragraphe 5.2 ci-après.

A partir de ce moment, il appartient à l'entrepreneur de faire la preuve que l'installation répond aux impositions.

Cette preuve consiste en procès-verbaux d'essais effectués par un organisme indépendant reconnu.

Les frais entraînés par ces essais sont à charge de l'entrepreneur.

Il supporte également les frais de combustible, d'eau et d'électricité entraînés par ces essais supplémentaires. La date des essais est communiquée au pouvoir adjudicateur au moins trois semaines à l'avance, de sorte qu'un délégué puisse y assister si le pouvoir adjudicateur le juge utile.

La seconde réception provisoire est accordée dans les trente jours de calendrier qui suivent la date à laquelle l'entrepreneur a transmis au pouvoir adjudicateur des résultats d'essais satisfaisants.

Si l'entrepreneur reconnaît ne pouvoir satisfaire aux exigences, ou bien des pénalités sont appliquées, ou bien le matériel est refusé (voir paragraphe 5.2). Dans ce dernier cas, il appartient à l'entrepreneur de faire la preuve, dans les conditions indiquées ci-dessus, que le nouveau matériel satisfait aux exigences.

2. Il est toujours loisible à l'entrepreneur, après un premier essai non satisfaisant, de faire procéder à un contre-essai par un organisme indépendant reconnu, à condition d'en informer préalablement le pouvoir adjudicateur.

Le pouvoir adjudicateur peut alors décider :

- que le contre-essai portera uniquement sur les appareils ou sur une partie des appareils ayant fait l'objet du premier essai, auquel cas l'entrepreneur supporte l'intégralité des frais, quels que soient les résultats du contre-essai.
- d'étendre le contre-essai à des appareils n'ayant pas fait l'objet du premier essai, auquel cas l'entrepreneur supporte
 - o l'intégralité des frais de contre-essai sur les appareils ayant fait l'objet d'un premier essai
 - o les frais de contre-essai dont les résultats sont non satisfaisants, sur chacun des appareils n'ayant pas fait l'objet d'un premier essai

Les résultats du contre-essai sont déterminants.

Il est expressément entendu que l'entrepreneur ne peut prétendre à un contre-essai s'il a apporté quelque modification que ce soit à l'installation après que celle-ci ait subi un premier essai.

3. Lorsque, pour une cause indépendante de la volonté de l'entrepreneur, il n'a pas été possible d'effectuer les essais dans les délais prescrits, la seconde réception provisoire est accordée dans les quinze jours qui suivent l'expiration de ces délais sans préjudice des dispositions du point 4 ci-dessous.

Si l'entrepreneur bénéficie de cette mesure, il lui appartient toutefois de satisfaire aux essais avant que la réception définitive puisse être accordée.

L'entrepreneur reste donc responsable de son installation et, malgré l'octroi de cette seconde réception provisoire, est tenu de procéder aux modifications, remplacements ou réglages quelconques jusqu'au moment où les conditions techniques imposées sont obtenues.

Le pouvoir adjudicateur dispose d'un an, à compter de la date de la seconde réception provisoire, pour effectuer les essais qui auraient dû être effectués avant celle-ci.

Sont applicables à ces essais, les mêmes dispositions que celles prévues dans le cas des essais en vue de la seconde réception provisoire.

4. Il est expressément entendu que lorsque la première réception provisoire ou des premières réceptions provisoires partielles ont été accordées avec des réserves, la seconde réception provisoire ne sera accordée en aucun cas avant que ces réserves n'aient été levées.

Quelles qu'aient été les modalités d'octroi à l'entrepreneur de premières réceptions provisoires partielles, la seconde réception provisoire est accordée en une fois pour la totalité de l'entreprise.

5. Les essais de fonctionnement effectués par le pouvoir adjudicateur en vue de la seconde réception provisoire sont réalisés contradictoirement, l'entrepreneur ou son délégué dûment habilité étant présent.

Les date et heure sont fixées par le pouvoir adjudicateur et communiquées à l'entrepreneur au moins huit jours ouvrables avant le jour fixé. Ce délai peut toutefois être réduit lorsque la date est fixée de commun accord.

Si l'entrepreneur ou son délégué n'est pas présent à la date et à l'heure fixées, les essais ne sont pas effectués; une nouvelle date est fixée, et une pénalité de 200 Euro est appliquée à l'entrepreneur défaillant.

En cas de récidive, le pouvoir adjudicateur n'effectue plus les essais et il appartient à l'entrepreneur de faire la preuve, dans les conditions indiquées au point 1 du présent paragraphe, que les installations répondent aux impositions.

4.4. Réception définitive (art. 92 §3 AR règles générales d'exécution)

La réception définitive est accordée globalement lorsque les conditions suivantes sont réunies :

1. Un délai de deux ans s'est écoulé depuis la date de la première réception provisoire de l'entreprise.

Lorsque le pouvoir adjudicateur a procédé à des premières réceptions provisoires partielles, ce délai de deux ans prend cours à la date de la première réception provisoire constatant l'achèvement complet de l'entreprise.

2. Un délai d'un an s'est écoulé depuis la date de la seconde réception provisoire de l'entreprise.

Toutefois, lorsque la seconde réception provisoire a été accordée d'office, conformément au point 3 du paragraphe 4.3.3 ci-dessus, ce délai d'un an prend cours à la date à laquelle est dressé le procès-verbal établissant que les essais ont donné satisfaction.

Si, pour une cause indépendante de la volonté de l'entrepreneur, il n'a pas été possible d'effectuer les essais dans le délai d'un an fixé au point 3 du paragraphe 4.3.3 précité, la réception définitive ne peut être retenue de ce chef.

3. Les essais de fonctionnement préalables à la réception définitive ont donné satisfaction.

Ces essais ont lieu dans la période de trois mois qui précède l'expiration du délai de deux ans dont question au point 1 ci-dessus pour autant que, au début de cette période de trois mois, neuf mois se soient écoulés depuis la seconde réception provisoire (ou, si elle a été accordée d'office, depuis la date à laquelle a été dressé le procès-verbal établissant que les essais normalement préalables à la seconde réception provisoire ont donné satisfaction).

Si cette condition n'est pas remplie, la période de trois mois réservée aux essais prend cours lorsque le délai de neuf mois précité est écoulé.

Les modalités prévues au paragraphe 4.3.3 ci-dessus, points 1 et 2, en cas d'essais non satisfaisants, sont applicables aux essais préalables à la réception définitive, de même que les dispositions du point 5 du même paragraphe.

Si, au jour fixé par le pouvoir adjudicateur pour effectuer les essais, l'installation n'est pas en état de les subir, pour une cause imputable à l'entrepreneur, les essais sont considérés comme effectués et non satisfaisants.

4. L'installation répond en tous points aux clauses techniques imposées.

Il faut en particulier que toutes les réserves qui auraient été formulées à l'occasion des réceptions provisoires soient levées et que tout matériel ou matériau reconnu, à quelque moment que ce soit, non conforme aux clauses techniques ou présentant une usure anormale ait été remplacé.

La réception définitive ne dispense pas l'entrepreneur de ses obligations en ce qui concerne

- le matériel soumis à un délai de garantie particulier qui n'est pas parvenu à son terme au moment de la réception définitive
- le matériel qui a été remplacé moins de deux ans avant la réception définitive

4.5. Libération du cautionnement après réception (art. 93 AR règles générales d'exécution)

Tout cautionnement supérieur à 2.500 € est libéré par moitiés : la première après la 2ème réception provisoire de l'entreprise, la seconde, après la réception définitive, défalcation faite des sommes dues éventuellement par l'adjudicataire au pouvoir adjudicateur.

Lorsque le cautionnement ne dépasse pas 2.500 €, la libération se fait en une fois, après la réception définitive.

5. MOYENS D'ACTION DU POUVOIR ADJUDICATEUR

5.1. Entrepreneurs en défaut d'exécution (art. 44 §2 AR règles générales d'exécution)

L'entrepreneur est reconnu en défaut d'exécution lorsque :

- a) aux dates fixées pour les mises en service anticipées d'installation ou de parties d'installations, l'entrepreneur n'a pas achevé les travaux ou n'a pas pris les mesures provisoires pour permettre ces mises en service, pour autant que les causes de retard soient imputables à l'entrepreneur.
- b) la conduite et l'entretien d'installations ou de parties d'installations mises en service anticipativement révèlent des manquements par rapport aux clauses relatives à l'exploitation
- c) l'entrepreneur n'exécute pas de manière satisfaisante la mission de surveillance qui lui incombe en vertu du point B du paragraphe 4.1 ci-dessus.

5.2. Pénalités pour manquements techniques (art. 45 AR règles générales d'exécution)

5.2.1. Pénalités pour manquements divers

Toute modification par rapport aux plans d'adjudication approuvés, sans autorisation préalable et écrite du fonctionnaire dirigeant, donne lieu à une pénalité de 100 Euro.

5.2.2. Pénalités pour essais de chaudières

Chaque essai de fonctionnement de chaudière, effectué par le pouvoir adjudicateur, qui ne donne pas satisfaction, donne lieu, par chaudière installée, à une pénalité forfaitaire déterminée d'après le tableau ci-dessous :

Puissance utile garantie P_{ut}	pénalité
$P_{ut} \leq 120$ kW	€ 50
120 kW < $P_{ut} \leq 600$ kW	€ 100
$P_{ut} > 600$ kW	€ 150

Si, en dernier ressort, l'entrepreneur se trouve dans l'impossibilité de satisfaire aux conditions de fonctionnement imposées par les clauses techniques, les dispositions ci-après sont appliquées.

- a) Si les valeurs mesurées de la teneur en CO₂, de la teneur en CO, de l'indice Bacharach ou de la température des gaz de combustion sont comprises entre les valeurs "requis" et les valeurs "refus", reprises à l'art. C1. des clauses techniques du présent cahier des charges-type, les pénalités reprises au tableau ci-après sont appliquées pour chaque chaudière qui ne répond pas aux conditions.
- b) Une chaudière est refusée si la puissance calorifique garantie n'est pas atteinte, si la pression mesurée au droit des prises d'essai est positive, si (pour les combustibles liquides) le papier filtre présente des traces visibles d'huile, ou si les valeurs mesurées de la teneur en CO₂, de la teneur en CO, de l'indice Bacharach, de la température ou de l'indice pondéral des gaz de combustion dépassent les valeurs "refus" reprises à l'art. C1. des clauses techniques du présent cahier des charges-type.

Une seule de ces conditions justifie le refus de la chaudière.

TABLEAU DES PENALITES
(montants en Euro)

Puissance utile garantie P_{ut}	Teneur en CO ₂	Teneur en CO			Indice Bacharach	Température
		Combustible solide	Combustible liquide	Combustible gazeux		
	Par tranche (1) de 1% en-dessous de la valeur requise	Par tranche (1) de 1% au-dessus de la valeur requise	Par tranche (1) de 0,2% au-dessus de la valeur requise	Par tranche (1) de 0,1% au-dessus de la valeur requise	Par tranche (1) d'une unité au-dessus de la valeur requise	Par tranche (1) de 10° C au-dessus de la valeur requise
$P_{ut} \leq 35 \text{ kW}$	50	50	50	50	50	40
$35 \text{ kW} < P_{ut} \leq 120 \text{ kW}$	100	100	100	100	60	80
$120 \text{ kW} < P_{ut} \leq 230 \text{ kW}$	200	200	200	200	80	90
$230 \text{ kW} < P_{ut} \leq 350 \text{ kW}$	200	200	200	200	100	200
Supplément par tranche (1) de 100 kW au-delà de 350 kW	200	200	200	200	20	80

(1) ou partie de tranche

5.2.3. Pénalités pour essais de ventilation

Les essais de ventilation, effectués par le pouvoir adjudicateur, et qui ne donnent pas satisfaction, donnent lieu à l'application de pénalités.

Pour le calcul de ces pénalités, l'installation est subdivisée en unités d'installation.

Une unité d'installation comprend

- le groupe de pulsion et le groupe d'extraction qui lui est associé
- les conduits, clapets, etc., qui assurent le transport et la diffusion de l'air dans les locaux
- les unités terminales telles que les grilles, les boîtes de mélange, les éjecto-convecteurs, etc.
- l'ensemble des équipements d'automatisation, de mesure et de réglage des groupes, y compris ceux situés dans les locaux desservis par ces groupes

Lorsqu'il n'est pas satisfait aux conditions imposées à un des composants précités ou aux conditions imposées dans les locaux, l'ensemble de l'unité d'installation est considéré comme ne donnant pas satisfaction et une pénalité forfaitaire est appliquée conformément aux tableaux ci-après.

Pour ce qui concerne les débits dans les tronçons secondaires du réseau de conduits d'air et aux unités terminales, la pénalité forfaitaire ne s'applique que quand plus de 10% des débits mesurés dans l'unité d'installation ne donnent pas satisfaction, à condition qu'il soit satisfait à toutes les autres conditions.

Lorsque le pouvoir adjudicateur procède uniquement à l'essai d'une partie de l'installation et qu'il constate qu'un certain nombre d'essais ne donnent pas satisfaction, le pourcentage du nombre d'unités d'installation ne donnant pas satisfaction, par rapport au nombre d'unités d'installation ayant fait l'objet d'essais, sera extrapolé au nombre total d'unités d'installation que comporte l'installation. La pénalité forfaitaire est alors appliquée sur le nombre extrapolé d'unités d'installation ne donnant pas satisfaction ainsi obtenu.

Le montant total de la pénalité est donc calculé selon la formule suivante :

$$A = a.N/n$$

dans laquelle

$$a = b_1 + b_2 + \dots + b_x$$

et

N = nombre total d'unités d'installation

n = nombre d'unités d'installation contrôlées

x = nombre d'unités d'installation contrôlées et n'ayant pas donné satisfaction

a = pénalité calculée sur x

A = pénalité totale

$b_1, b_2, \dots, b_x =$ pénalité (suivant tableau) à appliquer aux unités d'installation n'ayant pas donné satisfaction lors des essais de contrôle

TABLEAU DES PENALITES

A. groupes possédant uniquement les fonctions de ventilation et de chauffage

Débit	Pénalités
inférieur à 3.000 Nm ³ /h	€ 250
de 3.000 à 10.000 Nm ³ /h	€ 400
supérieur à 10.000 Nm ³ /h	€ 500

B. Groupes possédant, outre les fonctions de ventilation et de chauffage, les fonctions de refroidissement et/ou d'humidification

Débit	Pénalités
inférieur à 3.000 Nm ³ /h	€ 400
de 3.000 à 10.000 Nm ³ /h	€ 500
supérieur à 10.000 Nm ³ /h	€ 600

5.2.4. Pénalités pour essais de réglage hydraulique des installations

Pour chaque mesure de contrôle du débit hydraulique d'un robinet de réglage, qui ne satisfait pas aux exigences du cahier spécial des charges, il sera appliqué par mesure une pénalité de 100 €.

Lorsque le pouvoir adjudicateur procède uniquement au contrôle d'une partie des réglages hydrauliques et qu'il constate qu'un certain nombre d'essais ne donnent pas satisfaction, le pourcentage des contrôles ne donnant pas satisfaction par rapport au nombre de robinets contrôlés sera extrapolé au nombre total de robinets de réglage que comporte l'installation. La pénalité forfaitaire est alors appliquée sur le nombre extrapolé de réglages ne donnant pas satisfaction ainsi obtenu.

Le montant total de la pénalité est donc calculé selon la formule suivante :

$$A = 50.X.N/n$$

dans laquelle

N = nombre total de robinets de réglage dans l'installation

n = nombre de robinets de réglage contrôlés

X = nombre de robinets de réglage contrôlés et n'ayant pas donné satisfaction

A = pénalité totale

5.2.5. Pénalités pour non-respect des impositions acoustiques

Pour chaque mesure de contrôle de l'indice d'évaluation de bruit (valeur NR, valeur en dBA) dans un local, qui ne satisfait pas aux exigences du cahier spécial des charges, il sera appliqué par mesure une pénalité de 100 €.

Lorsque le pouvoir adjudicateur procède uniquement au contrôle d'une partie des locaux et qu'il constate qu'un certain nombre d'essais ne donnent pas satisfaction, le pourcentage des contrôles ne donnant pas satisfaction par rapport au nombre de locaux contrôlés sera extrapolé au nombre total de locaux soumis à des exigences acoustiques. La pénalité forfaitaire est alors appliquée sur le nombre extrapolé de locaux ne donnant pas satisfaction au niveau acoustique ainsi obtenu.

Le montant total de la pénalité est donc calculé selon la formule suivante :

$$A = 50.X.N/n$$

dans laquelle

N = nombre total de locaux avec des exigences acoustiques

n = nombre de locaux contrôlés

X = nombre de locaux contrôlés et n'ayant pas donné satisfaction

A = pénalité totale

Pour chaque mesure de contrôle de l'indice d'évaluation de bruit (valeur NR, valeur en dBA) dans l'environnement (à hauteur d'une grille d'air ou d'un appareil placé à l'extérieur), qui ne satisfait pas aux exigences du cahier spécial des charges ou de la réglementation environnementale en vigueur, il sera appliqué par mesure une pénalité de 200 €.

5.3. Amendes pour retard (art. 46 et 86 AR règles générales d'exécution)

Lorsque l'entrepreneur est reconnu en défaut d'exécution de son entreprise suivant le point a) du paragraphe 5.1 ci-dessus, les amendes pour retard sont appliquées conformément à l'art. 86 §1 des règles générales d'exécution.

Dans la formule, les paramètres prennent les significations suivantes :

R = Montant des amendes à appliquer pour un retard de n jours

M = Montant des postes visés par l'état des lieux faisant l'objet de la première réception provisoire partielle correspondante

N = Nombre de jours ouvrables prévus au planning dans les conditions du paragraphe 3.4 pour l'exécution des travaux préalables à l'octroi de la première réception provisoire partielle correspondante

n = Nombres de jours de calendrier de retard

CAHIER DES CHARGES TYPE N° 105

PARTIE 2

CLAUSES TECHNIQUES

CONTENU

CHAPITRE A	CALCUL DES INSTALLATIONS	
ARTICLE A0.	RÉFÉRENCES NORMATIVES	Edition 2014
ARTICLE A1.	DÉPERDITIONS THERMIQUES	Edition 2014
ARTICLE A2.	GAINS THERMIQUES	Edition 2014
ARTICLE A3.	CALCUL DES DIMENSIONS DES TUYAUTERIES	Edition 2014
ARTICLE A4.	CONDUITS D'AIR	Edition 2014
ARTICLE A5.	PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	Edition 2014
ARTICLE A6.	VASES D'EXPANSION	Edition 2014
CHAPITRE B	EXIGENCES DE PERFORMANCES ET DE CONCEPTION	
ARTICLE B1.	EXIGENCES RELATIVES A L'AMBIANCE INTERIEURE	Edition 2014
ARTICLE B2.	PRINCIPES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE B3.	EXIGENCES GENERALES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE B4.	EXIGENCES GENERALES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	Edition 2014
ARTICLE B5.	EXIGENCES DANS LE DOMAINE DE L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE	Edition 2014
ARTICLE B6.	EXIGENCES EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT DURABLE	<i>Pour mémoire</i>

CHAPITRE C	PRESCRIPTIONS RELATIVES AU MATERIEL ET CODE DE BONNE PRATIQUE	
ARTICLE C1.	GENERATEURS DE CHALEUR ET BRULEURS	Edition 1990
ARTICLE C2.	ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE	Edition 1990
ARTICLE C3.	EVACUATION DES PRODUITS DE LA COMBUSTION	Edition 2014
ARTICLE C4.	PRODUCTION DE FROID ET POMPES A CHALEUR	Edition 1990
ARTICLE C5.	SYSTEMES D'EXPANSION ET DE SECURITE	Edition 1990
ARTICLE C6.	TUYAUTERIES	Edition 1990
ARTICLE C7.	ROBINETTERIE	Edition 1990
ARTICLE C8.	POMPES ET CIRCULATEURS	Edition 2014
ARTICLE C9.	ECHANGEURS DE CHALEUR ET ACCUMULATEURS	Edition 2014
ARTICLE C10.	CORPS DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT	Edition 1990
ARTICLE C11.	HUMIDIFICATEURS	Edition 2014
ARTICLE C12.	CAISSONS DE TRAITEMENT D'AIR	Edition 2014
ARTICLE C13.	VENTILATEURS	Edition 2014
ARTICLE C14.	CONDUITS D'AIR	Edition 2014
ARTICLE C15.	UNITES TERMINALES OU INTERMEDIAIRES DE CIRCUITS D'AIR	Edition 1990

ARTICLE C16.	FILTRES A AIR	Edition 2014
ARTICLE C17.	RECUPERATION DE CHALEUR	Edition 2014
ARTICLE C18.	TRAITEMENT DES EAUX	Edition 1990
ARTICLE C19.	GROUPE HYDROPHORES	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE C21.	REGULATION AUTOMATIQUE	Edition 2014
ARTICLE C22.	APPAREILLAGE ELECTRIQUE	Edition 1990
ARTICLE C23.	APPAREILS DE MESURE ET DE CONTRÔLE	Edition 1990
ARTICLE C24.	SECURITE INCENDIE	Edition 2014
ARTICLE C39.	TRAVAUX ANNEXES	Edition 1990
ARTICLE C40.	PROTECTION DES METAUX CONTRE LA CORROSION	Edition 1990
ARTICLE C41.	CALORIFUGE	Edition 1990
CHAPITRE D	ACOUSTIQUE	
ARTICLE D1.	NORMES	Edition 2014
ARTICLE D2.	VALEURS LIMITEES DES NIVEAUX DE BRUIT	Edition 2014
ARTICLE D3.	EXIGENCES D'ISOLEMENT ACOUSTIQUE	Edition 2014
ARTICLE D4.	PRESCRIPTIONS SPECIFIQUES POUR LES INSTALLATIONS HVAC	Edition 2014

ARTICLE D5.	SPECIFICATIONS POUR L'ISOLATION ANTI-VIBRATION	Edition 2014
ARTICLE D11.	DOCUMENTS A INTRODUIRE PAR L'ENTREPRENEUR	Edition 2014
CHAPITRE E	ESSAIS ET MISE AU POINT DES INSTALLATIONS	
ARTICLE E1.	ESSAIS DES CHAUDIERES SUR PLACE	Edition 1990
ARTICLE E2.	ESSAI DE TEMPERATURE DANS UN IMMEUBLE CHAUFFE AUTOMATIQUEMENT	Edition 1990
ARTICLE E3.	ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE A EAU CHAUDE A BASSE TEMPERATURE	Edition 1990
ARTICLE E4.	ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE A VAPEUR A BASSE PRESSION	Edition 1990
ARTICLE E5.	ESSAIS DES INSTALLATIONS DE VENTILATION ET DE CONDITIONNEMENT D'AIR	Edition 2014
ARTICLE E6.	ESSAIS ACOUSTIQUES	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE E11.	REGLAGE ET MISE AU POINT DES INSTALLATIONS	Edition 2014

CHAPITRE A

CALCUL DES INSTALLATIONS

CONTENU

ARTICLE A0.	RÉFÉRENCES NORMATIVES	Edition 2014
ARTICLE A1.	DÉPERDITIONS THERMIQUES	Edition 2014
ARTICLE A2.	GAINS THERMIQUES	Edition 2014
ARTICLE A3.	CALCUL DES DIMENSIONS DES TUYAUTERIES	Edition 2014
ARTICLE A4.	CONDUITS D'AIR	Edition 2014
ARTICLE A5.	PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	Edition 2014
ARTICLE A6.	VASES D'EXPANSION	Edition 2014

ARTICLE A0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes relatives au champ d'application du présent chapitre sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN B 62 002	Performances thermiques des bâtiments – Calcul des coefficients de transmission thermique (valeurs U) des composants et éléments de bâtiments – Calcul des coefficients de transfert de chaleur par transmission (valeur H_T) et par ventilation (H_V)	11/2008
NBN B 62 003	Calcul des déperditions calorifiques des bâtiments	12/1986
NBN EN 12828	Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau	01/2013
NBN EN 12831	Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base	08/2003

ARTICLE A1. DÉPERDITIONS THERMIQUES

1. Coefficients de transmission thermique des composants

Les coefficients de transmission thermique (valeurs U) des composants et éléments de bâtiments sont calculés suivant la norme **NBN B 62-002** de 2008.

2. Déperditions des locaux et des bâtiments

Les déperditions de chaleur des locaux et des bâtiments sont calculées suivant la norme **NBN EN 12831** de 2003, complétée et précisée par son annexe nationale belge et le document explicatif « Guide pratique pour le calcul des déperditions calorifiques des bâtiments – Application de la norme **NBN EN 12831** dans la pratique de construction et d'installation belge ». En attendant la publication de ces deux derniers documents, les déperditions sont calculées suivant la norme **NBN B 62 003** de 1986.

ARTICLE A2. GAINS THERMIQUES

Les gains thermiques sont calculés suivant la méthode enseignée par l'ATIC, publiée sous le titre « Calcul des Gains et charges calorifiques des locaux et bâtiments – ATIC – 2014 ».

ARTICLE A3. CALCUL DES DIMENSIONS DES TUYAUTERIES

Le calcul s'effectue suivant la méthode exposée dans le Rapport n°14 du CSTC.

La perte de pression dans un circuit (robinets motorisés, batteries et échangeurs thermiques éventuels exclus), exprimée en Pa, ne peut dépasser $200 L_{\max}$, L_{\max} désignant la longueur, exprimée en mètres, du trajet le plus long ; les tuyauteries de chauffage par le sol, le plafond ou les murs sont incluses dans le calcul.

ARTICLE A4. CONDUITS D'AIR

Les dimensions des conduits d'air sont calculées suivant le document « Normalisation des conduits aérauliques – Deuxième partie – Calcul des réseaux – Chapitre A – Dimensionnement », publié en 1978 par la Régie des Bâtiments.

ARTICLE A5. PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

En l'absence de prescriptions dans le cahier spécial des charges, le dimensionnement des installations de production et de distribution d'eau chaude sanitaire s'opère sur la base de la méthode décrite dans le guide publié en 1991 par l'AICVF, tout en tenant compte du domaine d'application pour lequel ce guide a été établi et de ses limites d'utilisation.

ARTICLE A6. VASES D'EXPANSION

Le calcul des vases d'expansion est effectué suivant :

- soit la méthode exposée dans le Rapport n°14 du CSTC, paru en 2013, tenant compte des indications de l'annexe D de la NBN EN 12828 et d'une réserve d'eau d'au moins 1% de la contenance en eau de l'installation.
- soit la Note d'information SAPC n° 17 de la Régie des Bâtiments.

CHAPITRE B

EXIGENCES DE PERFORMANCES ET DE CONCEPTION

CONTENU

ARTICLE B1.	EXIGENCES RELATIVES A L'AMBIANCE INTERIEURE	Edition 2014
ARTICLE B2.	PRINCIPES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE B3.	EXIGENCES GENERALES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT	<i>Pour mémoire</i>
ARTICLE B4.	EXIGENCES GENERALES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	Edition 2014
ARTICLE B5.	EXIGENCES DANS LE DOMAINE DE L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE	Edition 2014
ARTICLE B6.	EXIGENCES EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT DURABLE	<i>Pour mémoire</i>

ARTICLE B1. EXIGENCES RELATIVES A L'AMBIANCE INTERIEURE

CONTENU

ARTICLE B1. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES	2
ARTICLE B1. PAR. 1. ZONE D'OCCUPATION	3
ARTICLE B1. PAR. 2. CONFORT THERMIQUE GLOBAL.....	4
1. TEMPÉRATURE OPÉRATIVE	4
2. VITESSE MOYENNE DE L'AIR	5
3. HUMIDITÉ	5
ARTICLE B1. PAR. 3. CONFORT THERMIQUE LOCAL	6
1. COURANT D'AIR.....	6
2. DIFFÉRENCE VERTICALE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR	6
3. SOLS FROIDS OU CHAUDS.....	6
4. ASYMÉTRIE DE TEMPÉRATURE DE RAYONNEMENT	6
ARTICLE B1. PAR. 4. QUALITE DE L'AIR INTERIEUR	7
1. PARTICULES SOLIDES ET LIQUIDES	7
2. POLLUANTS GAZEUX (PRODUITS PAR LE MÉTABOLISME HUMAIN, LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION, ETC.).....	7
2.1. Généralités.....	7
2.2. Locaux destinés principalement à l'occupation humaine	7
2.3. Locaux dont la qualité d'air est principalement déterminée par d'autres sources que l'occupation humaine	8
2.4. Bâtiments d'habitation.....	8

ARTICLE B1. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN ISO 7730	Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local	01-2006
NBN EN ISO 7726	Ergonomie des ambiances thermiques – Appareils de mesure des grandeurs physiques	10-2001
NBN EN 13779	Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation	09-2007
NBN EN 15251	Critères pour l'environnement intérieur et évaluation des performances énergétiques des bâtiments couvrant la qualité d'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique	09-2007
NBN D 50 001	Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation	1991
NBN B 62 003	Calcul des déperditions calorifiques des bâtiments	12-1986

ARTICLE B1. PAR. 1. ZONE D'OCCUPATION

La zone d'un local dans laquelle les exigences relatives à l'environnement intérieur doivent être respectées, dénommée « zone d'occupation », comprend l'ensemble du volume du local, abstraction faite des zones suivantes :

- en-dessous d'un plan horizontal situé à 0,05 m du plancher
- au-dessus d'un plan horizontal situé à 1,80 m du plancher
- entre une fenêtre ou une porte extérieure et un plan vertical parallèle à cette fenêtre ou porte situé à 1 m de celle-ci ; cette zone exclue de la zone d'occupation s'étendant devant la fenêtre ou la porte et sur une largeur de 1 m de part et d'autre
- devant un corps de chauffe ou de refroidissement (radiateur, convecteur, ventilo-convecteur, etc.), comme ci-dessus pour les fenêtres et les portes extérieures
- entre un mur, extérieur ou intérieur, et un plan vertical parallèle à ce mur situé à 0,50 m de celui-ci

ARTICLE B1. PAR. 2. CONFORT THERMIQUE GLOBAL

1. Température opérative

La température opérative **optimale** et la **plage acceptable** à respecter se trouvent dans le tableau B1.2.-1.

Type de bâtiment/lieu	été (*)	hiver
Bureau individuel Bureau paysager Salle de conférence Auditorium Cafétéria, restaurant Salle de classe	24,5 (+ ou – 1,5)	22,0 (+ ou – 2,0)

Tableau B1.2.-1

(extrait de la norme NBN EN ISO 7730, Annexe A.4, Tableau A.5, pour la catégorie de confort « B »)

(*) Les exigences « été » ne s'appliquent que dans les locaux refroidis mécaniquement et dans les locaux sans fenêtres ouvrantes.

Pour les autres locaux, le cahier spécial des charges peut préciser des températures à respecter en été, et éventuellement la fréquence à laquelle elles peuvent être dépassées.

Quant aux **valeurs de base pour les calculs de charge** de chauffage ou de refroidissement,

- **pour le chauffage**, les tableaux B1.2.-2 et B1.2.-3 donnent la température intérieure de base en fonction du type de local ; la température extérieure de base est indiquée dans la norme **NBN B62 003** de 1986;
- **pour le refroidissement**, le tableau B1.2.-2 donne la température intérieure de base en fonction du type de local ; la température et l'humidité relative extérieures de base sont égales à 30°C et 50%.

Type de bâtiment/espace	Été	hiver
Bureau individuel Bureau paysager Salle de réunion Auditorium Cafétéria, restaurant Salle de classe	26,0	20,0

Tableau B1.2.-2

(extrait de la norme NBN EN 15251, Annexe A.1, Tableau A.2, pour la catégorie de confort « II »)

Type de local	Température intérieure de base (hiver) °C
Locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou ont une activité physique très légère p.ex. salles de séjour, cuisines, chambres d'étude, chambres d'hôtel, etc.	20
Locaux où des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère p.ex. salles de bain	24
Chambres à coucher	18
Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique légère p. ex. ateliers, industrie légère, archives	16
Locaux où des gens peu habillés exercent une grande activité physique p.ex. salles de gymnastique, salles de sport	16
Locaux qui ne servent que de passage ou de séjour de courte durée pour des gens habillés normalement p.ex. corridors, cages d'escaliers, vestiaires, WC	16
Locaux que l'on veut uniquement garder à l'abri du gel p. ex. garage	5

Tableau B1.2-3
(extrait de la norme NBN B 62-003, Tableau 2)

2. Vitesse moyenne de l'air

La vitesse moyenne maximale de l'air se trouve dans le tableau B1.3.-1 ci-après.

Ce critère est d'application en tout point de la zone d'occupation définie au par. 1 ci-avant.
Un dépassement inférieur ou égal à 10% de la valeur indiquée est toléré en maximum 10% des points de mesure.

3. Humidité

Dans les locaux desservis par un système d'humidification et/ou de séchage de l'air, l'humidité relative est comprise entre 40 et 65 %.

ARTICLE B1. PAR. 3. CONFORT THERMIQUE LOCAL

Les exigences de la norme **NBN EN ISO 7730**, point 6 et annexe A.3, pour la catégorie B doivent être respectées.

1. Courant d'air

La valeur du courant d'air (« draught rate » selon **NBN EN ISO 7730**) ne peut dépasser 20%. Le tableau B1.3.-1 donne la valeur maximale admissible de la vitesse moyenne de l'air (v_{ai}) afin de respecter cette exigence relative au courant d'air, ceci en fonction de la température locale de l'air (t_{ai}) et de l'intensité locale de turbulence (T_u).

t_{ai} (°C)	$T_u = 10$	$T_u = 20$	$T_u = 40$	$T_u = 60$
20	0,24	0,20	0,16	0,14
21	0,26	0,21	0,17	0,15
22	0,28	0,23	0,18	0,16
23	0,30	0,25	0,19	0,17
24	0,33	0,27	0,21	0,18
25	0,37	0,29	0,23	0,19
26	0,41	0,33	0,25	0,21

Tableau B1.3.-1
Valeur maximale admissible de la vitesse moyenne de l'air
(valeurs calculées au moyen de la formule (6) de la norme **NBN EN ISO 7730**)

2. Différence verticale de la température de l'air

La différence verticale de la température de l'air entre la tête et les chevilles doit être inférieure à 3°C.

3. Sols froids ou chauds

La température de surface du sol doit être comprise entre 19 et 29°C.

4. Asymétrie de température de rayonnement

L'asymétrie de température de rayonnement doit être inférieure aux valeurs suivantes :

- plafond chaud : 5°C
- mur froid : 10°C
- plafond froid : 14°C
- mur chaud : 23°C

ARTICLE B1. PAR. 4. QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

1. Particules solides et liquides

Voir l'article C16 « Filtres » des clauses techniques du présent cahier des charges type et le par. 1 de l'article B4.

2. Polluants gazeux (produits par le métabolisme humain, les matériaux de construction, etc.)

2.1. Généralités

Comme principe général la qualité d'air intérieur doit répondre à la classe INT 3 (« qualité d'air intérieur modérée ») selon la norme NBN EN 13779:2007.

Sauf mention de valeurs différentes dans le cahier spécial des charges ou sur les plans, les débits d'air neuf tels que mentionnés ci-après doivent être appliqués (si des exigences légales, telles que des réglementations PEB, exigent des valeurs supérieures, celles-ci sont à respecter)

2.2. Locaux destinés principalement à l'occupation humaine

Le débit d'air neuf par personne est choisi en fonction des valeurs mentionnées dans le tableau A.11 de la norme NBN EN 13779:2007.

Ce tableau sera appliqué selon les modalités suivantes :

- locaux où des personnes résident en permanence ou toute la journée (p.ex. bureau, salle de séjour, chambres à coucher, salle d'hôpital, cabine de traduction,...)
débit maximum de la classe INT 3, càd 36 m³/h/personne
- locaux où des personnes résident quelques heures (p.ex. salle de réunion, salle de détente, auditoire, espace polyvalent, salle de sport, salle de visite, salle d'audience, salle de conseil, restaurant, cafétéria,...)
à titre d'exception, les salles de classe dans des écoles sont également reprises dans cette catégorie,
débit médian de la classe INT 3, càd 29 m³/h/personne
- locaux où des personnes résident brièvement (p.ex. couloir, hall d'entrée, zone d'attente, réfectoire,...),
débit minimum de la classe INT 3, càd 22 m³/h/personne
- tous les locaux sont toujours considérés comme « non-fumeurs »; uniquement en cas de mention explicite sur les plans ou dans le programme du bâtiment, certains locaux seront conçus comme « zone fumeurs », dans ce cas les débits correspondants du tableau A.11 seront appliqués.

Le nombre de personnes sera déterminé sur base du programme du bâtiment ou des renseignements figurant aux plans.

Pour les bureaux la densité d'occupation sera basée sur 10 m²/personne (il s'agit d'une valeur minimale à respecter en tous cas, même s'il ressort une densité plus faible du programme des besoins).

Si un local a des parois intérieures fixes le nombre de personnes doit être arrondi à l'unité supérieure par local ; si les bureaux ont des parois mobiles, l'arrondi ne se fait pas.

2.3. Locaux dont la qualité d'air est principalement déterminée par d'autres sources que l'occupation humaine

Le débit d'air neuf est déterminé sur base du volume du local et/ou des appareils qui s'y trouvent, comme indiqué dans le tableau B1.4.-1 suivant :

Type de local	Débit d'air neuf	Rem.
locaux sanitaires	50 m ³ /h par WC 25 m ³ /h par urinoir	(1)
douche	10 vol/h avec un minimum de 100 m ³ /h	(1)
vestiaire	2 vol/h	
kitchenette	100 m ³ /h	(1)
local photocopie	150 m ³ /h	(1)
salle d'ordinateur	1 vol/h	
local imprimante	2 vol/h avec un minimum de 150 m ³ /h	
imprimerie	2 vol/h	
atelier	2 vol/h, à augmenter éventuellement d'exigences spécifiques pour postes de soudure, cabines de peinture, machines etc.	(2)
archives (vivantes)	1 vol/h	
archives mortes	0,5 vol/h	
entrepôt , sans produits spécifiques	0,5 vol/h	(1)
entrepôt ,autres	1 vol/h	(1)
cuisine	en fonction des appareils, avec un minimum de 20 vol/h	
lavoir	15 vol/h	
cuisine froide, local préparation	2 vol/h	
local déchets	10 vol/h	(1)
parking fermé	250 m ³ /h par emplacement de parking	(1)

Tableau B1.4.-1

Remarques:

- (1) Ce débit ne doit pas être constitué d'air neuf, il est permis d'utiliser de l'air en provenance d'autres locaux , pour autant que l'air satisfasse à la classe REP 1 ou REP 2 selon NBN EN 13779:2007.
- (2) Pour la détermination du volume, la hauteur excédant 3 m n'est pas comptabilisée

2.4. Bâtiments d'habitation

La norme NBN D 50-001 (1991) est d'application.

ARTICLE B4. EXIGENCES GENERALES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

CONTENU

ARTICLE B4. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES	2
ARTICLE B4. PAR. 1. EXIGENCES RELATIVES AUX FILTRES A AIR	3
1. CHOIX DU GROUPE ET DE LA CLASSE DES FILTRES À AIR	3
1.1. Filtration de l'air neuf.....	3
1.2. Filtration de l'air repris.....	4
2. PRÉFILTRATION ET EMBLACEMENT DES FILTRES.....	4
ARTICLE B4. PAR. 2. EXIGENCES RELATIVES AUX EMBLACEMENTS DES PRISES ET REJETS D'AIR.....	5
ARTICLE B4. PAR. 3. EXIGENCES RELATIVES A L'ELIMINATION DE L'AIR REPRIS ET A SA REUTILISATION	6
ARTICLE B4. PAR. 4. EXIGENCES RELATIVES A L'ESPACE NECESSAIRE POUR LES ELEMENTS DES INSTALLATIONS	7
ARTICLE B4. PAR. 5. EXIGENCES RELATIVES A L'HYGIENE ET A L'ENTRETIEN.....	8

ARTICLE B4. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN 12097	Ventilation des bâtiments – Réseau de conduits – Exigences relatives aux composants destinés à faciliter l'entretien des réseaux de conduits	03-2007
NBN EN 13779	Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation	09-2007
NBN EN 15251	Critères pour l'environnement intérieur et évaluation des performances énergétiques des bâtiments couvrant la qualité d'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique	09-2007
NBN D 50 001	Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation	1991
NBN EN 13053 + A1	Ventilation des bâtiments – Caissons de traitement d'air – Classification et performance des unités, composants et sections	08-2011

ARTICLE B4. PAR. 1. EXIGENCES RELATIVES AUX FILTRES A AIR

1. Choix du groupe et de la classe des filtres à air

1.1. Filtration de l'air neuf

Les exigences de ce paragraphe sont valables pour les cas normaux où l'air neuf est de qualité ANF 1 (air pur) suivant la classification de la NBN EN 13779.

Lorsque l'air neuf est de moins bonne qualité, à savoir ANF 2 (avec concentration importante de particules et/ou polluants) ou ANF 3 (avec concentration très élevée de particules et/ou polluants), une étude particulière basée sur les recommandations de l'annexe A de la NBN EN 13779 déterminera le choix des filtres pour chaque application.

Le choix du groupe et de la classe minimale du filtre sur l'air neuf doit se baser sur le tableau suivant :

Groupe G (filtres grossiers)	
G1 ou G2	Cette classe ne sera admise qu'exceptionnellement, par exemple pour les aérothermes d'un garage, où la filtration ne doit pas être très poussée, s'il n'est pas nécessaire d'éliminer les poussières fines ou si des filtres plus fins posent des problèmes de perte de charge.
G3 ou G4	Pour les ventilo-convecteurs et les aérothermes, on peut admettre ce type de filtres, pour des raisons d'encombrement. Ces filtres peuvent également être utilisés comme préfiltres en vue de prolonger la durée de vie d'un filtre plus fin, lorsque l'air à traiter est fort chargé en grosses particules.
Groupe M (filtres moyens)	
M5	Utilisé en général comme préfiltre pour prolonger la durée de vie d'un filtre plus fin (F7).
M6	Locaux où la pureté de l'air pulsé n'est pas primordiale (locaux où n'est visée qu'une qualité d'air basse <i>INT 4</i> selon NBN EN 13779), c'est-à-dire locaux faciles à nettoyer, ne contenant pas d'objets sensibles à la poussière et à occupation non permanente Exemples : halls d'exposition, salles de sport, piscines, parkings.
Groupe F (filtres fins)	
F7	Locaux où une pureté suffisante de l'air pulsé est nécessaire pour protéger les revêtements (tapis, papiers peints, ...), les objets exposés à l'air (meubles, objets d'art, ...) ou les produits fabriqués et pour assurer une qualité d'air intérieure suffisante aux personnes (qualité d'air intérieur modérée <i>INT 3</i> selon NBN EN 13779). Exemples : bureaux, salles de conférence, bibliothèques, musées, salles de cours et amphithéâtres, laboratoires, cuisines et restaurants.
F8 ou F9	Locaux où la pureté de l'air revêt une importance essentielle, où il est souhaité une qualité d'air intérieur moyenne à excellente (<i>INT 2</i> ou <i>INT 1</i> selon NBN EN 13779) Exemples : salles d'ordinateurs, animaleries (animaux sous incubation), hôpitaux (locaux abritant des patients, à l'exclusion des salles d'opération et autres locaux "propres" ou stériles).
Groupe E (filtres efficaces) / Groupe H (filtres à très haute efficacité)	
E10 à E12 H13 à H14	Ces filtres ont une grande efficacité à l'égard des bactéries, de la poussière radioactive ainsi que de la fumée et des aérosols de toute nature. Ils sont utilisés par exemple pour des salles à empoussièrisme contrôlé : laboratoires exigeant de l'air très pur, salles d'opération ou de stérilisation, salles blanches, centrales nucléaires.
Groupe U (filtres à très faible pénétration)	
U15 à U17	Ce groupe de filtres au pouvoir séparateur maximal convient à des cas particuliers dans lesquels la pureté de l'air est de la plus haute importance : salles stériles, salles blanches, centrales nucléaires,...

Tableau B4-1

Remarques sur l'utilisation de filtres des groupes E, H et U :

- Pour les locaux critiques du point de vue de la filtration de l'air, une étude spécifique est à faire pour chaque cas particulier.
- Les filtres des groupes E et H doivent être placés le plus près possible du local desservi et, si possible, à l'entrée de celui-ci. Les filtres du groupe U doivent toujours être intégrés dans le plafonnier ou dans l'unité stérile, mais jamais placés en gaine.
- Les locaux desservis par des filtres des groupes E, H et U sont souvent critiques du point de vue de la pureté de l'air et doivent donc être maintenus en surpression par rapport aux locaux environnants (sauf exceptions comme des laboratoires traitant des produits dangereux, des zones contaminées en milieu hospitalier,... où les locaux doivent être maintenus constamment en dépression). Il faut dès lors prévoir un dispositif d'alarme signalant toute chute du débit au-dessous de la valeur normale.
- Il y a également lieu de prendre toutes les prévisions adéquates pour maintenir la surpression dans les locaux sensibles par rapport aux locaux annexes, même quand la perte de charge des filtres qui protègent les locaux sensibles augmente suite au salissement de ces filtres (par ex. ventilateurs à débit variable et régulateurs de pression).

1.2. Filtration de l'air repris

Pour les installations courantes dites « de confort » (bureaux, salles de cours, salles de réunion, etc), il n'est pas imposé de filtres sur l'air repris ou l'air rejeté.

Toutefois, si cet air doit passer à travers un système de récupération de chaleur, il doit être prévu un filtre de classe minimale M6 en amont du récupérateur.

L'air repris des cuisines doit toujours être purifié à l'aide d'un filtre spécial pour graisses, qui doit pouvoir être changé et nettoyé facilement.

Pour certaines installations de type industrielles, l'air repris et rejeté peut être fortement chargé en poussières, voire contenir des substances nocives ou contaminants. Dans ce cas, une filtration spécifique de cet air s'impose. Chaque cas spécifique demande une étude particulière.

2. Préfiltration et emplacement des filtres

Un préfiltre a pour but soit de protéger un filtre qui, sans cette protection, ne pourrait pas fonctionner, soit de prolonger la vie d'un filtre plus fin.

Lorsque la classe de filtration sur l'air neuf, imposée au tableau B4-1 ci-dessus, est inférieure ou égale à F7, un préfiltre n'est pas obligatoire. Dans ce cas, le filtre est placé à l'entrée du caisson de traitement d'air afin de protéger les éléments du groupe de traitement d'air contre le salissement.

Lorsque la classe de filtration sur l'air neuf imposée au tableau est F8 ou F9, il sera toujours prévu un préfiltre 2 classes plus bas (respectivement M6 ou F7), placé à l'entrée du caisson de traitement d'air ; le filtre F8 ou F9 étant placé après le ventilateur de pulsion.

Lorsque les unités terminales de ventilation sont équipées de filtres des groupes E, H ou U, le groupe de traitement est doté d'une filtration composée d'un préfiltre F7 et d'un filtre F8 ou F9, disposés tels que décrit ci-dessus.

De manière similaire, un filtre à charbon actif destiné à éliminer des odeurs ou polluants gazeux (utilisé par exemple lorsque l'environnement extérieur présente une concentration élevée en polluants, soit une qualité d'air ANF 3 selon NBN EN 13779) sera toujours précédé d'un filtre de classe minimale F7.

ARTICLE B4. PAR. 2. EXIGENCES RELATIVES AUX EMPLACEMENTS DES PRISES ET REJETS D'AIR

Les lignes directrices des points A.2.1 « Généralités » (dont le Tableau A.1 définit les classes REP de l'air repris et RJT de l'air rejeté), A.2.2 « Emplacement des prises d'air » et A.2.3 « Emplacement des rejets d'air » de l'Annexe A « Lignes directrices pour une bonne pratique » de la norme NBN EN 13779 doivent être respectées.

**ARTICLE B4. PAR. 3. EXIGENCES RELATIVES A L'ELIMINATION DE
L'AIR REPRIS ET A SA REUTILISATION**

Les lignes directrices des points A.5 et A.6 de l'Annexe A de la norme NBN EN 13779 doivent être respectées.

**ARTICLE B4. PAR. 4. EXIGENCES RELATIVES A L'ESPACE
NECESSAIRE POUR LES ELEMENTS DES
INSTALLATIONS**

Les lignes directrices des points A.13.1 « Généralités », A.13.2 « Espaces nécessaires pour les locaux techniques relatifs aux systèmes de traitement de l'air », A.13.3 « Espaces nécessaires pour les installations de réfrigération et de distribution d'eau » et A.13.5 « Espaces nécessaires dans les plafonds suspendus » de l'Annexe A de la norme NBN EN 13779 doivent être respectées.

ARTICLE B4. PAR. 5. EXIGENCES RELATIVES A L'HYGIENE ET A L'ENTRETIEN

Les lignes directrices du point A.14 de l'Annexe A de la norme NBN EN 13779 doivent être respectées. Ces lignes directrices renvoient à divers points de la norme EN 12097, qui sont donc également à respecter.

ARTICLE B5. EXIGENCES DANS LE DOMAINE DE L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE

CONTENU

ARTICLE B5. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES.....	2
ARTICLE B5. PAR. 1. VALEUR SFP DES ENTITES DE VENTILATION	3
1. PUISSANCE SPECIFIQUE D'UN VENTILATEUR.....	3
1.1. Généralités.....	3
1.2. Exigences	3
2. PERTE DE CHARGE MAXIMALE POUR DES ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES DES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT D'AIR.....	4
ARTICLE B5. PAR. 2. RECUPERATION DE CHALEUR DANS LES INSTALLATIONS DE VENTILATION.....	5
ARTICLE B5. PAR. 3. CLASSES ENERGETIQUES DES MOTEURS ELECTRIQUES.....	6

ARTICLE B5. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN 13053 + A1	Ventilation des bâtiments – Caissons de traitement d'air – Classification et performance des unités, composants et sections	08-2011
NBN EN 13779	Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation	09-2007
NBN EN 60034- 30	Machines électriques tournantes - Partie 30 : Classes de rendement pour les moteurs à induction triphasés à cage, mono vitesse (Code IE)	2009
640/2009	RÈGLEMENT (CE) n° 640/2009 DE LA COMMISSION du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences relatives à l'écoconception des moteurs électriques	07-2009

ARTICLE B5. PAR. 1. VALEUR SFP DES ENTITES DE VENTILATION

1. Puissance spécifique d'un ventilateur

1.1. Généralités

La puissance spécifique d'un ventilateur P_{SFP} est la puissance électrique absorbée par le moteur du ventilateur divisée par le débit d'air; elle est exprimée en $W/(m^3/s)$.

En fonction de la valeur de P_{SFP} , les ventilateurs sont répartis en classes de SFP 1 à SFP 7 conformément à la norme NBN EN 13779:2007 (NBN EN 13779 NL:2010).

La puissance spécifique d'un ventilateur peut être définie aussi bien pour l'ensemble de tous les ventilateurs d'un bâtiment que pour chaque ventilateur considéré individuellement ; c'est pour ce dernier cas que des impositions sont formulées ci-dessous.

Remarque importante : satisfaire aux exigences formulées ci-après ne signifie pas automatiquement que l'on satisfait aux impositions régionales en matière de performance énergétique des bâtiments (PEB).

1.2. Exigences

Les exigences suivantes sont applicables à tous les ventilateurs (aussi bien de pulsion que d'extraction) qui assurent la ventilation de locaux.

La puissance spécifique d'un ventilateur selon NBN EN 13779:2007 (NBN EN 13779 NL:2010) doit satisfaire à :

- Si l'air véhiculé ne subit aucun traitement thermique (chauffer ou refroidir) ou hydrique (humidifier ou déshumidifier) : classe SFP 1 (c.à.d. $P_{SFP} < 500 W/(m^3/s)$)
- Autres cas : classe SFP 2 (c.à.d. $P_{SFP} < 750 W/(m^3/s)$)

Ces exigences doivent être remplies sous les conditions suivantes:

- La puissance spécifique est « SFP_v » comme défini à l'annexe D6 de la norme (c.à.d. avec filtres propres)
- Le débit est le débit maximal renseigné au cahier spécial des charges ou par défaut la valeur maximale de projet.

Pour un certain nombre de cas un supplément sur P_{SFP} est possible (« puissance spécifique élargie ») ; le tableau 10 (point 6.5.2) de la norme est d'application à ce sujet, tout en respectant les règles suivantes :

- Filtre mécanique supplémentaire : uniquement à appliquer quand il y a plus d'un filtre de classe F (les filtres des classes M et G ne sont pas comptés)
- Filtre HEPA : uniquement au cas où un filtre de classe E, H ou U est prévu
- Filtre pour gaz : uniquement au cas où un filtre supplémentaire pour gaz est prévu, les filtres combinés gaz/mécanique ne sont pas pris en considération
- Récupérateur de chaleur de haute efficacité H2 ou H1: d'application au cas où un système de récupération d'énergie comme décrit au par. 2 ci-après est présent
- Rafraîchisseur à haut rendement : d'application quand il y a une batterie de refroidissement dont la température du fluide réfrigérant à l'entrée est $6^{\circ}C$ ou moins en-dessous de la température de l'air quittant la batterie.

2. Perte de charge maximale pour des éléments spécifiques des installations de traitement d'air

La puissance spécifique du ventilateur dépend de la hauteur manométrique et du rendement du ventilateur et de son moteur. Il est donc important que cette hauteur manométrique soit limitée.

A cette fin les pertes de charge des éléments spécifiques des installations de traitement d'air ne peuvent pas dépasser les valeurs maximales suivantes, sauf impositions contraires au cahier spécial des charges ou dans les impositions du chapitre C du présent cahier des charges type.

Remarque importante : le respect de ces valeurs maximales n'implique pas automatiquement que l'on satisfasse aux classes SFP, telles qu'imposées ci-dessus.

<u>Elément</u>	<u>Perte de charge maximale</u>
Réseau de conduits d'air pulsion (*)	300 Pa (valeur recommandée)
Réseau de conduits d'air extraction (*)	200 Pa (valeur recommandée)
Batterie de chauffage	50 Pa
Batterie de refroidissement	100 Pa
Système de récupération d'énergie	150 Pa
Humidificateur	50 Pa
Humidificateur à pulvérisation	100 Pa
Filtre à air classe G1/G2	40 Pa (perte de charge initiale)
Filtre à air classe G3/G4	50 Pa (perte de charge initiale)
Filtre à air classe M5	80 Pa (perte de charge initiale)
Filtre à air classe M6	90 Pa (perte de charge initiale)
Filtre à air classe F7	120 Pa (perte de charge initiale)
Filtre à air classe F8/F9	150 Pa (perte de charge initiale)
Silencieux	50 Pa
Clapet coupe-feu	20 Pa
Grille d'air	20 Pa

Remarque (*) : ceci concerne le réseau de conduits d'air dans sa totalité; y compris: silencieux, clapets coupe-feu, grilles d'air, clapets de réglage, régulateurs de débit, conduits d'amenée d'air frais / d'évacuation d'air vicié.

ARTICLE B5. PAR. 2. RECUPERATION DE CHALEUR DANS LES INSTALLATIONS DE VENTILATION

Tous les groupes de traitement d'air (composés d'un groupe de pulsion et d'extraction, intégrés ou non dans un seul appareil, et équipés d'au moins une batterie de chauffage ou de refroidissement) avec un débit d'air neuf dépassant 2.000 m³/h doivent être équipés d'un système de récupération d'énergie.

L'efficacité thermique (η_t) et hygrométrique (η_x) du système de récupération d'énergie doit satisfaire aux valeurs minimales suivantes en fonction du type de locaux qui sont desservis par le groupe de traitement d'air.

- Locaux à occupation principalement humaine (bureaux, salles, classes, salles de séjour, zones de circulation, salles polyvalentes, restaurants, archives, expositions,...) :
 $\eta_t \geq 0,75$; $\eta_x \geq 0,7$
- Locaux avec une activité qui génère une certaine forme de pollution de l'air (douches, laboratoires, ateliers,...)
 $\eta_t \geq 0,55$; η_x : pas d'exigence
- Pour de l'air provenant de hottes de cuisine le système de récupération d'énergie n'est pas exigé.

Remarques:

- Quand un groupe de traitement d'air dessert des locaux appartenant à diverses catégories, telles que décrites ci-dessus, c'est le type des locaux avec le plus grand débit d'air qui détermine le rendement exigé.
- Les valeurs mentionnées pour les rendements valent suivant les dispositions de l'art. C17 par. 3 point 1.1.
- Pour un groupe de traitement d'air qui travaille également avec de l'air recyclé, le rendement exigé doit être obtenu au débit maximum d'air neuf pendant un fonctionnement en chauffage ou refroidissement.

ARTICLE B5. PAR. 3. CLASSES ENERGETIQUES DES MOTEURS ELECTRIQUES

Les exigences de ce paragraphe s'appliquent aux moteurs électriques refroidis par air entraînant des pompes pour liquides, des ventilateurs ou des compresseurs de machines frigorifiques ou pompes à chaleur.

En application du règlement CE 640/2009 concernant les exigences relatives à l'écoconception, et pour autant qu'ils entrent dans le champ d'application de ce règlement, les moteurs de puissance nominale $\geq 0,75$ kW doivent :

- Soit avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement **IE3**
- Soit atteindre le niveau de rendement IE2 et être équipés d'un variateur de vitesse.

Le niveau de rendement est établi selon NBN EN 60034-30 ; le label mentionnant le niveau de rendement doit figurer sur la plaque du moteur.

CHAPITRE C

PRESCRIPTIONS RELATIVES AU MATERIEL ET CODE DE BONNE PRATIQUE

CONTENU

ARTICLE C1.	GENERATEURS DE CHALEUR ET BRULEURS	Edition 1990
ARTICLE C2.	ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE	Edition 1990
ARTICLE C3.	EVACUATION DES PRODUITS DE LA COMBUSTION	Edition 2014
ARTICLE C4.	PRODUCTION DE FROID ET POMPES A CHALEUR	Edition 1990
ARTICLE C5.	SYSTEMES D'EXPANSION ET DE SECURITE	Edition 1990
ARTICLE C6.	TUYAUTERIES	Edition 1990
ARTICLE C7.	ROBINETTERIE	Edition 1990
ARTICLE C8.	POMPES ET CIRCULATEURS	Edition 2014
ARTICLE C9.	ECHANGEURS DE CHALEUR ET ACCUMULATEURS	Edition 2014
ARTICLE C10.	CORPS DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT	Edition 1990
ARTICLE C11.	HUMIDIFICATEURS	Edition 2014

CAHIER DES CHARGES TYPE N° 105

ARTICLE C12.	CAISSONS DE TRAITEMENT D'AIR	Edition 2014
ARTICLE C13.	VENTILATEURS	Edition 2014
ARTICLE C14.	CONDUITS D'AIR	Edition 2014
ARTICLE C15.	UNITES TERMINALES OU INTERMEDIAIRES DE CIRCUITS D'AIR	Edition 1990
ARTICLE C16.	FILTRES A AIR	Edition 2014
ARTICLE C17.	RECUPERATION DE CHALEUR	Edition 2014
ARTICLE C18.	TRAITEMENT DES EAUX	Edition 1990
ARTICLE C19.	GROUPES HYDROPHORES	Pour mémoire
ARTICLE C21.	REGULATION AUTOMATIQUE	Edition 2014
ARTICLE C22.	APPAREILLAGE ELECTRIQUE	Edition 1990
ARTICLE C23.	APPAREILS DE MESURE ET DE CONTRÔLE	Edition 1990
ARTICLE C24.	SECURITE INCENDIE	Edition 2014
ARTICLE C39.	TRAVAUX ANNEXES	Edition 1990
ARTICLE C40.	PROTECTION DES METAUX CONTRE LA CORROSION	Edition 1990
ARTICLE C41.	CALORIFUGE	Edition 1990

ARTICLE C1. - GENERATEURS DE CHALEUR ET BRULEURS

ARTICLE C1. PAR. 1. - CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES
CHAUDIERES - ESSAI PREALABLE

1. Procès-verbal d'essai

Dans les conditions stipulées à l'art. 3. par. 3. des conditions administratives du présent cahier des charges-type, l'installateur soumet à l'administration les procès-verbaux d'essais de l'ensemble chaudière-brûleur qu'il propose, conformément aux dispositions de l'arrêté royal du 11 mars 1988 relatif aux exigences en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie auxquelles doivent satisfaire les générateurs de chaleur.

Le procès-verbal atteste :

- que la puissance calorifique obtenue lors de l'essai est au moins égale à la puissance calorifique nominale,
- que les caractéristiques de fonctionnement satisfont aux exigences des normes en la matière (NBN D 06-001 et suivantes), du présent cahier des charges-type, du cahier spécial des charges et/ou tout autre document contractuel.

2. Prescription complétant celles des normes (D 06-001 et suivantes)

Sauf prescription contraire du cahier spécial des charges, la pression à la boîte à fumées, mesurée au cours de l'essai préalable, ne peut être positive.

ARTICLE C1. PAR. 2. - CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES CHAUDIERES SUR PLACE

1. Remarque

Par chaudière, il faut entendre la chaudière proprement dite munie de tous les organes de combustion.

2. Conditions de fonctionnement

Chaque chaudière doit être étudiée et la régulation de l'admission d'air (primaire et secondaire) doit se faire de telle façon que les caractéristiques de fonctionnement indiquées dans le tableau ci-après soient obtenues durant l'essai sur place effectué suivant les dispositions décrits dans l'art. E1. des conditions techniques du présent cahier des charges-type.

De plus, sauf prescription contraire du cahier spécial des charges, la pression au droit des prises d'essais, mesurée au cours du même essai sur place, ne peut être positive.

Combustible	Système de combustion ou type de brûleur	Puissance garantie (kW)	Limite de validité de l'essai (% de la puissance garantie)	Teneur en CO ₂ (%)		Teneur en CO (%)		Indice Bacharach		Excès de la température des gaz de combustion par rapport à la température ambiante (°C)			
				Requis ≥	Refus ≤	Requis ≤	Refus ≥	Requis ≤	Refus ≥	Requis ≤	Refus ≥	Moyenne	Maximum
Charbon M.V. ≤ 12% net sec	Tirage naturel et chargement manuel	quelconque	80 - 110	8	6	0,5	2	-	-	280	320	320	340
	Chauffe automatique	quelconque	90 - 110	10	8	0,5	2	-	-	280	310	310	330
Huiles	Chauffe automatique	quelconque	90 - 110	10	8	0,5	2	-	-	280	310	310	330
	Brûleur "tout ou rien"	quelconque	98 - 105	11	10	0,1	0,3	2-2-2	3-3-3	260	270	280	280
	Brûleur "tout ou peu" ou "tout ou peu progressif"	≤ 750	40 - 60 98 - 105	10 11	10 10	0,1 0,1	0,3 0,3	2-2-2-2 2-2-2-2	3-3-3-3 3-3-3-3	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280
	Brûleur "tout ou peu" ou "tout ou peu progressif"	> 750	40 - 60 98 - 105	10 12	10 10	0,1 0,1	0,3 0,3	1-1-2-2 1-1-2-2	3-3-3-3 3-3-3-3	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280
	Brûleur "progressif par paliers" ou "modulant"	≤ 750	40 - 60 98 - 105	10 11	10 10	0,1 0,1	0,3 0,3	2-2-2-2 2-2-2-2	3-3-3-3 3-3-3-3	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280
	Brûleur "progressif par paliers" ou "modulant"	> 750	40 - 60 98 - 105	10 12	10 10	0,1 0,1	0,3 0,3	1-1-2-2 1-1-2-2	3-3-3-3 3-3-3-3	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280
Gaz naturel de Slochteren	Brûleur à air pulsé "tout ou rien"	quelconque	98 - 105	9,7	8,3	0,1	0,2	-	-	260	270	280	280
	Brûleur à air pulsé "tout ou peu" ou "tout ou peu progressif"	quelconque	40 - 60 98 - 105	8,3 9,7	7,8 8,3	0,1 0,1	0,2 0,2	-	-	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280
	Brûleur à air pulsé "progressif par paliers" ou "modulant"	quelconque	40 - 60 98 - 105	9,0 9,7	8,3 8,3	0,1 0,1	0,2 0,2	-	-	≥ 135 260	≤ 125 270	- 280	280

Le tableau appelle les remarques et les compléments suivants

1. Si d'autres charbons que le charbon "M.V. ≤ 12 %" ou le charbon gras B sont utilisés, le cahier spécial des charges définit les caractéristiques de fonctionnement.
2. Dans le cas de chauffe aux combustibles solides, l'indice pondéral moyen des gaz de combustion est, sous peine de refus, inférieur ou égal à 0,6 g/4,185 MJ produites au foyer (1 kcal = 4.185,5 J).
3. Dans le cas de chauffe aux combustibles liquides, le papier filtre utilisé lors des essais de mesure de l'indice de noircissement des fumées ne peut, sous peine de refus, présenter aucune trace visible d'huile.
4. Pour les chaudières équipées de brûleurs modulant à huiles combustibles, les conditions suivantes doivent être obtenues, sous peine de refus, aux allures correspondant à 75 %, 50 % et 25 % de la plage de modulation :
 - % CO₂ > 10
 - indice Bacharach < 3
 - excès maximal de la température des gaz de combustion par rapport à la température ambiante < 280° C
5. Pour les chaudières équipées de brûleurs à huiles combustibles du type "tout ou rien" d'une puissance garantie inférieure à 60 kW, le pourcentage de CO₂ requis est ramené à 9,5 % et la valeur de refus à 9 %.
6. Pour les chaudières d'une puissance garantie de moins de 750 kW, à foyer en surpression, les valeurs d'indice Bacharach requises sont ramenées à celles indiquées dans le tableau pour les chaudières de plus de 750 kW.
7. Pour les chaudières équipées de brûleurs à gaz atmosphérique, les exigences en matière de limites de validité de l'essai, de teneur en CO et de température des gaz de combustion sont identiques à celles fixées dans le tableau pour les chaudières équipées de brûleurs à air pulsé.

La teneur en CO à considérer est celle que l'on calcule suivant la formule :

$$CO_{\text{calculé}} = CO_{\text{mesuré}} \times \frac{CO_2 \text{ théorique}}{CO_2 \text{ mesuré}}$$

Les valeurs mesurées se rapportant au même point.

Aucun pourcentage de CO₂ n'est imposé, mais la perte par chaleur sensible, calculée par la formule :

$$\left[1 + \frac{36}{\% \text{ CO}_2}\right] \frac{T - t}{100}$$

où :

% CO₂ = pourcentage en CO₂, mesuré

T = température des gaz de combustion, mesurée au même point

t = température de l'air ambiant

ne peut dépasser un pourcentage égal à

- a. 100 [1 - (0,758 + 0,03 log P)]

pour des puissance inférieures à 1.163 kW, P étant la puissance garantie (en kW)

- b. 15 %

pour des puissances supérieures à 1.163 kW

8. Les valeurs successives indiquées pour l'indice Bacharach se rapportent, dans l'ordre, aux combustibles suivants :

- combustibles A et B (gasoil et fuel oil léger)
- combustibles C (fuel oil intermédiaire)
- combustibles D (fuel oil lourd)
- combustibles E (fuel oil extra lourd)

9. Les valeurs du tableau s'entendent :

- pour les chaudières au charbon à tirage naturel :
avec clapet d'entrée d'air calé à la position correspondant à la puissance garantie
- pour les chaudières au charbon automatique :
avec ventilateur en fonctionnement continu
- pour les chaudières au fuel ou au gaz à brûleurs "tout ou rien" :
avec brûleur en fonctionnement continu
- pour les chaudières au fuel ou au gaz à brûleurs "tout ou peu", "tout ou peu progressif", "progressif par paliers" ou "modulants" :
avec brûleur en fonctionnement continu grande flamme, ou continu petite flamme

ARTICLE C1. PAR.3. - CARACTERISTIQUES DE CONSTRUCTION DES CHAUDIERES

1. Le foyer de la chaudière ne peut comporter aucune partie qui ne soit pas directement refroidie par l'eau, exception faite pour les portes et les supports de grilles.
2. Toute chaudière pouvant fonctionner le foyer étant soit en pression soit en dépression suivant l'allure demandée et/ou la dépression à la cheminée, est considérée comme chaudière à foyer en pression et doit donc satisfaire aux prescriptions de la norme NBN D 06-001 en la matière.
3. L'entrepreneur est tenu de fournir une attestation émanant du constructeur de la chaudière déclarant si, oui ou non, une circulation permanente d'eau doit être assurée dans la chaudière et, dans l'affirmative, à combien s'élève le débit minimal.
L'entrepreneur prend, à ses frais, toutes les dispositions voulues pour assurer la circulation d'eau nécessaire d'après cette attestation du constructeur de la chaudière.
Le brûleur est mis impérativement à l'arrêt si la circulation nécessaire n'est pas réalisée.
4. La perte de pression dans le circuit des fumées de la chaudière, déterminée au cours de l'essai en laboratoire, ne peut dépasser la valeur donnée, en fonction de la puissance calorifique, par le diagramme ci-dessous.

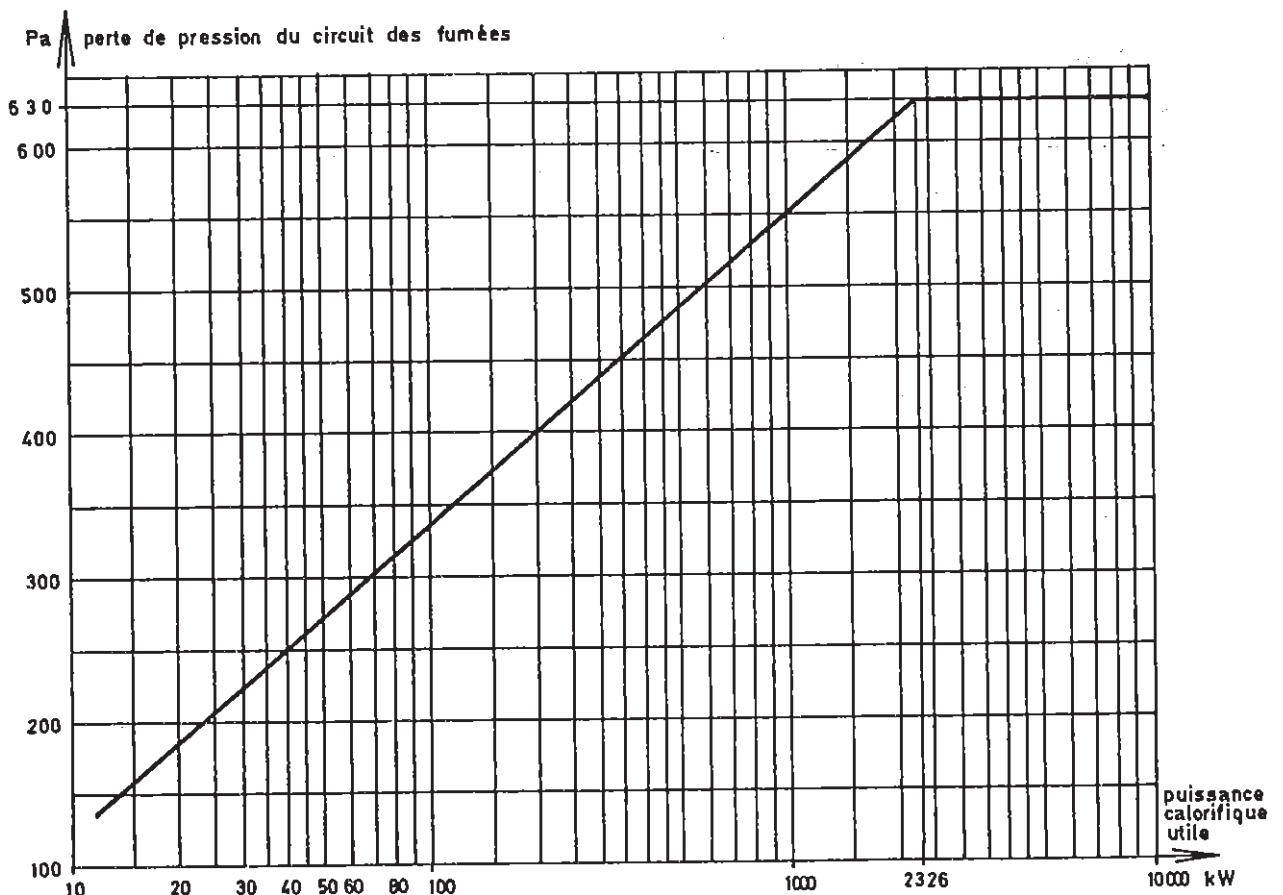


Fig. C1.3.-1.

5. Chaudière à gaz équipées d'un brûleur atmosphérique

5.1.

Les chaudières équipées d'un brûleur atmosphérique appartiennent à la catégorie I2, c.a.d. qu'elles sont construites de manière à pouvoir fonctionner correctement lorsqu'elles sont alimentées en un gaz quelconque de la deuxième famille (indice de Wobbe, à 0° C, sur pouvoir calorifique supérieur, compris entre 43,2 et 57,9 MJ/m³), le remplacement d'un de ces gaz par un autre étant accompagné d'une modification de la pression d'alimentation à l'entrée des brûleurs, de façon à maintenir le débit calorifique constant à ± 5 % près, mais ne nécessitant aucune intervention sur les appareils.

Toutefois, lorsque le débit calorifique nominal du brûleur est supérieur à 120 kW, les chaudières peuvent appartenir à la catégorie I 2R, c.à.d. être construites de manière à pouvoir fonctionner correctement lorsqu'elles sont alimentées en un gaz quelconque de la deuxième famille, le remplacement d'une de ces gaz par un autre étant accompagné d'une modification de la pression d'alimentation à l'entrée des brûleurs de façon à maintenir le débit calorifique constant à ± 5 % près, mais ne nécessitant aucune intervention sur les appareils sauf une modification du réglage du régulateur de pression monté sur la canalisation d'amenée de gaz.

5.2.

Les chaudières équipées d'un brûleur atmosphérique sont du type B1, c.à.d. que l'air comburant est prélevé dans le local où l'appareil est installé et que l'évacuation des produits de la combustion se fait par tirage naturel.

5.3.

Le raccordement au conduit d'évacuation se fait par l'intermédiaire d'une buse d'évacuation précédée d'un coupe-tirage anti-refouleur ou tout autre dispositif équivalent garantissant l'indépendance des conditions de marche de l'appareil vis-à-vis du tirage de la cheminée d'évacuation.

Ce dispositif doit être solidaire de l'appareil et placé à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe.

a. Si l'orifice d'évacuation est de forme circulaire, le diamètre intérieur (D) est supérieur à la valeur suivante :

- pour les chaudières dont le débit calorifique est inférieur ou égal à 58.150 W, la valeur est calculée selon la formule :

$$D \text{ (en mm)} = 81 \log Q - 241$$

où Q = débit calorifique, en W.

- pour les chaudières dont le débit calorifique est supérieur à 58.150 W, la valeur est calculée selon la formule :

$$D \text{ (en mm)} = 16,7 \sqrt{Q}$$

où Q = débit calorifique, en kW

Il doit être possible d'emboîter dans l'orifice d'évacuation un tuyau d'un diamètre extérieur de (D-2) mm sur une longueur au moins égale à D/E mm, mais il doit être impossible de l'enfoncer à une profondeur telle que l'évacuation des produits de combustion en soit perturbée.

- b. Si l'orifice d'évacuation n'est pas de forme circulaire, la section minimale à prévoir résulte de la formule :

$$\frac{S}{P} = \frac{D}{4}$$

dans laquelle :

S = la section minimale à prévoir, en mm²

P = le périmètre de cette section, en mm

D = le diamètre résultant des formules précédentes, en mm

Il doit, dans ce cas, être possible d'y emboîter un tuyau de section semblable avec un périmètre extérieur de (P-8) mm sur une longueur au moins égale à P/12 mm, mais il doit être impossible de l'enfoncer à une profondeur telle que l'évacuation des produits de la combustion en soit perturbée.

Toutefois, pour un raccordement vertical, la longueur d'emboîtement peut être réduite à 15 mm.

ARTICLE 1. PAR. 4. - BRULEURS - PRESCRIPTIONS COMMUNES A TOUS LES TYPES

1. Montage du brûleur sur le générateur

Si l'entretien et les réparations du brûleur impliquent son démontage, le brûleur est fixé au générateur d'une façon facilement démontable.

Le brûleur et la canalisation d'aménée de combustible - et, le cas échéant, la canalisation de retour - sont montés de telle manière que la dépose du brûleur puisse être effectuée sans démontage de plus d'un raccord sur chacune de ces canalisations. Lorsque le brûleur est monté sur une porte foyère pivotante, il doit être possible d'ouvrir celle-ci sans déposer le brûleur, sans démonter plus d'un raccord sur chaque canalisation d'aménée ou de retour de combustible et sans déconnecter aucune canalisation électrique.

Les vibrations du brûleur ne peuvent être transmises à l'installation ni au bâtiment.

2. Entretien

Le brûleur est d'une marque disposant dans le pays d'un service d'entretien parfaitement organisé et d'un stock de pièces de rechange adéquat.

Des références sont produites par l'entrepreneur.

ARTICLE C1. PAR. 5. - BRULEURS A GAZ

1. Conditions applicables à tous les brûleurs

1.1. Terminologie

1.1.1. Brûleur principal

Brûleur destiné à assurer la fonction thermique du générateur.

1.1.2. Brûleur d'allumage ou veilleuse

Brûleur auxiliaire destiné à allumer le brûleur principal au moyen d'une flamme.

On distingue, entre autres :

- le brûleur d'allumage intermittent, qui s'allume pour chaque allumage du brûleur principal et se coupe à la fin de la période d'établissement de la flamme du brûleur principal
- le brûleur d'allumage semi-permanent simultané, qui s'allume pour chaque allumage du brûleur principal et se coupe en même temps que ce dernier
- le brûleur d'allumage permanent

1.1.3. Temps de sécurité à l'allumage d'un brûleur
(principal ou d'allumage)

Temps qui s'écoule entre l'ordre d'ouverture au robinet d'admission du gaz au brûleur et l'ordre de fermeture à ce même robinet en cas d'anomalie à l'allumage.

1.1.4. Temps de sécurité en fonctionnement d'un brûleur
(principal ou d'allumage)

Temps qui s'écoule entre l'apparition d'une perturbation de la flamme et l'ordre de fermeture au robinet d'admission de gaz au brûleur.

1.1.5. Temps de fermeture d'un robinet

Temps qui s'écoule entre l'ordre de fermeture donné à un robinet et la fermeture complète de celui-ci.

1.1.6. Temps total de sécurité

Somme du temps de sécurité à l'allumage ou en fonctionnement et du temps de fermeture.

1.1.7. Verrouillage

Coupure automatique de l'arrivée de gaz au brûleur qui ne peut être levée que par une intervention manuelle.
Cette coupure empêche la création d'une situation dangereuse.

1.1.8. Dispositif de surveillance de flamme d'un brûleur (brûleur principal ou d'allumage)

Dispositif qui, dès l'apparition de conditions de fonctionnement anormales du brûleur qu'il contrôle, verrouille l'arrivée de gaz à ce brûleur.

1.1.9. Débit calorifique

Le débit calorifique d'un brûleur est égal au produit du débit volumique de gaz par le pouvoir calorifique inférieur de celui-ci.

Le débit calorifique s'obtient donc par la formule suivante :

$$Q = \frac{V_N \times H_i}{3,6}$$

où Q est le débit calorifique, exprimé en kW

V_N est le débit normal volumique, exprimé en Nm³/h

H_i est le pouvoir calorifique, exprimé en MJ/m³

1.1.10. Débit calorifique d'allumage d'un brûleur (brûleur principal ou d'allumage)

Débit calorifique auquel le brûleur s'allume.

1.1.11. Débit calorifique de démarrage d'un brûleur (brûleur principal ou d'allumage)

Débit calorifique du brûleur au moment où le temps de sécurité à l'allumage de ce brûleur est écoulé.

Ce débit est :

- soit un débit fixe, atteint (de façon rapide ou progressive) dès avant l'expiration du temps de sécurité
- soit le débit instantané atteint, au cours de l'ouverture progressive d'un robinet, au moment où s'achève le temps de sécurité à l'allumage

1.1.12. Débit calorifique nominal

Débit calorifique maximal pour lequel le brûleur peut être réglé lorsqu'il est placé sur un générateur avec foyer en pression ou dépression suivant le cas. Il est fixé par le constructeur du brûleur et vérifié en laboratoire.

1.1.13. Filtre

Dispositif capable de retenir toutes les particules de diamètre supérieur ou égal à 50 micromètres véhiculées par le gaz.

1.1.14. Régulateur de pression

Appareil qui permet de maintenir la pression aval d'un fluide à une valeur fixe ou à une valeur variant suivant une loi choisie.

1.1.15. Contacteur manométrique (manostat, pressiostat)

Appareil détectant la pression et commandant l'intervention d'un appareil de réglage ou de sécurité.

1.1.16. Robinets

1.1.16.1. Robinet de fermeture de sécurité

Appareil, placé dans une canalisation, permettant d'interrompre automatiquement le débit de gaz suite à l'action d'un organe de sécurité ou de réglage, et satisfaisant à toutes les conditions énumérées au point 1.2.3.4. ci-après.

1.1.16.2. Robinet de fermeture

Appareil, placé dans une canalisation, permettant d'interrompre automatiquement le débit de gaz suite à l'action d'un organe de sécurité ou de réglage, et satisfaisant aux conditions énumérées au point 1.2.3.4. ci-après, à l'exception de la 5ème.

1.1.16.3. Robinet de régulation

Appareil, placé dans une canalisation, permettant de faire varier et éventuellement d'interrompre automatiquement le débit de gaz suite à l'action d'un organe de sécurité ou de réglage, et satisfaisant aux conditions énumérées au point 1.2.3.4. ci-après, à l'exception des 1ère, 5ème et 7ème.

1.1.17. Organes de mélange du gaz et de l'air

Dispositifs assurant le mélange du gaz et de l'air et permettant un réglage dans les proportions voulues.

1.1.18. Coffret de coordination

Appareil organisant suivant un programme préétabli la succession des phases de fonctionnement des appareils auxiliaires suite à une action manuelle ou automatique.

1.1.19. Alarme

Signal sonore, visuel ou audio-visuel, indiquant un arrêt ou une condition de fonctionnement anormale d'un organe surveillé.

1.1.20. Prébalayage

Introduction d'air dans la chambre de combustion et les conduits d'évacuation des produits de la combustion assurant une dilution suffisante de mélanges pouvant contenir des éléments combustibles, avant que les opérations d'allumage ne débutent.

1.1.21. Étanchéité

1.1.21.1. Étanchéité externe

L'étanchéité externe est l'étanchéité régnant entre les enceintes contenant le gaz combustible et l'ambiance.

1.1.21.2. Étanchéité interne

L'étanchéité interne est l'étanchéité d'un obturateur, en position fermée, qui sépare une enceinte contenant le gaz combustible d'une autre enceinte pouvant le contenir également.

1.1.22. Pression

Si le terme "pression" n'est pas précisé davantage, il désigne la pression effective, c'est-à-dire celle mesurée au-delà de la pression atmosphérique.

1.1.23. Sécurité positive

Appliqué aux dispositifs de sécurité, le qualificatif "positive" signifie que ces appareils verrouillent l'arrivée de gaz en cas de défaillance ou de destruction d'un organe, de condition anormale du fluide moteur ou du courant électrique, ou de manque de signal de commande.

Toutefois, en cas d'interruption du courant électrique, le verrouillage n'est pas exigé mais le cycle de fonctionnement du brûleur doit reprendre à son point de départ dès le retour aux conditions normales.

1.1.24. Circuit de gaz du brûleur

Par circuit de gaz on entend la (ou les) canalisation(s) d'amenée de gaz au brûleur en ce compris l'ensemble de l'équipement placé sur cette (ou ces) canalisation(s), le tout limité en amont par le robinet d'arrêt manuel précédant immédiatement le reste de l'équipement.

1.2. Caractéristiques des organes des brûleurs

1.2.1. Généralités

Les organes susceptibles d'usure doivent être facilement interchangeables au moyen de l'outillage courant.

Tous les organes doivent pouvoir être démontés et nettoyés sans que le démontage, le nettoyage ou le remontage entraînent une détérioration de l'un d'eux.

Si un assemblage comporte un ou plusieurs joints, ceux-ci doivent être remplacés après tout démontage de cet assemblage.

Tout desserrage ou dérèglement accidentel d'un organe au cours du fonctionnement doit être rendu impossible par l'emploi d'un frein approprié (rondelles, goupilles, ...) ou par une disposition spéciale des surfaces en contact. L'utilisation à cette fin de mastic, peinture, ... est interdite.

Les organes des brûleurs doivent être adaptés au gaz distribué et résister aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques auxquelles ils peuvent être soumis dans les conditions normales d'utilisation.

1.2.2. Equipement électrique

Toutes les parties sous basse et moyenne tension sont isolées. Toutes les parties sous haute tension qui sont isolées doivent être sous boîtier et toutes celles qui sont nues doivent être sous boîtier blindé ; cette dernière imposition n'est pas applicable à la partie active des électrodes d'allumage.

(N.B. : les basse, moyenne et haute tensions sont définies dans le Règlement Technique élaboré par le C.E.T., 1972)

Les dispositifs d'allumage automatique répondent à l'A.R. du 1978.06.08 (M.B. du 1978.10.19).

L'équipement doit être réalisé de manière à éviter qu'une mise à la masse accidentelle dans le circuit de commande des robinets puisse provoquer un fonctionnement incorrect de l'installation.

1.2.3. Organes du circuit de gaz

1.2.3.1. Tuyauteries et robinetterie en général

Les tuyauteries et la robinetterie doivent :

- être montées de manière à éviter tout dérèglement, toute fuite ou tout déplacement dû aux efforts normaux appliqués lors de l'installation
- permettre un démontage et remontage aisé des appareillages devant être remplacés ou inspectés

Les diamètres des tuyauteries et de la robinetterie sont déterminés par l'entrepreneur en fonction de la pression normale disponible et des caractéristiques du matériel proposé.

1.2.3.2. Robinet d'arrêt manuel

La canalisation d'amenée de gaz au brûleur est munie, immédiatement en amont de l'ensemble de l'équipement, d'un robinet d'arrêt manuel satisfaisant aux conditions de l'article C7.

1.2.3.3. Filtre

La canalisation d'amenée de gaz au brûleur est munie d'un filtre disposé en aval du robinet d'arrêt manuel et en amont de tout autre équipement.

Il est construit de telle façon que les impuretés ne puissent être entraînées vers l'aval à l'occasion d'un entretien ou d'un démontage.

Le filtre est indéformable, présente une étanchéité externe totale et est facilement nettoyable.

Toutefois, lorsque le filtre est incorporé au bloc combiné (voir point 4. ci-après), cette dernière caractéristique n'est pas requise.

1.2.3.4. Robinet de fermeture de sécurité

Les robinets de fermeture de sécurité répondent aux conditions suivantes :

1. Ils sont du type à sécurité positive.
2. Ils portent une marque indélébile indiquant le sens normal de l'écoulement du gaz. Ils sont pourvus d'une plaque signalétique renseignant le nom, l'adresse du constructeur et la marque déposée éventuelle, le numéro d'ordre de fabrication, la pression maximale d'utilisation, la nature et l'intensité du courant électrique,
3. Dans la plage de température allant de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ et soumis à une pression de gaz variant de 800 Pa à 1,5 fois la pression maximale d'utilisation avec un minimum de 15.000 Pa, ils ne peuvent présenter une fuite externe supérieure à 50 cm³/h.
Le contrôle de l'étanchéité est effectué en position ouverte.

4. Dans la plage de température allant de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ et soumis, dans le sens normal d'écoulement du gaz, à une pression de gaz variant de 800 Pa à 1,5 fois la pression maximale d'utilisation avec un minimum de 15.000 Pa, ils ne peuvent présenter, en position fermée, une fuite interne supérieure aux valeurs reprises dans le tableau ci-dessous.

Diamètre nominal DN	Fuite interne maximale (cm^3/h)
≤ 25	15
32	20
40	25
50	30
65	40
80	45
100	60
> 100	90

5. A la température ambiante de 20°C , et soumis à une pression de 5.000 Pa dans le sens contraire au sens normal d'écoulement du gaz, ils ne peuvent présenter, en position fermée, une fuite interne supérieure aux valeurs reprises dans le tableau au point 4. ci-avant.
6. Soumis à une pression de 1,5 fois la pression maximale d'utilisation avec un minimum de 15.000 Pa, ils s'ouvrent sous toutes les tensions électriques comprises entre 85 et 110 % de la tension nominale.
7. Dans la plage de température de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$, le temps de fermeture des robinets est inférieur ou égal à 1 seconde.
8. Après un essai d'endurance de 100.000 manoeuvres, les robinets répondent encore aux critères indiqués ci-dessus.
9. Le constructeur fournit les instructions de montage et d'entretien des robinets et renseigne le débit de gaz correspondant à une perte de pression de 100 Pa sous une pression d'alimentation de 2.500 Pa.

1.2.3.5. Robinet de fermeture

Les robinets de fermeture satisfont aux conditions énumérées au point 1.2.3.4. ci-dessus, à l'exception de la 5.

1.2.3.6. Robinet de régulation

Les robinets de régulation satisfont aux conditions énumérées au point 1.2.3.4. ci-dessus, à l'exception des 1, 5 et 7.

1.2.3.7. Manomètre et orifice de prise de pression

La canalisation d'aménée de gaz au brûleur principal est munie, immédiatement en amont du brûleur, d'un manomètre suivi d'un orifice de prise de pression placé en un endroit judicieusement choisi de façon à permettre la mesure.

Cet orifice présente un diamètre extérieur de 9 mm (tolérance en plus : 0 ; tolérance en moins : 0,5 mm) et une longueur utile d'au moins 10 mm afin de permettre l'emboîtement d'un tuyau. Le diamètre de l'alésage ne dépasse pas 1 mm.

1.2.3.8. Contrôle de l'étanchéité

1.2.3.8.1. Etanchéité des éléments du circuit de gaz

L'entrepreneur doit pouvoir fournir à l'administration, à la demande de celle-ci, les procès-verbaux d'essais en laboratoire relatifs à l'étanchéité externe et interne des éléments du circuit de gaz.

1.2.3.8.2. Etanchéité externe du circuit de gaz dans son ensemble

L'ensemble de l'équipement représenté sur les schémas (voir point 5.) compris entre le robinet manuel et le(s) robinet(s) de régulation est soumis, avant la mise en service, à une pression d'air variant de 800 Pa à 1,5 fois la pression maximale d'utilisation, avec un minimum de 15.000 Pa.

Quel que soit le nombre de composants montés en série ou en parallèle, l'ensemble ne peut présenter une fuite externe supérieure à 140 cm³/h.

Pendant l'essai, tous les organes du circuit de gaz sont maintenus en position ouverte.

1.2.4. Allumage

1.2.4.1. Conditions applicables à tous les types d'allumage

- a. L'allumage d'un brûleur (principal ou d'allumage) doit être correct dans toute sa plage de pressions d'alimentation.
- b. Le dispositif d'allumage d'un brûleur (principal ou d'allumage) doit pouvoir allumer celui-ci sans défaut à 80 % du débit calorifique d'allumage du brûleur.
- c. Lorsque l'allumage complet du brûleur principal s'étend sur plusieurs paliers de débit ou comporte la mise en service successive de plusieurs éléments de brûleur, l'allumage et l'inter-allumage doivent s'effectuer correctement.

- d. Lorsque le système d'allumage du brûleur principal est muni d'un dispositif surveillant son bon fonctionnement, l'organe d'admission du gaz au brûleur principal ne peut s'ouvrir qu'après réponse positive de ce dispositif de surveillance.
- e. Les processus d'allumage et d'inter-allumage non surveillés par un dispositif de surveillance doivent s'effectuer dans un délai inférieur ou égal à 5 secondes.

1.2.4.2. Allumage électrique direct

- a. L'allumage électrique direct n'est autorisé que pour un allumage à un débit calorifique de démarrage inférieur à 350 kW.

Deux cas sont donc possibles :

- 1. allumage électrique direct à plein débit au démarrage, autorisé pour les brûleurs de débit calorifique nominal inférieur à 350 kW
 - 2. allumage électrique direct à débit réduit au démarrage, toujours autorisé, ce débit réduit étant inférieur à 350 kW ; la limite inférieure de ce débit réduit est déterminée par les performances du brûleur
- b. L'ordre de mise sous tension du dispositif d'allumage électrique d'un brûleur doit être donné au plus tard en même temps que l'ordre d'ouverture de l'organe admettant le gaz à ce brûleur.

1.2.4.3. Allumage par brûleur d'allumage

- a. Ce type d'allumage est toujours autorisé.

Pour les brûleurs dont le débit calorifique nominal est inférieur à 350 kW, l'allumage peut s'effectuer directement avec plein débit au démarrage.

Pour les brûleurs dont le débit calorifique nominal est compris entre 350 et 1.050 kW, le débit de démarrage ne peut pas être supérieur à 350 kW.

Pour les brûleurs dont le débit calorifique nominal est supérieur à 1.050 kW, le débit de démarrage ne peut être supérieur au tiers du débit calorifique nominal.

La limite inférieure du débit de démarrage est déterminée par les performances du brûleur.

- b. L'alimentation en gaz du brûleur principal doit être coupée pendant le processus d'allumage de la veilleuse.

- c. Le dispositif électrique d'allumage d'une veilleuse doit être mis hors service avant que soit donné l'ordre d'ouverture de l'alimentation en gaz du brûleur principal.
- d. Lorsque la flamme de la veilleuse est surveillée par un dispositif thermo-électrique, l'inter-allumage doit s'effectuer correctement pour un débit décroissant aussi longtemps que le dispositif de surveillance n'agit pas.
- e. Lorsque la flamme de la veilleuse est surveillée par un dispositif électronique (par exemple ionisation, U.V., etc.), l'inter-allumage doit s'effectuer correctement pour un débit égal à 75 % du débit pour lequel le dispositif de surveillance ne transmet plus de signal suffisant.

1.2.5. Appareils de sécurité

1.2.5.1.

Les appareils de sécurité sont construits en matériaux résistant à toute influence nuisible provenant soit du milieu dans lequel ils sont installés soit de la pression.

1.2.5.2.

Ces appareils sont du type à sécurité positive.

1.2.5.3.

Après un essai d'endurance de 50.000 manoeuvres, les appareils de sécurité répondent encore aux critères qui leur sont imposés.

1.2.6. Mise en route

Pour les brûleurs à réglage de la puissance calorifique par "tout ou rien", d'un débit calorifique nominal supérieur à 350 kW, le passage du débit de démarrage au plein débit doit être progressif, c'est-à-dire :

- soit continu et s'étendant sur au moins 5 secondes
- soit continu mais interrompu par un palier de durée t , et s'étendant sur au moins $5\text{ s} + t$

La même exigence est applicable aux brûleurs à réglage "tout ou peu", "tout ou peu progressif", "progressif par paliers" ou "modulant" mis en route en "grande flamme" si le débit calorifique nominal de celle-ci est supérieur à 350 kW.

Pour les brûleurs à réglage "tout ou peu", "tout ou peu progressif", "progressif par paliers" ou "modulant" mis en route en "petite flamme", dont le débit calorifique à petite flamme est supérieur à 350 kW, le passage du débit de démarrage au débit de petite flamme doit également être progressif, au sens du premier alinéa ci-dessus.

1.3. Notices techniques d'installation, de réglage et d'entretien

Chaque brûleur doit être accompagné d'une notice technique pour l'installateur, donnant toutes les informations et indications nécessaires à l'installation correcte du brûleur et de ses accessoires, ainsi que la description des différents organes constitutifs en vue d'en assurer le contrôle périodique, l'entretien ou le remplacement.

La notice attire l'attention sur le fait que le bruit de fonctionnement de l'équipement de chauffe doit être minimal. A cet effet, la notice indique clairement les précautions à prendre pour assurer à l'ensemble de l'installation un niveau de bruit acceptable.

La notice précise les précautions à prendre lors de la première mise en route du brûleur. Elle indique en particulier qu'il y a lieu de contrôler si la durée du prébalayage fixée est suffisante pour faire passer dans le foyer un volume d'air au moins égal à cinq fois le volume à balayer.

1.4. Schémas

Les feuilles de documentation n° 26-10.0, 26-10 a et 26-10 b sont abrogées.

Les schémas représentant l'équipement des brûleurs figurent au point 5. ci-après.

2. Conditions particulières applicables aux brûleurs à air soufflé

2.0. Remarque préliminaire

Sont assimilés aux brûleurs à air soufflé, tous les brûleurs qui ne répondent pas à la définition des brûleurs atmosphériques.

Par brûleur atmosphérique on entend un brûleur dans lequel la seule force motrice qui amène l'air comburant aux orifices de formation de flamme est le gaz, employé à sa pression de distribution.

2.1. Organes du circuit de gaz

2.1.1. Détendeur - régulateur de pression

Le circuit de gaz est muni, après le filtre, d'un détendeur-régulateur permettant de maintenir la pression entre 90 et 110 % de la valeur choisie, appelée "pression de service". Cet appareil présente une étanchéité externe totale. Il est muni d'un dispositif limitant à 70 l/h au maximum le débit de gaz vers l'ambiance, en cas de rupture de la membrane.

2.1.2. Dispositif de contrôle de la pression de gaz

Le circuit de gaz est muni d'un dispositif verrouillant l'arrivée de gaz au brûleur lorsque la pression du gaz s'écarte des valeurs assurant le bon fonctionnement du brûleur. La limite supérieure est fixée à 120 % de la pression nominale du brûleur ; la limite inférieure est déterminée en fonction de la limite de bon fonctionnement du brûleur.

2.1.3. Robinets d'admission du gaz au brûleur

Toute voie d'admission du gaz au brûleur (qu'il soit principal ou d'allumage) comporte au moins un robinet de fermeture et un robinet de régulation placés "en série". L'ensemble est muni d'un dispositif de contrôle automatique d'étanchéité des deux robinets verrouillant l'installation dès que l'un d'entre-eux ne se ferme pas complètement. Ce dispositif contrôle la fermeture des robinets avant chaque mise en marche du brûleur.

2.2. Organes du circuit d'air de combustion

2.2.1. Ventilateur

Le ventilateur doit :

- être choisi de telle façon que sa plage de fonctionnement se trouve sur la partie stable de sa courbe caractéristique
- posséder, si un graissage est nécessaire, un dispositif de graissage pratique et facilement accessible

2.2.2. Contrôle de l'alimentation en air

Le circuit d'alimentation en air est muni pour le réglage du débit, qui doit être continu, d'un dispositif devant être bloqué dans la position requise. La course de ce dispositif est limitée afin d'éviter que des positions anormales puissent lui être données.

Le débit d'air doit toujours être adapté au débit de gaz de façon à obtenir, pour chaque débit calorifique prévu, une combustion stable et complète.

Le brûleur comporte un dispositif qui contrôle :

- soit la présence du débit d'air

- soit la présence de la pression d'air

Ce dispositif verrouille l'installation lorsque l'alimentation en air qu'il contrôle (y compris les opérations de prébalayage) n'est pas compatible avec le bon fonctionnement de l'équipement de chauffe.

2.3. Prébalayage

Le prébalayage du foyer du générateur et des diverses parties du circuit d'évacuation des produits de combustion est obligatoire au cours de toute opération d'allumage ou de réallumage.

La durée du prébalayage ne peut être inférieure à 30 secondes avec un débit d'air correspondant au débit d'air à débit calorifique nominal du brûleur. Si le débit d'air de prébalayage est inférieur au débit d'air à débit calorifique nominal du brûleur, le temps de prébalayage doit être prolongé en conséquence.

Avant la mise en service, le constructeur du brûleur contrôle si la durée de prébalayage fixée ci-dessus est suffisante pour faire passer dans le foyer un volume d'air au moins égal à cinq fois le volume à balayer. Sinon, la durée de prébalayage doit être prolongée de façon à garantir le passage d'un tel volume d'air dans le foyer.

2.4. Allumage

Le brûleur d'allumage éventuel est du type intermittent ou semi-permanent simultané.

Son débit calorifique est fixe et inférieur à 10 % du débit calorifique nominal du brûleur principal.

2.5. Appareils de sécurité

2.5.1.

Le brûleur principal et le brûleur d'allumage éventuel sont chacun sous le contrôle d'un dispositif de surveillance de flamme.

Toutefois, pour le brûleur d'allumage, en cas de non allumage au premier essai, une deuxième tentative peut être faite après une attente de 60 secondes ; l'installation n'est verrouillée qu'en cas de non allumage lors de ce second essai.

En cas d'action du dispositif de surveillance de flamme du brûleur d'allumage l'arrivée de gaz au brûleur principal est verrouillée également.

2.5.2.

L'emplacement de l'élément sensible du dispositif de surveillance de flamme est choisi de manière à assurer le contrôle de l'allumage complet du brûleur.

2.5.3.

Si, avant que l'ordre d'allumage ait été donné à un brûleur, il existe un signal de flamme à ce brûleur, le passage de gaz ne peut pas s'ouvrir.

2.6. Temps de sécurité

2.6.1. Temps de sécurité en fonctionnement

Le temps de sécurité en fonctionnement du brûleur d'allumage éventuel et du brûleur principal est inférieur ou égal à 1 seconde.

2.6.2. Temps de sécurité à l'allumage

2.6.2.1. Allumage électrique direct

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur doit être au plus égal à 3 s en cas d'allumage électrique direct à un débit supérieur à 120 kW, et à 5 s pour un allumage électrique direct à un débit inférieur ou égal à 120 kW.

2.6.2.2. Allumage au moyen d'un brûleur d'allumage

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur d'allumage est au plus de 10 s pour les brûleurs d'allumage dont le débit calorifique ne dépasse pas 120 kW et de 5 s pour les autres.

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur principal est au plus égal à 5 s.

2.7. Schémas

L'équipement exigé par le présent cahier des charges est complété ou précisé par les schémas figurant au point 5. ci-après.

3. Conditions particulières applicables aux brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal supérieur à 120 kW

3.1. Organes du circuit de gaz

3.1.1. Détendeur-régulateur de pression

Lorsque le générateur appartient à la catégorie I2 (voir art. c1. par. 3.), le circuit de gaz ne peut pas être muni d'un régulateur de pression.

Lorsque le générateur appartient à la catégorie I2R (voir art. C1. par. 3.), le circuit de gaz est muni d'un détendeur-régulateur de pression répondant aux conditions énoncées au point 2.1.1. ci-avant.

3.1.2. Dispositif de contrôle de la pression de gaz

Lorsque le générateur appartient à la catégorie I2, le circuit de gaz ne peut pas être muni d'un dispositif de contrôle de la pression de gaz au sens du point 2.1.2. ci-avant.

Lorsque le générateur appartient à la catégorie I2R, le circuit de gaz est muni d'un tel dispositif, répondant aux conditions énoncées au point 2.1.2. ci-avant.

3.1.3. Robinets d'admission du gaz au brûleur

Toute voie d'admission du gaz au brûleur (qu'il soit principal ou d'allumage) comporte au moins un robinet de fermeture et un robinet de régulation placés "en série". L'ensemble est muni d'un dispositif de contrôle automatique d'étanchéité des deux robinets verrouillant l'installation dès que l'un d'entre-eux ne se ferme pas complètement. Ce dispositif contrôle la fermeture des robinets avant chaque mise en marche du brûleur.

3.2. Allumage

Le débit calorifique du brûleur d'allumage éventuel est fixe et inférieur à 10 % du débit calorifique nominal du brûleur principal. Cette valeur est cependant réduite à 0,25 kW dans le cas d'un brûleur d'allumage restant allumé pendant que le brûleur principal est éteint.

3.3. Appareils de sécurité

Les impositions du point 2.5. ci-avant sont également applicables aux brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal supérieur à 120 kW.

3.4. Temps de sécurité

3.4.1. Temps de sécurité en fonctionnement

Le temps de sécurité en fonctionnement du brûleur d'allumage éventuel et du brûleur principal est inférieur ou égal à 1 seconde.

3.4.2. Temps de sécurité à l'allumage

3.4.2.1. Allumage électrique direct

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur doit être au plus égal à $(3 + 1,5 l)$ s en cas d'allumage électrique direct à un débit calorifique supérieur à 120 kW, et à $(5 + 1,5 l)$ s pour un allumage électrique direct à un débit calorifique inférieur à 120 kW, sans toutefois dépasser en aucun cas 10 s.

Le symbole "l" désigne la longueur, exprimée en mètres et arrondie à l'unité supérieure, du parcours entre le point d'alimentation et le point de détection.

3.4.2.2. Allumage au moyen d'un brûleur d'allumage

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur d'allumage est au plus de 10 s pour les brûleurs d'allumage dont le débit calorifique ne dépasse pas 120 kW et de 5 s pour les autres.

Le temps de sécurité à l'allumage du brûleur principal est au plus égal à $(5 + 1,5 l)$ s, sans toutefois dépasser 10 s.

3.5. Schémas

L'équipement exigé par le présent cahier des charges est complété ou précisé par les schémas figurant au point 5. ci-après.

4. Conditions particulières applicables aux brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal inférieur ou égal à 120 kW

4.1. Organes du circuit de gaz

4.1.1.

Le circuit de gaz ne comporte ni régulateur de pression ni dispositif de contrôle de la pression, au sens du point 2.1.2. ci-avant.

4.1.2.

Les impositions du point 2.1.3. ci-avant sont également applicables aux brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal inférieur ou égal à 120 kW.

Toutefois, les ensembles de robinets d'admission du gaz au brûleur peuvent être remplacés par des appareils couramment appelés "blocs combinés", dans lesquels la fermeture de l'admission du gaz au brûleur est assurée par des organes ne répondant pas aux définitions de robinet de fermeture de sécurité, robinet de fermeture ou robinet de régulation, pour autant que :

1. ces appareils comportent au moins deux obturateurs disposés en série sur la canalisation d'arrivée de gaz au brûleur principal

2. lorsque l'admission du gaz au brûleur principal est fermée, que ce soit pour raison de régulation ou de sécurité, l'une au moins des deux conditions suivantes soit remplie :

- il existe une veilleuse allumée
- deux obturateurs disposés en série sur la canalisation d'arrivée de gaz au brûleur principal sont fermés

Cette condition (2.) n'est toutefois pas imposée au cours du processus d'allumage de la veilleuse éventuelle

Les blocs combinés satisfont en outre aux conditions suivantes :

1. Ils sont du type à sécurité positive.
2. Ils portent une marque indélébile indiquant le sens normal de l'écoulement du gaz. Ils sont pourvus d'une plaque signalétique renseignant le nom, l'adresse du constructeur et la marque déposée éventuelle, le numéro d'ordre de fabrication, la pression maximale d'utilisation, la nature et l'intensité du courant électrique.
3. Dans la plage de température allant de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ et soumis à une pression d'air de 800 Pa à 1,5 fois la pression maximale d'utilisation, avec un minimum de 15.000 Pa, ils ne peuvent présenter une fuite externe supérieure aux valeurs reprises dans le tableau ci-après.

Diamètre nominal (raccord d'entrée) DN	Fuites externes maximales (cm^3/h d'air)
≤ 10	60
> 10	120

4. Dans la plage de température allant de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ et soumis, dans le sens normal d'écoulement du gaz, à une pression d'air de 800 Pa à 1,5 fois la pression maximale d'utilisation, avec un minimum de 15.000 Pa, ils ne peuvent présenter une fuite interne supérieure aux valeurs reprises dans le tableau ci-dessous.

Diamètre nominal (raccord d'entrée) DN	Fuites internes maximales (cm ³ /h d'air)
≤ 10	20
10 < DN ≤ 25	40
> 25	60

5. Soumis à une pression de 1,5 fois la pression maximale d'utilisation avec un minimum de 15.000 Pa, ils s'ouvrent sous toutes les tensions électriques comprises entre 85 et 110 % de la tension normale.
6. Dans la plage de température de -10° C à +60° C, le temps de fermeture est inférieur ou égal à 1 seconde.
7. Après un essai d'endurance de 100.000 manoeuvres, les blocs combinés répondent encore aux exigences indiquées ci-dessus.
8. Le constructeur fournit les instructions de montage et d'entretien des blocs combinés et renseigne le débit de gaz correspondant à une perte de pression de 100 Pa sous une pression d'alimentation de 2.500 Pa.

Ces "blocs combinés" ne sont pas soumis à l'exigence concernant le contrôle automatique d'étanchéité des organes assurant la fermeture de l'admission du gaz au brûleur.

4.2. Allumage

Le débit calorifique du brûleur d'allumage éventuel est fixe et inférieur à 30 % du débit calorifique nominal du brûleur principal.

Toutefois, le débit calorifique d'une veilleuse restant allumée pendant que le brûleur principal est éteint ne peut pas dépasser 0,25 kW.

4.3. Appareils de sécurité

Les impositions du point 2.5. ci-avant sont également applicables aux brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal inférieur ou égal à 120 kW.

Toutefois, pour les brûleurs allumés par une veilleuse permanente ou fonctionnant simultanément avec le brûleur principal, un dispositif de surveillance de flamme sur la veilleuse seule suffit. Dans ce cas, l'imposition du 2.5.3. n'est pas applicable.

4.4. Temps de sécurité

4.4.1. Temps de sécurité à l'allumage

4.4.1.1. Veilleuse

Le temps de sécurité à l'allumage d'une veilleuse ne peut pas dépasser les valeurs suivantes :

- veilleuses permanentes avec ouverture manuelle de la valve magnétique : aucune spécification
- veilleuse à allumage automatique :
 - débit de la veilleuse inférieur à 3 % du débit du brûleur principal : 60 secondes
 - débit de la veilleuse compris entre 3 et 10 % du débit du brûleur principal : 10 secondes
 - débit de la veilleuse compris entre 10 et 30 % du débit du brûleur principal : 5 secondes

4.4.1.2. Brûleur principal

Le temps de sécurité à l'allumage d'un brûleur principal ne peut dépasser 5 secondes.

4.4.2. Temps de sécurité en fonctionnement

4.4.2.1. Veilleuse

Le temps de sécurité en fonctionnement d'une veilleuse ne peut pas dépasser 60 secondes.

4.4.2.2. Brûleur principal

Le temps de sécurité en fonctionnement d'un brûleur principal ne peut pas dépasser 1 seconde.

4.5. Schémas

L'équipement exigé par le présent cahier des charges est complété ou précisé par les schémas figurant au point 5. ci-après.

5. Schémas

5.0. Légende



Robinet d'arrêt manuel



Filtre



Détendeur - régulateur

H.P.



Manostat de sécurité haute pression

B.P.



Manostat de sécurité basse pression

} peuvent consti-
tuer un seul
} appareil



Robinet de fermeture



Robinet de régulation



Manomètre



Organe de contrôle du débit d'air



Clapet de réglage d'air



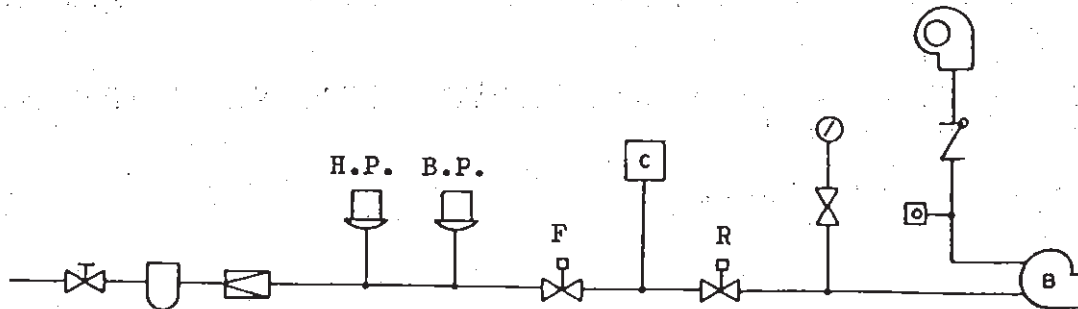
Ventilateur



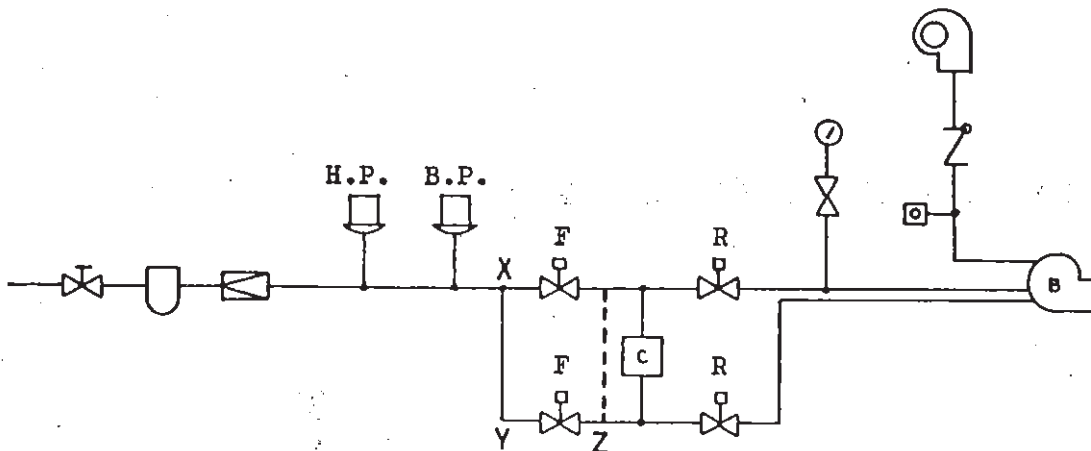
Dispositif de contrôle de l'étanchéité

5.1. Brûleurs à air soufflé

A. Allumage électrique direct



B. Allumage par brûleur d'allumage



Remarques :

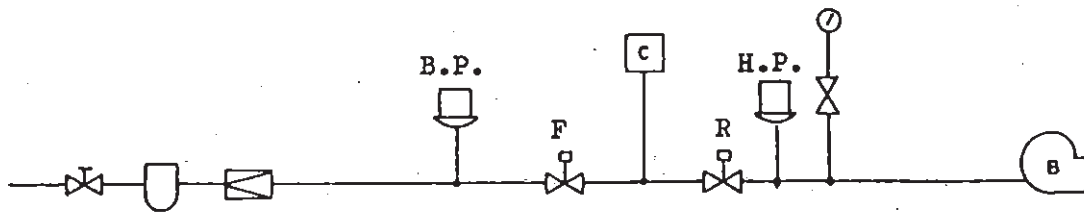
1. Ces schémas supposent que les deux robinets, l'un de fermeture et l'autre de régulation, suffisent à réaliser, lorsqu'ils sont exigés :
 1. le débit réduit au démarrage
 2. le passage progressif du débit de démarrage au plein débit
 3. les différentes allures (réglage "tout ou peu", ...)

Il est toujours autorisé de réaliser ces fonctions au moyen de plusieurs robinets disposés "en parallèle", étant entendu que les prescriptions du point 2.1.3. doivent être respectées.

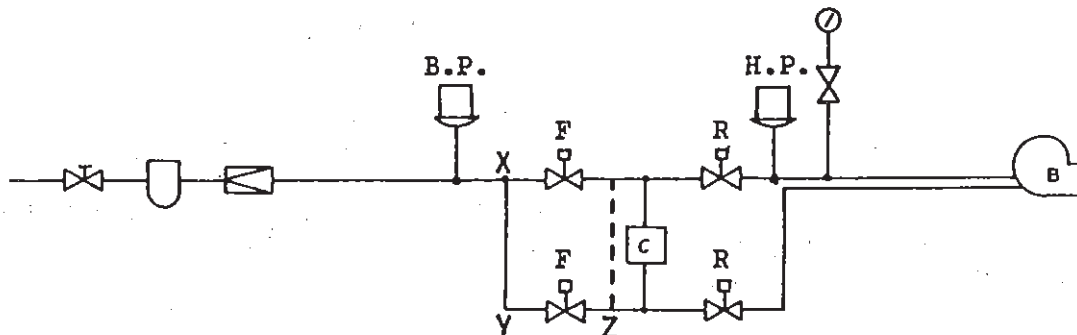
2. Dans le schéma B (allumage par brûleur d'allumage), le trait interrompu indique une variante, où la canalisation XYZ est supprimée.

5.2. Brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal supérieur à 120 kW - Générateurs I2R

A. Allumage électrique direct



B. Allumage par brûleur d'allumage



Remarques :

1. Ces schémas supposent que les deux robinets, l'un de fermeture et l'autre de régulation, suffisent à réaliser, lorsqu'ils sont exigés :

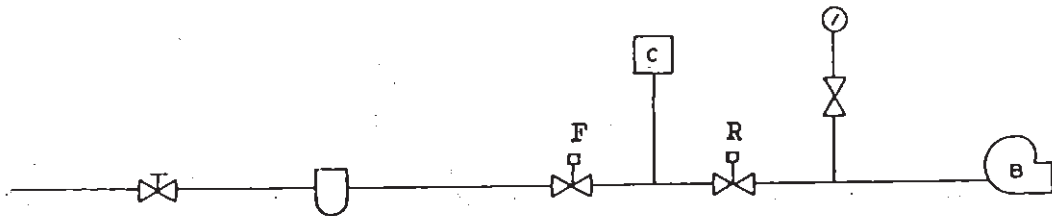
1. le débit réduit au démarrage
2. le passage progressif du débit de démarrage au plein débit
3. les différentes allures (réglage "tout ou peu", ...)

Il est toujours autorisé de réaliser ces fonctions au moyen de plusieurs robinets disposés "en parallèle", étant entendu que les prescriptions du point 2.1.3. doivent être respectées.

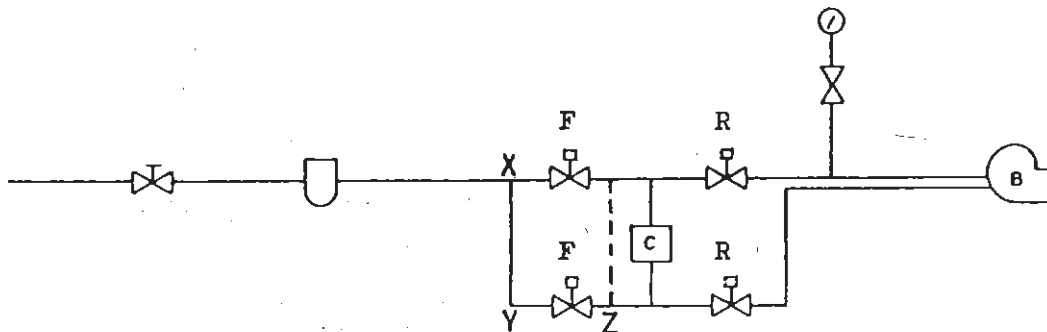
2. Dans le schéma B (allumage par brûleur d'allumage), le trait interrompu indique une variante, où la canalisation XYZ est supprimée.

5.3. Brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique nominal supérieur à 120 kW - Générateurs I₂

A. Allumage électrique direct



B. Allumage par brûleur d'allumage



Remarques :

1. Ces schémas supposent que les deux robinets, l'un de fermeture et l'autre de régulation, suffisent à réaliser, lorsqu'ils sont exigés :

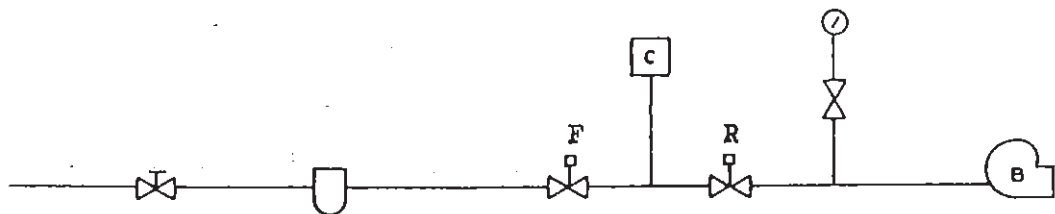
1. le débit réduit au démarrage
2. le passage progressif du débit de démarrage au plein débit
3. les différentes allures (réglage "tout ou peu", ...)

Il est toujours autorisé de réaliser ces fonctions au moyen de plusieurs robinets disposés "en parallèle", étant entendu que les prescriptions du point 2.1.3. doivent être respectées.

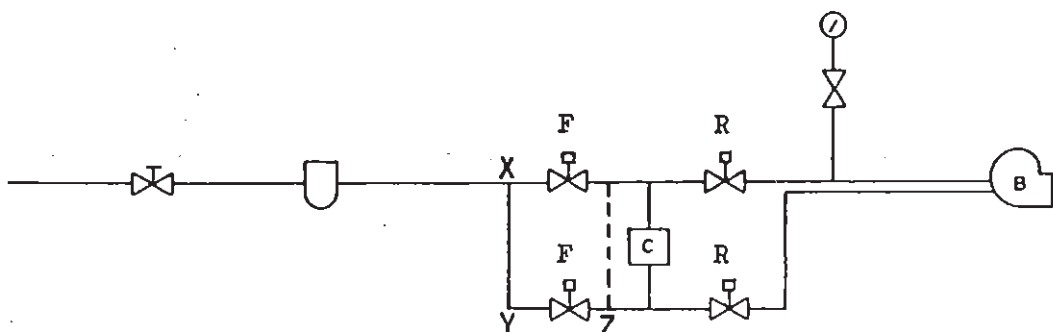
2. Dans le schéma B (allumage par brûleur d'allumage), le trait interrompu indique une variante, où la canalisation XYZ est supprimée.

5.4. Brûleurs atmosphériques d'un débit calorifique inférieur ou égal à 120 kW

A. Allumage électrique direct



B. Allumage par brûleur d'allumage



Remarques :

1. Les robinets d'admission du gaz au brûleur peuvent être remplacés par un bloc combiné.
2. Dans le schéma B (allumage par brûleur d'allumage), le trait interrompu indique une variante, où la canalisation XYZ est supprimée.

ARTICLE C1. PAR. 8. - DETERMINATION DE LA PUISSANCE CALORIFIQUE TOTALE ET REPARTITION DE CELLE-CI EN PLUSIEURS GENERATEURS

1. Besoins calorifiques à satisfaire simultanément

Lorsque l'on décide de centraliser la production de chaleur destinée à couvrir certains besoins, il convient de déterminer d'abord la somme (Q_{tot}) des besoins calorifiques à satisfaire simultanément par le générateur ou le groupe de générateurs considérés.

Etant donné la diversité des cas possibles, on ne peut établir une méthode de calcul de ces besoins totaux ; la simultanéité des besoins doit être déterminée dans chaque cas particulier.

Cependant, la règle suivante doit toujours être respectée : pour déterminer la puissance Q_{tot} , on considère les puissances à fournir (déperditions des locaux ou puissance nécessaire pour réchauffer l'air traversant une batterie) et non les puissances nominales des corps de chauffe.

Dès lors, lorsque l'installation n'alimente que des corps de chauffe statiques, Q_{tot} est égale à la somme Φ_{tot} définie au chapitre A., 1.1..

2. Nombre minimal de générateurs

Le nombre minimal de générateurs à installer est donné, en fonction de la puissance Q_{tot} , par le tableau C1.8.-1..

Tableau C1.8.-1.

Q_{tot}	Nombre minimum de générateurs
$Q_{tot} \leq 200 \text{ kW}$	1
$200 \text{ kW} < Q_{tot} \leq 600 \text{ kW}$	2
$Q_{tot} > 600 \text{ kW}$	3

Lorsque l'on installe un seul générateur, sa puissance calorifique utile demandée est égale à $1,1 Q_{tot}$.

Lorsque l'on installe deux générateurs, la puissance calorifique utile demandée de chacun d'eux est égale à $0,6 Q_{tot}$.

Lorsque l'on installe trois générateurs, leur puissance calorifique utile demandée est respectivement égale à

$$\frac{2 Q_{\text{tot}}}{6} , \quad \frac{2 Q_{\text{tot}}}{6} \quad \text{et} \quad \frac{3 Q_{\text{tot}}}{6}$$

Des circonstances particulières peuvent justifier une subdivision différente :

Exemples :

- Lorsque certains besoins calorifiques sont permanents et d'autres intermittents un générateur distinct est installé pour couvrir les besoins permanents.
- Pour des motifs de standardisation, dans le cas de trois chaudières, on peut installer trois chaudières de même puissance ; cette puissance doit être égale à un tiers de $\frac{7}{6} Q_{\text{tot}}$.

ARTICLE C1. PAR. 9. - REGLAGE AUTOMATIQUE DE LA PUISSANCE CALORIFIQUE

1. Définitions

Réglage automatique

Mode de réglage dans lequel le débit du mélange de combustible et d'air est modifié automatiquement en fonction d'un ensemble de consignes.

Par "tout ou rien"

Cas particulier de réglage automatique dans lequel le brûleur comporte des alternances d'arrêt total et de fonctionnement à débit constant.

Les brûleurs comportant simplement une allure réduite au démarrage sont compris dans ce cas.

Par "tout ou peu"

Cas particulier de réglage automatique ne comportant que deux allures de débit du mélange de combustible et d'air : un maximum et un minimum.

Par "tout ou peu progressif"

Cas particulier de réglage automatique ne comportant que deux allures de débit du mélange de combustible et d'air, le passage d'une allure à l'autre s'effectuant de façon progressive en un temps minimum de 30 secondes.

"Progressif par paliers"

Mode de réglage suivant lequel le débit du mélange d'air et de combustible peut prendre un certain nombre de valeurs intermédiaires entre deux valeurs extrêmes qui déterminent la plage de réglage du brûleur.

"Modulant"

Mode de réglage suivant lequel le débit du mélange d'air et de combustible peut se stabiliser à toute valeur intermédiaire entre deux valeurs extrêmes qui déterminent la plage de réglage du brûleur.

2. Choix du type de réglage automatique

Le type de réglage est déterminé par la puissance calorifique utile du générateur, conformément au tableau ci-dessous, dont les exigences sont à considérer comme minimales.

Puissance calorifique utile (demandée) du générateur	Type de réglage
$Q \leq 220 \text{ kW}$	"tout ou rien"
$220 \text{ kW} < Q \leq 1.000 \text{ kW}$	"tout ou peu" ou "tout ou peu progressif"
$Q > 1.000 \text{ kW}$	"progressif par paliers" ou "modulant"

Toutefois, lorsque la sévérité des tolérances admises sur la température ou la pression du fluide chauffé l'impose, le réglage des brûleurs est du type "progressif par paliers" ou "modulant", quelle que soit la puissance calorifique.

3. Brûleurs

Pour chaque allure du brûleur, le mélange de combustible et d'air doit garantir un fonctionnement correct du brûleur. Ceci n'implique toutefois pas que le rapport des débits de combustible et d'air doive rester constant.

ARTICLE C2 - ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE

ARTICLE C2. PAR. 1. - RESERVOIRS A COMBUSTIBLES LIQUIDES

Domaine d'application

Les prescriptions qui suivent s'appliquent uniquement aux réservoirs destinés au stockage des hydrocarbures qui sont liquides à pression et à température atmosphériques et dont le point d'éclair est supérieur à 55° C.

1. Réservoirs à placer dans un local

1.1. Construction

Les réservoirs sont construits en acier ou en matières plastiques thermodurcissables renforcées.

1.1.1. Réservoirs cylindriques

Les réservoirs en acier sont conformes à la norme NBN I 03-001. La peinture antirouille dont question au par. 4.2.3. de la norme précitée est la formule DM définie par le cahier des charges-type 104, index 07.1. Les réservoirs en matières plastiques thermodurcissables renforcées sont conformes à la norme NBN T 41-013.

1.1.2. Réservoirs parallélépipédiques

Les réservoirs parallélépipédiques en acier satisfont à la norme NBN I 03-001 en ce qui concerne les points 3.1., 3.2., 3.6., 3.7., 3.8., 3.10., 4., 5., 6. et 7., moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

1. Epaisseur nominale

L'épaisseur nominale des tôles est déterminée par calcul ; elle est en tous cas supérieure ou égale à 5 mm.

2. Essai de pression hydraulique

Cet essai est effectué comme spécifié au point 5.1.4. de la norme NBN I 03-001, mais sous une surpression de 100 kPa (ou 1 bar) au lieu de 300 kPa (ou 3 bar).

3. Profilés de raidissement

Le réservoir est raidi au moyen de profilés d'acier, tels que l'essai de pression hydraulique à 1 bar ne donne pas lieu à des déformations permanentes, et que durant cet essai il n'apparaisse aucune déformation dont la flèche soit supérieure à 1/500 d'une portée choisie arbitrairement.

4. Peinture antirouille

La peinture antirouille dont question au par. 4.2.3. de la norme précitée est la formule DM définie par le cahier des charges-type 104, index 07.1.

1.1.3. Accessoires

- Le réservoir est muni, au point bas, d'un robinet de vidange DN 40.
Un bac métallique est placé sous le robinet de vidange.
- Une échelle permettant l'accès au trou d'homme est fixée à demeure sur le réservoir.
- Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie, ainsi que d'un indicateur à flotteur avec cadran placé sur le réservoir. Ce dernier peut être remplacé par une jauge graduée.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

1.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément aux normes NBN I 03-002 et NBN T 41-014, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

1.2.1. Mise en place

Le réservoir est placé, légèrement en pente, sur un socle en maçonnerie ou en béton, avec interposition de deux couches de roofing R 500 (ou équivalent).

La hauteur du réservoir au-dessus du sol est de 10 cm minimum au point le plus bas.

Le socle est dimensionné de manière telle que la charge sur le sol se trouve répartie et qu'elle reste partout inférieure à la charge admissible.

1.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier ou de cuivre électrolytique.
Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la cêruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadénassé, livré avec au moins deux clefs.
- S'il y a plusieurs réservoirs, ils sont jumelés (voir NBN I 03-002 par. 5.3.).

- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze.
La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.
- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur.
Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert.
La tuyauterie de retour est commune.

1.3. Contrôles

Conformément au point 10. de la norme NBN I 03-002, et au point 9. de la norme NBN T 41-014, l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation.

2. Réservoirs enfouis

Type admis

Le cahier spécial des charges détermine le type de réservoir à utiliser, en tenant compte des impositions légales et réglementaires en vigueur, par exemple celles prises en application de la réglementation sur les établissements classés ou la réglementation relative à la protection de l'environnement.

2.1. Réservoirs en acier, à double paroi, avec protection extérieure comme prévu au point 4. de la norme NBN I 03-001

2.1.1. Construction

La norme NBN I 03-004 est d'application, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

- Système de détection de fuite

Le réservoir est à munir d'un des systèmes de détection de fuite suivants :

- * L'espace compris entre les deux parois contient un liquide non corrosif restant liquide jusqu'à -15° C, dont le volume est pratiquement indépendant de la température dans la zone de température concernée, et ne présentant aucun caractère polluant ou toxique vis-à-vis de la nappe aquifère.

En cas de fuite, le niveau du liquide baisse. Aussitôt une lampe rouge s'allume dans la chaufferie, tandis qu'un signal sonore se déclenche dans un local désigné à cette fin par le fonctionnaire dirigeant (conciergerie ou local semblable).

Le signal sonore peut être coupé manuellement.
La lampe rouge continue à brûler jusqu'à réfection de la fuite.

- * Une sous-pression est réalisée par une pompe à vide dans l'espace compris entre les deux parois.

En cas de fuite, l'augmentation de pression enclenche un système comme décrit ci-dessus.

- Indicateur de niveau

Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie.
Une jauge graduée est livrée avec le réservoir.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

- Protection cathodique

Le réservoir est à munir d'une protection cathodique suivant les prescriptions du par. 8. de la norme NBN I 03-002.

2.1.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément à la norme NBN I 03-002, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

2.1.2.1. Mise en place

- En dérogation au point 4.3. de la norme précitée, la couche de couverture au-dessus de la génératrice supérieure des réservoirs enfouis a une épaisseur d'au moins 0,70 m.
- Les cheminées qui permettent d'accéder aux trous d'homme et aux tubulures ou accessoires sont construites en maçonnerie d'une brique d'épaisseur ou en béton de 0,15 m ; dimensions intérieures au moins égales à 0,80 x 0,80 m.
Les faces intérieures et extérieures sont enduites d'une couche de mortier de ciment de 1 cm d'épaisseur.
La face extérieure est, en plus, enduite de deux couches d'asphalte.
Le puits est couvert d'un couvercle en fonte qui s'adapte de manière à assurer une fermeture parfaitement étanche dans un cadre en fonte de 1 m x 1 m \pm , scellé dans le béton.
Le couvercle est du type pour trafic lourd.
Une échelle métallique permet d'accéder au fond.

- Si le réservoir est lesté et ancré à l'aide de colliers, ceux-ci seront protégés contre la corrosion par deux couches de peinture formule F.
Une bande continue en caoutchouc néoprène sera appliquée entre les colliers et le réservoir afin d'éviter d'endommager le réservoir ou son revêtement.

2.1.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier.
Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la céruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadénassé, livré avec au moins deux clefs.
- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze.
La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.
- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur.
Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert.
La tuyauterie de retour est commune.
- L'ensemble des tuyauteries reliant le réservoir au bâtiment est disposé, à environ 0,60 m sous le niveau du sol, dans une gaine étanche à l'eau en asbeste-ciment ou matériau semblable.

2.1.3. Contrôles

- Conformément au point 10. de la norme NBN I 03-002 l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation.
- Juste avant la descente du réservoir dans la fosse le contrôle diélectrique est répété suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001 ; il en est de même de la vérification de l'adhérence du revêtement suivant les prescriptions du point 5.2.2. de cette norme.

Ces contrôles sont effectués, à charge de l'entrepreneur, par un organisme indépendant.
Les défauts éventuels sont réparés, après quoi il est à nouveau procédé à l'essai.

2.2. Réservoirs en acier, à double paroi, avec protection anticorrosion renforcée

2.2.1. Construction

La norme NBN I 03-004 est d'application, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

- Le REVETEMENT EXTERIEUR est un matériau à deux composants, à base de goudron et de polyuréthane, exempt de solvants.
Le revêtement est directement appliqué sur la surface en acier préalablement séchée et débarassée de poussières.
La surface est préalablement sablée.
Le matériau appliqué a une épaisseur minimale de 1,5 mm.
Après l'application de cette couche de protection, celle-ci est testée suivant la norme NBN I 03-001, mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV.
Le procédé doit faire l'objet d'un Agrément Technique U.B.A.T.C. concernant la protection contre la corrosion.

- Système de détection de fuite

Le réservoir est à munir d'un des systèmes de détection de fuite suivants :

- * L'espace compris entre les deux parois contient un liquide non corrosif restant liquide jusqu'à -15° C, dont le volume est pratiquement indépendant de la température dans la zone de température concernée, et ne présentant aucun caractère polluant ou toxique vis-à-vis de la nappe aquifère.

En cas de fuite, le niveau du liquide baisse. Aussitôt une lampe rouge s'allume dans la chaufferie, tandis qu'un signal sonore se déclenche dans un local désigné à cette fin par le fonctionnaire dirigeant (conciergerie ou local semblable).

Le signal sonore peut être coupé manuellement.

La lampe rouge continue à brûler jusqu'à réparation de la fuite.

- * Une sous-pression est réalisée par une pompe à vide dans l'espace compris entre les deux parois.

En cas de fuite, l'augmentation de pression enclenche un système comme décrit ci-dessus.

- Indicateur de niveau

Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie.

Une jauge graduée est livrée avec le réservoir.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

2.2.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément à la norme NBN I 03-002, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

2.2.2.1. Mise en place

- En dérogation au point 4.3. de la norme précitée, la couche de couverture au-dessus de la génératrice supérieure des réservoirs enfouis a une épaisseur d'au moins 0,70 m.
- Les cheminées qui permettent d'accéder aux trous d'homme et aux tubulures ou accessoires sont construites en maçonnerie d'une brique d'épaisseur ou en béton de 0,15 m ; dimensions intérieures au moins égales à 0,80 m x 0,80 m.
Les faces intérieures et extérieures sont enduites d'une couche de mortier de ciment de 1 cm d'épaisseur.
La face extérieure est, en plus, enduite de deux couches d'asphalte.
Le puits est couvert d'un couvercle en fonte qui s'adapte de manière à assurer une fermeture parfaitement étanche dans un cadre en fonte de 1 m x 1 m \pm , scellé dans le béton.
Le couvercle est du type pour trafic lourd.
Une échelle métallique permet d'accéder au fond.
- Si le réservoir est lesté et ancré à l'aide de colliers, ceux-ci seront protégés contre la corrosion par deux couches de peinture formule F.
Une bande continue en caoutchouc néoprène sera appliquée entre les colliers et le réservoir afin d'éviter d'endommager le réservoir ou son revêtement.

2.2.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier.
Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la cêruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadénassé, livré avec au moins deux clefs.
- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze.

La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.

- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur.
Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert.
La tuyauterie de retour est commune.
- L'ensemble des tuyauteries reliant le réservoir au bâtiment est disposé, à environ 0,60 m sous le niveau du sol, dans une gaine étanche à l'eau en asbeste-ciment ou matériau semblable.

2.2.3. Contrôles

- Conformément au point 10. de la norme NBN I 03-002 l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation ; le contrôle diélectrique ayant été effectué suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001, mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV.
- Juste avant la descente du réservoir dans la fosse le contrôle diélectrique est répété suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001, mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV ; il en est de même de la vérification de l'adhérence du revêtement, suivant les prescriptions du point 5.2.2. de cette norme.
Ces contrôles sont effectués, à charge de l'entrepreneur, par un organisme indépendant.
Les défauts éventuels sont réparés, après quoi il est à nouveau procédé à l'essai.

2.3. Réservoirs en acier, à simple paroi, avec protection extérieure comme prévu au point 4. de la norme I 03-001 et avec un ballon intérieur en matière plastique

2.3.1. Construction

La norme NBN I 03-001 est d'application, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

- Tous les raccordements se font obligatoirement en passant par le trou d'homme.
- Le BALLON INTERIEUR est fabriqué en PVC, avec une épaisseur minimale de 0,75 mm.

Ce ballon est, sur toute sa surface, séparé de la paroi extérieure en acier par un matériau interposé, à cellules ouvertes. Cet espace intermédiaire est continu sur toute la surface environnante et est relié à un système de détection de fuite, du type à vide.

Ce vide entre les deux parois permet de presser le ballon intérieur contre la paroi extérieure, même lorsque le réservoir est vide, de façon à ce que les deux enveloppes prennent la même forme.

Le ballon intérieur, muni de raccord(s) au(x) trou(s) d'homme du réservoir extérieur, doit être remplaçable ou réparable de façon simple. Il doit résister aux actions chimiques éventuelles du liquide stocké.

Aucun des matériaux déposés dans le réservoir en acier ne peut attaquer celui-ci chimiquement.

Sous le(s) trou(s) d'homme, au fond du ballon intérieur, se trouve une plaque de protection pour éviter que la jauge ou les tuyauteries endommagent le ballon.

La largeur de cette plaque est au moins égale au double du diamètre du trou d'homme.

L'installateur fournit une garantie de 5 ans, à compter à partir de la première réception provisoire du matériau, tant sur le ballon en PVC que sur le matériau interposé.

Cette garantie est contresignée par le fabricant.

- Système de détection de fuite

Dans l'espace compris entre les deux parois une sous-pression est réalisée par une pompe à vide.

En cas de fuite, l'augmentation de pression allume aussitôt une lampe rouge dans la chaufferie tandis qu'un signal sonore se déclenche dans un local désigné à cette fin par le fonctionnaire dirigeant (conciergerie ou local semblable).

Le signal sonore peut être coupé manuellement.

La lampe rouge continue à brûler jusqu'à réparation de la fuite.

- Indicateur de niveau

Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie.

Une jauge graduée est livrée avec le réservoir.

L'extrémité inférieure de la jauge est munie d'un élément robuste mais souple en caoutchouc de nitrile, ou matériau analogue, destiné à prévenir toute dégradation du ballon intérieur suite à l'enfoncement, ou la chute, de la jauge dans le réservoir.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

- Protection cathodique

Le réservoir est à munir d'une protection cathodique suivant les prescriptions du par. 8. de la norme NBN I 03-002.

2.3.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément à la norme NBN I 03-002, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

2.3.2.1. Mise en place

- En dérogation au point 4.3. de la norme précitée, la couche de couverture au-dessus de la génératrice supérieure des réservoirs enfouis a une épaisseur d'au moins 0,70 m.
- Les cheminées qui permettent d'accéder aux trous d'homme et aux tubulures ou accessoires sont construites en maçonnerie d'une brique d'épaisseur ou en béton de 0,15 m ; dimensions intérieures au moins égales à 0,80 x 0,80 m.
Les faces intérieures et extérieures sont enduites d'une couche de mortier de ciment de 1 cm d'épaisseur.

La face extérieure est, en plus, enduite de deux couches d'asphalte.

Le puits est couvert d'un couvercle en fonte qui s'adapte de manière à assurer une fermeture parfaitement étanche dans un cadre en fonte de 1 m x 1 m ±, scellé dans le béton.

Le couvercle est du type pour trafic lourd.

Une échelle métallique permet d'accéder au fond.

- Si le réservoir est lesté et ancré à l'aide de colliers, ceux-ci seront protégés contre la corrosion par deux couches de peinture formule F.
Une bande continue en caoutchouc néoprène sera appliquée entre les colliers et le réservoir afin d'éviter d'endommager le réservoir ou son revêtement.

2.3.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier.
Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la cêruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadénassé, livré avec au moins deux clefs.

- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze.

La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.

- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur.
Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert.
La tuyauterie de retour est commune.
- L'ensemble des tuyauteries reliant le réservoir au bâtiment est disposé, à environ 0,60 m sous le niveau du sol, dans une gaine étanche à l'eau en asbeste-ciment ou matériau semblable.

2.3.3. Contrôles

- Conformément au point 10. de la norme NBN I 03-002 l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation.
- Juste avant la descente du réservoir dans la fosse, le contrôle diélectrique est répété suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001 ; il en est de même de la vérification de l'adhérence du revêtement, suivant les prescriptions du point 5.2.2. de cette norme.
Ces contrôles sont effectués, à charge de l'entrepreneur, par un organisme indépendant.
Les défauts éventuels sont réparés, après quoi il est à nouveau procédé à l'essai.

2.4. Réservoirs en acier, à simple paroi, avec protection anticorrosion renforcée et avec un ballon intérieur en matière plastique

2.4.1. Construction

La norme NBN I 03-001 est d'application, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

- Tous les raccordements se font obligatoirement en passant par le trou d'homme.
- Le REVETEMENT EXTERIEUR est un matériau à deux composants, à base de goudron et de polyuréthane, exempt de solvants.
Le revêtement est directement appliqué sur la surface en acier préalablement séchée et débarassée de poussières.
La surface est préalablement sablée.
Le matériau appliqué a une épaisseur minimale de 1,5 mm.

Après l'application de cette couche de protection, celle-ci est testée suivant la norme NBN I 03-001, mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV.

Le procédé doit faire l'objet d'un Agrément Technique U.B.A.T.C. concernant la protection contre la corrosion.

- Le BALLON INTERIEUR est fabriqué en PVC, avec une épaisseur minimale de 0,75 mm.

Ce ballon est, sur toute sa surface, séparé de la paroi extérieure en acier par un matériau interposé, à cellules ouvertures. Cet espace intermédiaire est continu sur toute la surface enrobante et est relié à un système de détection de fuite, du type à vide.

Ce vide entre les deux parois permet de presser le ballon intérieur contre la paroi extérieure, même lorsque le réservoir est vide, de façon à ce que les deux enveloppes prennent la même forme.

Le ballon intérieur, muni de raccord(s) au(x) trou(s) d'homme du réservoir extérieur, doit être remplaçable ou réparable de façon simple. Il doit résister aux actions chimiques éventuelles du liquide stocké.

Aucun des matériaux déposés dans le réservoir en acier ne peut attaquer celui-ci chimiquement.

Sous le(s) trou(s) d'homme, au fond du ballon intérieur, se trouve une plaque de protection pour éviter que la jauge ou les tuyauteries endommagent le ballon.

La largeur de cette plaque est au moins égale au double du diamètre du trou d'homme.

L'installateur fournit une garantie de 5 ans, à compter à partir de la première réception provisoire du matériau, tant sur le ballon en PVC que sur le matériau interposé.

Cette garantie est contresignée par le fabricant.

- Système de détection de fuite

Dans l'espace compris entre les deux parois une sous-pression est réalisée par une pompe à vide.

En cas de fuite, l'augmentation de pression allume aussitôt une lampe rouge dans la chaufferie tandis qu'un signal sonore se déclenche dans un local désigné à cette fin par le fonctionnaire dirigeant (conciergerie ou local semblable).

Le signal sonore peut être coupé manuellement.

La lampe rouge continue à brûler jusqu'à réfection de la fuite.

- Indicateur de niveau

Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie.

Une jauge graduée est livrée avec le réservoir.

L'extrémité inférieure de la jauge est munie d'un élément robuste mais souple en caoutchouc de nitrile, ou matériau analogue, destiné à prévenir toute dégradation du ballon intérieur suite à l'enfoncement, ou la chute, de la jauge dans le réservoir.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

2.4.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément à la norme I 03-002, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

2.4.2.1. Mise en place

- En dérogation au point 4.3. de la norme précitée, la couche de couverture au-dessus de la génératrice supérieure des réservoirs enfouis a une épaisseur d'au moins 0,70 m.
- Les cheminées qui permettent d'accéder aux trous d'homme et aux tubulures ou accessoires sont construites en maçonnerie d'une brique d'épaisseur ou en béton de 0,15 m ; dimensions intérieures au moins égales à 0,80 x 0,80 m.
Les faces intérieures et extérieures sont enduites d'une couche de mortier de ciment de 1 cm d'épaisseur.
La face extérieure est, en plus, enduite de deux couches d'asphalte.
Le puits est couvert d'un couvercle en fonte qui s'adapte de manière à assurer une fermeture parfaitement étanche dans un cadre en fonte de 1 m x 1 m \pm , scellé dans le béton.
Le couvercle est du type pour trafic lourd.
Une échelle métallique permet d'accéder au fond.
- Si le réservoir est lesté et ancré à l'aide de colliers, ceux-ci seront protégés contre la corrosion par deux couches de peinture formule F.
Une bande continue en caoutchouc néoprène sera appliquée entre les colliers et le réservoir afin d'éviter d'endommager le réservoir ou son revêtement.

2.4.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier.
Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la cêruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadennassé, livré avec au moins deux clefs.

- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze.
La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.
- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur.
Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert.
La tuyauterie de retour est commune.
- L'ensemble des tuyauteries reliant le réservoir au bâtiment est disposé, à environ 0,60 m sous le niveau du sol, dans une gaine étanche à l'eau en asbeste-ciment ou matériau semblable.

2.4.3. Contrôles

- Conformément au point 10. de la norme NBN I 03-002 l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation ; le contrôle diélectrique ayant été effectué suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001, mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV.
- Juste avant la descente du réservoir dans la fosse le contrôle diélectrique est répété suivant les prescriptions de l'annexe B de la norme NBN I 03-001 (mais sous une tension ayant une valeur de crête réglée à 15 kV au lieu de 2,5 kV) ; il en est de même de la vérification de l'adhérence du revêtement, suivant les prescriptions du point 5.2.2. de cette norme.
Ces contrôles sont effectués, à charge de l'entrepreneur, par un organisme indépendant.
Les défauts éventuels sont réparés, après quoi il est à nouveau procédé à l'essai.

2.5. Réservoirs à simple paroi en matières plastiques thermdurcissables renforcées

2.5.1. Construction

La norme NBN T 41-013 est d'application, moyennant la prescription complémentaire ci-après :

- Indicateur de niveau

Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau pneumatique ou électrique avec cadran indicateur dans la chaufferie.
Une jauge graduée est livrée avec le réservoir.

L'extrémité inférieure de la jauge est munie d'un élément robuste mais souple en caoutchouc de nitrile, ou matériau analogue, destiné à prévenir toute dégradation du ballon intérieur suite à l'enfoncement, ou la chute, de la jauge dans le réservoir.

Tous ces dispositifs sont gradués en litres.

2.5.2. Transport, mise en place et raccordement

Conformément à la norme NBN T 41-014, moyennant les prescriptions complémentaires et/ou modificatives ci-après :

2.5.2.1. Mise en place

- En dérogation au point 4.3. de la norme précitée, l'usage de gravier concassé est interdit et la couche de couverture au-dessus de la génératrice supérieure des réservoirs enfouis a une épaisseur d'au moins 1,00 m.
- Les cheminées pour accéder au trou d'homme et aux tubulures ou accessoires sont construites en matières plastiques.

2.5.2.2. Raccordements

- Les tuyauteries sont en tubes d'acier ou de cuivre électrolytique. Elles sont soudées entre elles.
- Des raccords sont prévus aux endroits où il est indispensable de pouvoir démonter les appareils pour leur vérification éventuelle.
- L'emploi de la cêruse pour les raccords filetés est interdit.
- La tuyauterie de remplissage est munie d'un bouchon cadénassé, livré avec au moins deux clefs.
- La tuyauterie d'évent monte jusqu'à 2,50 m minimum au-dessus du sol. L'extrémité est recourbée et munie d'une grille à mailles en bronze. La tuyauterie d'évent est munie d'un sifflet qui se fait entendre pendant le remplissage tant que le réservoir n'est pas plein.
- La tuyauterie d'aspiration aboutit à 7 cm du fond du réservoir, elle est munie à sa partie inférieure d'un filtre avec clapet de pied.
- S'il y a plusieurs brûleurs, on prévoit une tuyauterie d'alimentation par brûleur. Le dédoublement se fait du brûleur au réservoir, ou du brûleur au collecteur s'il y a une pompe de transfert. La tuyauterie de retour est commune.

- L'ensemble des tuyauteries reliant le réservoir au bâtiment est disposé, à environ 0,60 m sous le niveau du sol, dans une gaine étanche à l'eau en asbeste-ciment ou matériau semblable.

2.5.3. Contrôles

- Conformément au point 9. de la norme NBN T 41-014, l'entrepreneur remet au maître de l'ouvrage une copie des certificats et documents relatifs à la construction et aux essais des réservoirs et de l'installation.
- L'installateur fournit une garantie de 5 ans, à compter à partir de la première réception provisoire du réservoir. Cette garantie est contresignée par le fabricant.

ARTICLE C3. EVACUATION DES PRODUITS DE LA COMBUSTION

CONTENU

ARTICLE C3. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES	2
ARTICLE C3. PAR. 1. RACCORDEMENT ET CONDUIT D'ÉVACUATION – EXIGENCES GÉNÉRALES	3
1. DÉFINITIONS	3
1.1. CHEMINÉES CONSTRUITES SUR PLACE	3
1.2. PARAMÈTRES DIMENSIONNELS IMPORTANTS POUR DÉTERMINER LES DIMENSIONS DU CONDUIT DE FUMÉE	4
1.3. SYSTÈMES D'ÉVACUATION DE FUMÉE	4
2. DÉSIGNATION D'UN CONDUIT DE FUMÉE	5
2.1. IMPOSITIONS	5
2.2. PARAMÈTRES DE DÉSIGNATION	5
2.3. MARQUAGE OBLIGATOIRE D'UN CONDUIT DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION DES PRODUITS DE COMBUSTION.....	7
3. EXIGENCES SPÉCIFIQUES POUR LES CONDUITS DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION	9
3.1. MATÉRIAUX ADMIS.....	9
3.2. SYSTÈMES LINERS (TUBAGES).....	11
3.3. RACCORDEMENTS CHAUDIÈRES / CHEMINÉES	11
3.4. CLASSES DE TEMPÉRATURES MINIMALES EXIGÉES.....	11
3.5. CLASSES DE PRESSION.....	11
3.6. NOTES DE CALCUL.....	11
3.7. ACCESSOIRES OBLIGATOIRES.....	12
3.8. EVACUATION DES CONDENSATS	12
ARTICLE C3. PAR. 2. DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES THERMIQUES DES PAROIS ET SECTIONS DES CONDUITS DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION	13
1. RÉSISTANCES THERMIQUES DES CONDUITS DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION.....	13
2. SECTIONS DES CONDUITS DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION	13
ARTICLE C3. PAR. 3. VENTILATION, AMENÉE ET ÉVACUATION D'AIR DANS LES CHAUFFERIES	14
1. GÉNÉRALITÉS	14
2. SECTIONS D'AMENÉE ET D'ÉVACUATION D'AIR	15

ARTICLE C3. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Norme	Intitulé	Date
NBN B 61-001	Chaufferies et cheminées	10 - 1986 + A1 08 -1996
NBN B 61-002	Chaudières de chauffage central dont la puissance est inférieure à 70 kW – Prescriptions concernant leur espace d'installation, leur amenée d'air et leur évacuation de fumée	04 – 2006. + AC 12 - 2008
NBN D51-003	Installations intérieures alimentées au gaz naturel et placement des appareils d'utilisation – Dispositions générales	02 – 2010
NBN D51-006	Installations intérieures alimentées au butane ou propane commercial en phase gazeuse à une pression maximale de service de 5 bar et placement des appareils d'utilisation – Dispositions générales – Partie 1, 2 et 3	12 – 2010
NBN S 01-401	Acoustique – Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments	1987
NBN EN 1443	Conduits de fumée – Exigences générales	05 - 2003
NBN EN 1856-1	Conduits de fumée – Prescriptions pour les conduits de fumée métalliques – Partie 1 : composants de systèmes de conduits de fumée	10 - 2009
NBN EN 1856-2	Conduits de fumée – Prescriptions relatives aux conduits de fumée métalliques – Partie 1 : tubages et éléments de raccordement métalliques	10 - 2009
NBN EN 10088-1	Aciers inoxydables – Partie 1 : liste des aciers inoxydables	09 - 2005
NBN EN 13384-1 + A2	Conduits de fumée - Méthodes de calcul thermo-aéraulique - Partie 1: Conduits de fumée ne desservant qu'un seul appareil	09 - 2008
NBN EN 13384-2 + A1	Conduit de cheminée - Méthode de calcul thermo-aéraulique - Partie 2 : Conduits de fumée desservant plus d'un appareil de chauffage	05 - 2009
NBN EN 14471	Conduits de fumée – Systèmes avec conduits intérieurs en plastique – Prescriptions et méthodes d'essai	11 - 2005
NBN EN 14989-2	Conduits de fumée – Exigences et méthodes d'essai pour conduits de fumée métalliques et conduits d'alimentation en air pour tous matériaux pour des appareils de chauffage étanches – Partie 2 : conduits de fumée et d'alimentation en air pour appareils étanches	06 - 2008
NBN EN 15287-1 + A1	Conduits de fumée – et mise en œuvre des conduits de fumée - Partie 1 : conduits de fumée pour appareils qui dépendent de l'air dans la pièce	10 - 2010
NBN EN 15287-2	Conduits de fumée – et mise en œuvre des conduits de fumée - Partie 2 : conduits de fumée pour chaudières étanches	09 - 2008
CEN/TR 1749	European scheme for the classification of gas appliances according to the method of evacuation of the combustion products	2009
CEN/TS 16134	Chimney terminals – General requirements and material independent test methods	2011

ARTICLE C3. PAR. 1. RACCORDEMENT ET CONDUIT D'ÉVACUATION – EXIGENCES GÉNÉRALES

Remarques préliminaires :

- La norme NBN EN 1443 « Exigences générales » est d'application, ainsi que les normes NBN B 61-001 – pour $P_n \geq 70$ kW et NBN B 61-002 – pour $P_n < 70$ kW.
- Le présent cahier des charges type traite des conduits d'évacuation faisant partie intégrante des installations HVAC et ne reprend pas les cheminées exécutées dans le cadre des entreprises de gros-œuvre et finitions.

1. Définitions

1.1. Cheminées construites sur place

Dans le cas de cheminées construites sur place, y compris les cheminées existantes qui sont rénovées et/ou pourvues d'un tubage, tous les composants sont amenés et montés séparément. Tous les composants (y compris les matériaux auxiliaires tels que les joints, ...) doivent être adaptés à un emploi comme élément de cheminée et/ou doivent satisfaire individuellement aux exigences et prescriptions des composants décrits ci-après.

La Fig. C3.1.-1 ci-dessous montre les composants ou parties constituantes d'une cheminée multi parois construite sur place.

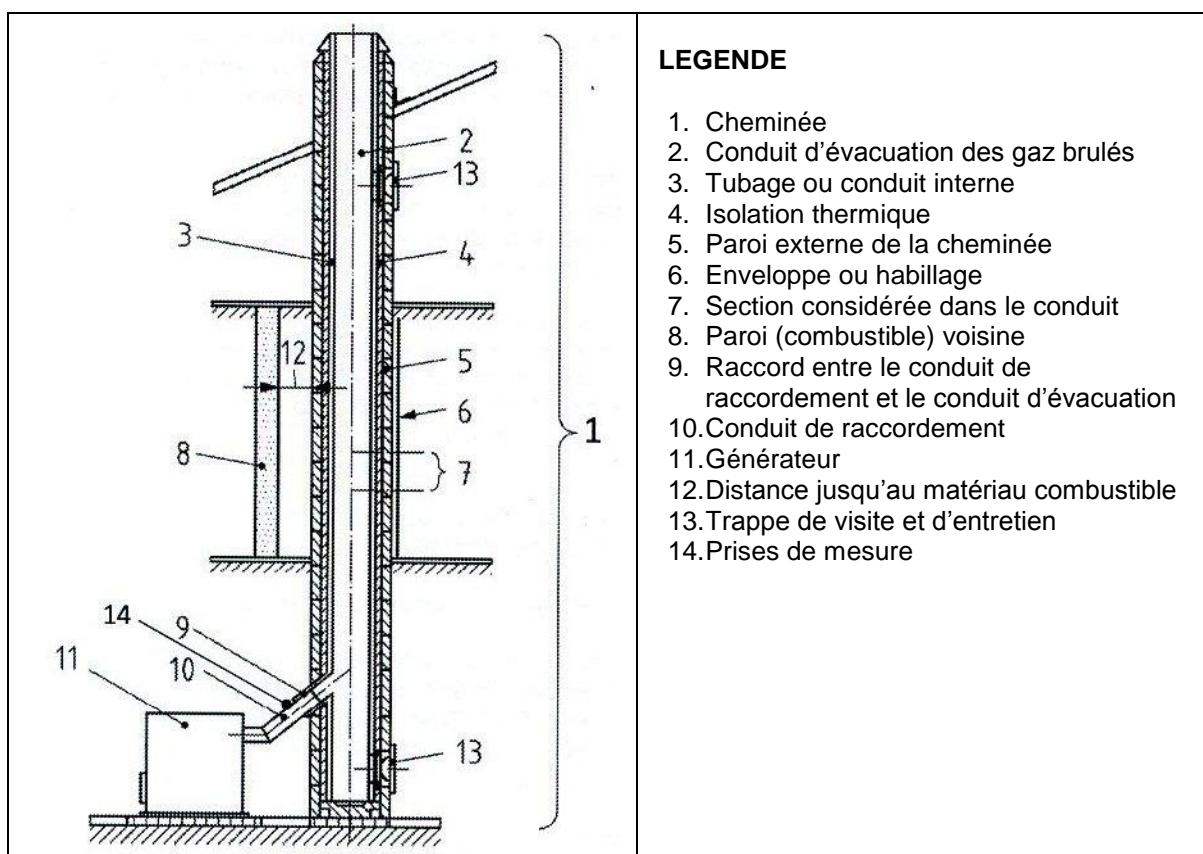


Fig. C3.1.-1 – Composants et accessoires d'une évacuation des produits de la combustion

1.2. Paramètres dimensionnels importants pour déterminer les dimensions du conduit de fumée

La figure C3.1.-2 reprend les paramètres dimensionnels tels que définis ci-dessous :

- La hauteur utile ou hauteur de tirage H_t de la cheminée correspond à la différence de hauteur entre le débouché du conduit de fumée et l'orifice de sortie du générateur de chaleur ou de son coupe-tirage ;
- La hauteur de tirage est la somme de la hauteur effective du conduit de fumée (H_c) et de la hauteur effective du conduit de raccordement (H_v), donc : $H_t = H_c + H_v$.

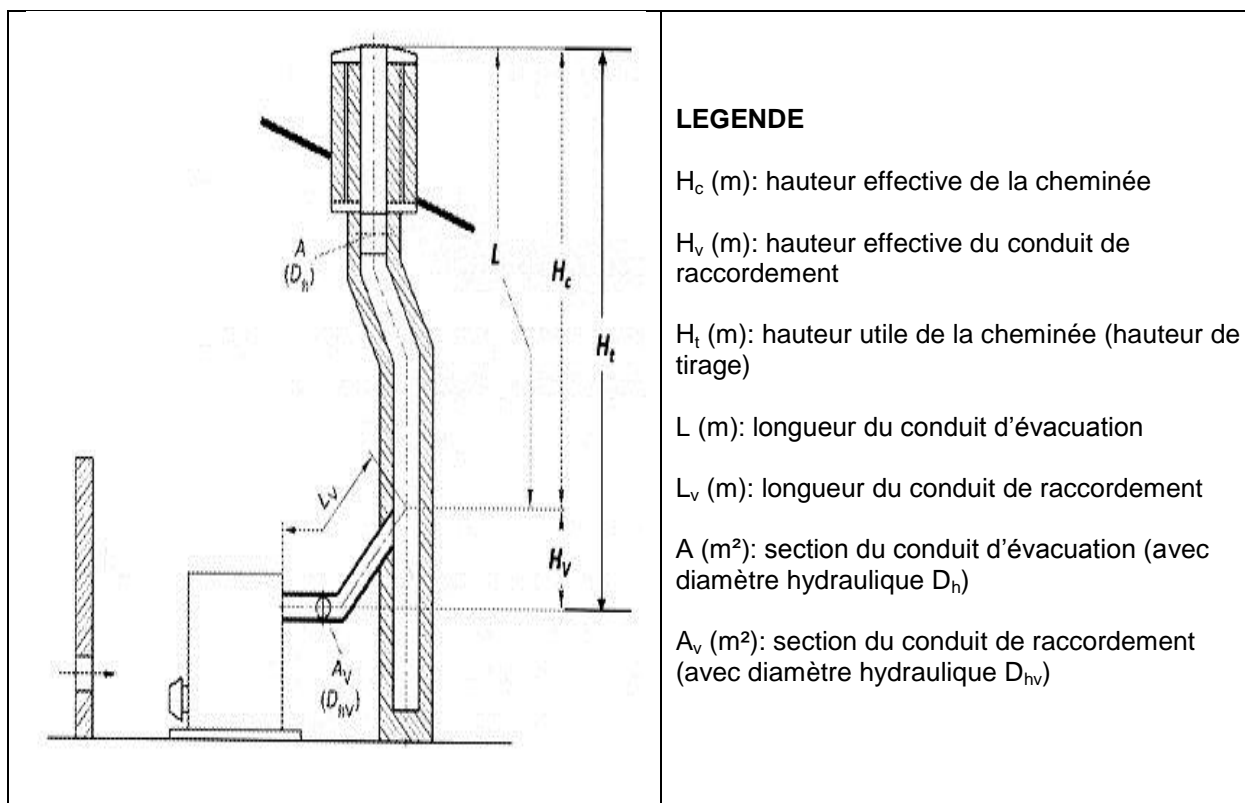


Fig. C3.1.-2 – Hauteurs de tirage et effective, superficie du conduit d'évacuation et de raccordement

1.3. Systèmes d'évacuation de fumée

Par « systèmes d'évacuation de fumée » on comprend des cheminées préfabriquées dont les composants de construction sont conçus par le même fabricant et qui sont approuvés dans leur ensemble comme un seul système livré et installé sur place. Les systèmes d'évacuation de fumée doivent satisfaire aux exigences et prescriptions des normes de produits, NBN EN 1856-1 (produits en métal) et NBN EN 14471 (produits en plastique).

La Fig. C3.1.-3 montre schématiquement les composants d'un système d'évacuation de fumée.

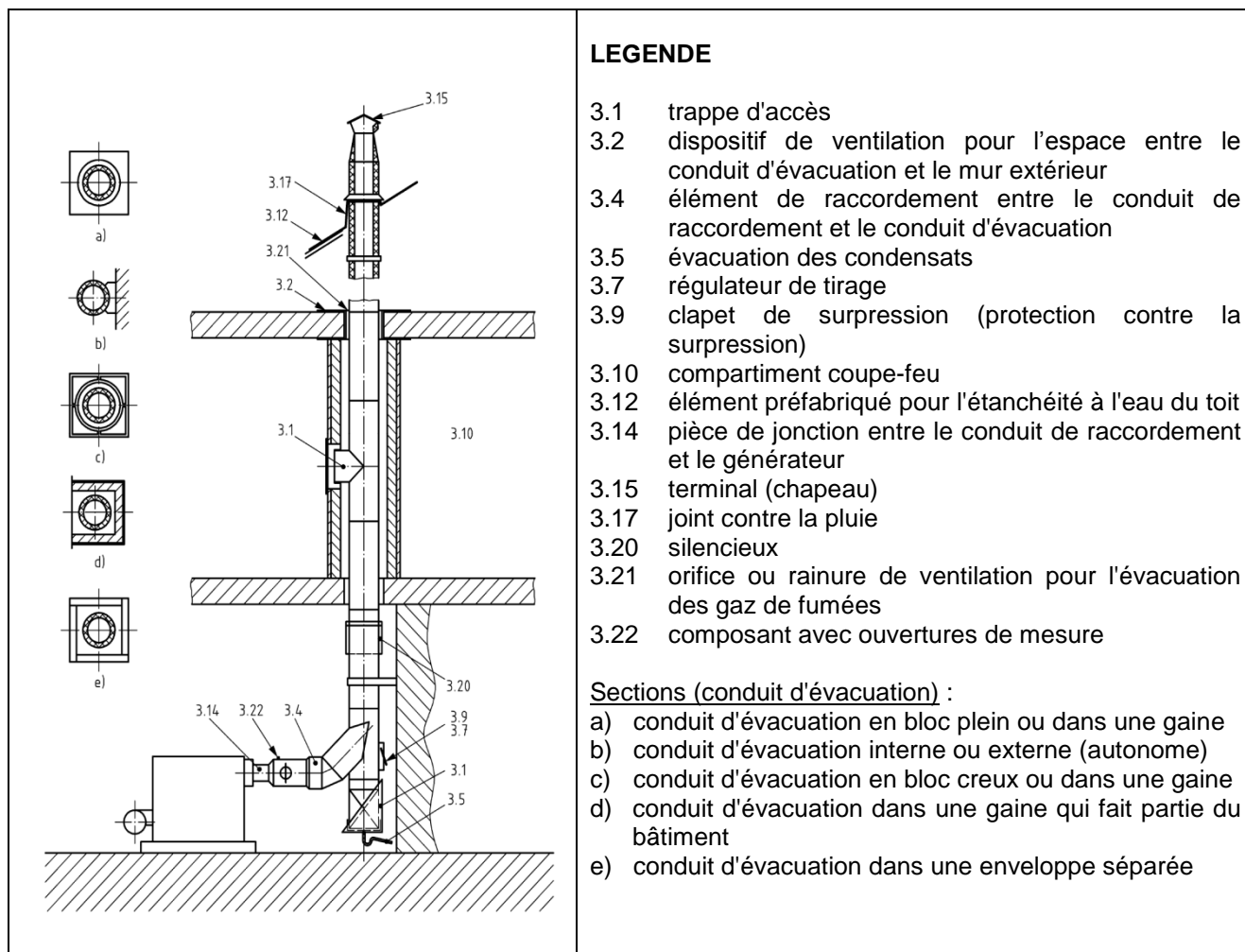


Fig. C3.1.-3 – Composants d'un système d'évacuation de fumée

2. Désignation d'un conduit de fumée

2.1. Impositions

Le conduit d'évacuation, le conduit de raccordement, le raccord entre les conduits de raccordement et d'évacuation et le générateur doivent avoir des classes de désignation appropriées au type de générateur et aux détails relatifs à la structure du bâtiment.

Le conduit de raccordement peut avoir une désignation différente de celle du conduit de fumée.

Exemple : En sortie du générateur existe une pression positive dans le conduit de raccordement, mais la conception du conduit d'évacuation est telle que ce dernier fonctionne en pression négative (tirage).

2.2. Paramètres de désignation

2.2.1. Généralités

On distingue les « paramètres de désignation » suivants :

- T : classe de température
- P : classe de pression positive
- N : classe de pression négative
- W : fonctionnement en conditions humides (W = wet)
- D : fonctionnement en conditions sèches (D = dry)
- Vx : résistance à la corrosion pour W et D ; où x vaut
 - 1 : testé avec gaz et kérosène
 - 2 : testé avec fuel léger et bois pour feu ouvert

- 3 : testé avec fuel lourd et combustible solide (ex. charbon, tourbe et bois pour foyer fermé)
- O : représente l'absence de résistance au feu de cheminée
- G : représente la résistance au feu de cheminée
- xx : est la distance (en mm) par rapport aux matériaux combustibles
- L : représente la spécification du matériau – L suivi de 2 chiffres. Suivent après 3 chiffres pour désigner l'épaisseur de la paroi interne – en 1/100 de mm.

Chaque paramètre de désignation doit être d'une classe au moins égale à celle requise pour le générateur raccordé au conduit ou d'une classe supérieure conformément à la séquence suivante :

- T600 > T450 > T400 > T300 > T250 > T200 > T160 > T140 > T120 > T100 > T080 ;
- P > N ;
- W3 > W2 > W1 ;
- D3 > D2 > D1 ;
- W > D pour une corrosion identique
- Gxx > Oxx ;
- xx (inférieur) > xx(supérieur)

2.2.2. Classes de température

Les classes de températures sont définies dans le tableau C3.1-1 ci-après.

Classe de température	Température. nominale d'utilisation
T 080	≤ 80
T 100	≤ 100
T 120	≤ 120
T 140	≤ 140
T 160	≤ 160
T 200	≤ 200
T 250	≤ 250
T 300	≤ 300
T 400	≤ 400
T 450	≤ 450
T 600	≤ 600

Tab. C3.1.-1 – Classes de températures

2.2.3. Classes de pression

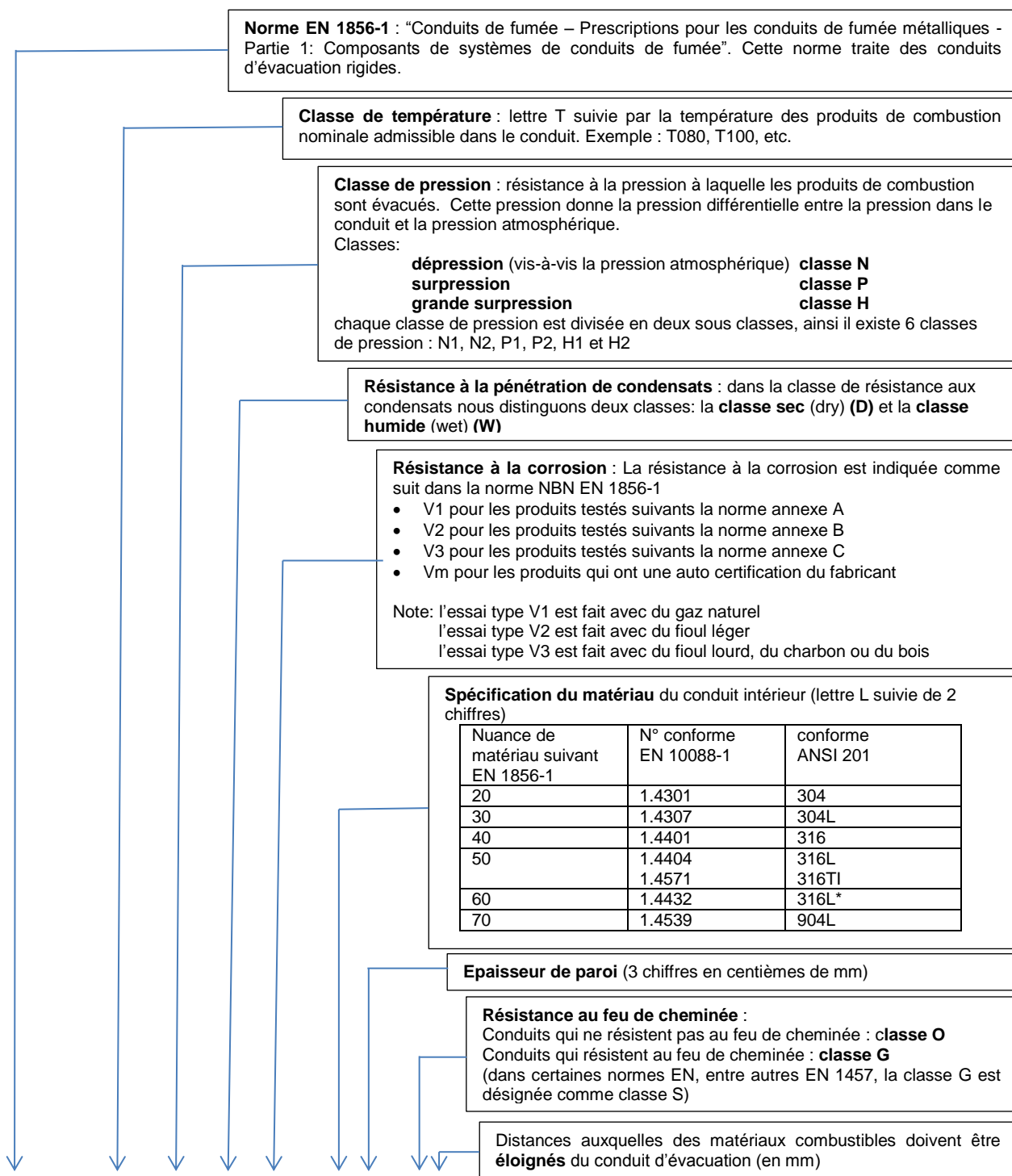
Les classes de pression sont définies dans le tableau C3.1.-2 ci-après.

Classe	Pression maximale d'utilisation Pa	Fuite autorisée $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$	Fonctionnement Evacuation des gaz brulés en dépression / en surpression
N1	40	2,0	en dépression
N2	20	3,0	en dépression
P1	200	0,006	en surpression
P2	200	0,120	en surpression
H1	5000	0,006	en surpression
H2	5000	0,120	en surpression

Tab. C3.1.-2 – Classes de pression

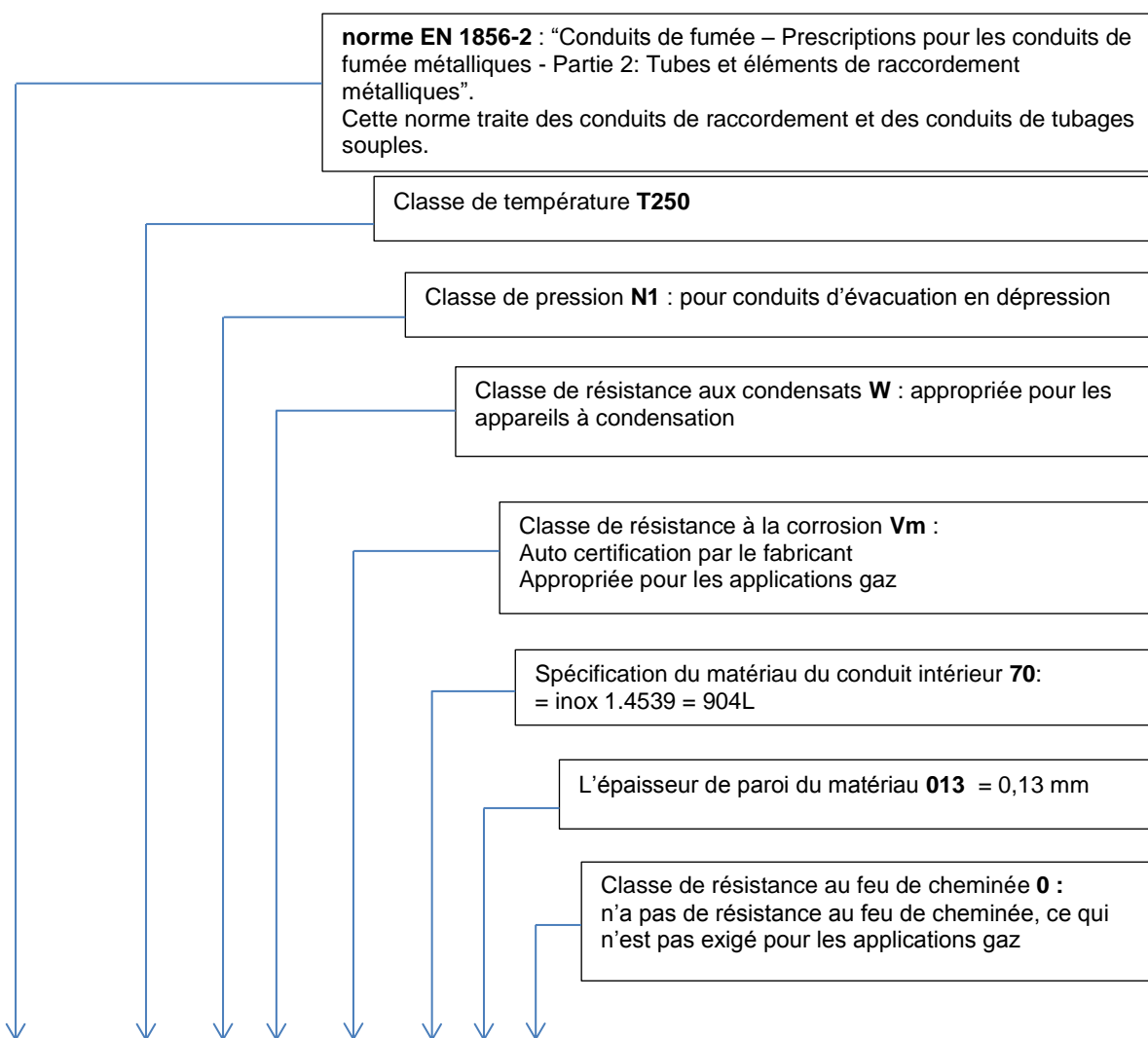
2.3. Marquage obligatoire d'un conduit de raccordement et d'évacuation des produits de combustion

Chaque conduit de fumée doit être marqué comme indiqué dans la norme NBN EN 1443. Un exemple est donné ci-après pour un conduit métallique à double paroi (NBN EN 1856/1) dans la figure C3.1.-4, pour un conduit métallique à simple paroi (NBN EN 1856/2) dans la figure C3.1.-5 et pour un conduit en matière synthétique (plastique) (NBN EN 14471) dans la figure C3.1.-6.



EN1856-1 -T600 - N1 - W - V2 - L50050 - G50

Fig. C3.1.-4 – Exemple de marquage d'un conduit d'évacuation composé – acier inoxydable à double paroi - répondant à la norme NBN EN 1856-1



EN1856-2 - T250 - N1 - W - Vm - L70013 - 0

Fig. C3.1.-5 – Exemple de marquage pour d'un conduit d'évacuation – acier inoxydable à simple paroi - répondant à la norme NBN EN 1856-2

EN 14471 T120 H1 O00 W 2 E D LO

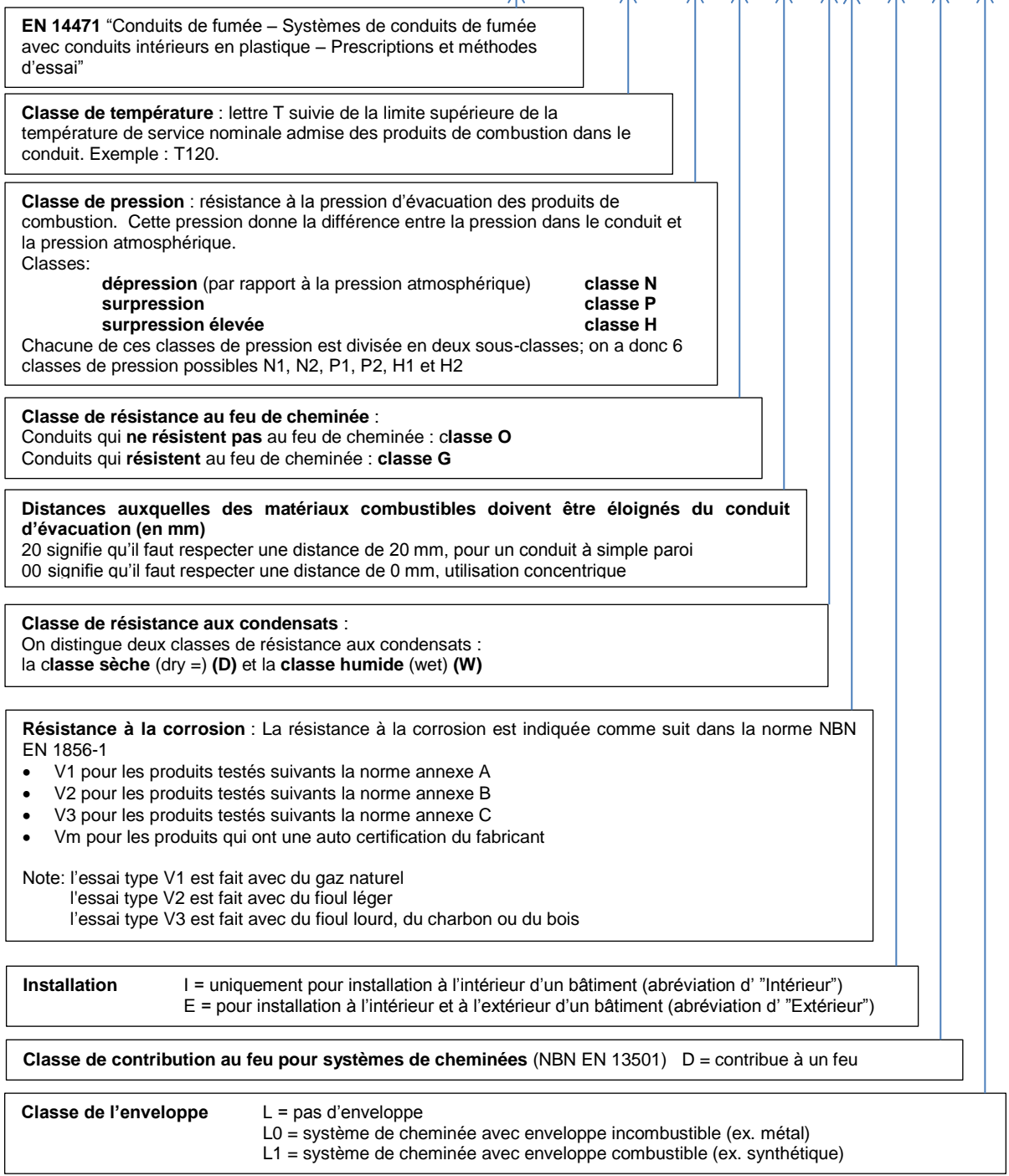


Fig. C3.1.-6 – Exemple de marquage d'un conduit d'évacuation en matériau synthétique répondant à la norme NBN EN 14471

3. Exigences spécifiques pour les conduits de raccordement et d'évacuation

3.1. Matériaux admis

Les cheminées métalliques à double paroi isolée sont les seules autorisées pour les conduits de raccordement et d'évacuation dans les installations régies par le présent cahier des charges type. De plus, seuls sont autorisés les matériaux repris dans le tableau C3.1-3 ci-après.

Les matériaux synthétiques ne sont autorisés que pour les tubages (systèmes liners – voir point 3.2)

INDICATION DE MATÉRIAU - CONDUITS MÉTALLIQUES					TYPE DE GÉNÉRATEUR DE CHALEUR ET COMBUSTIBLE UTILISÉ				
					Gaz (3) (chaudière non à condensation)	Gaz (3) (chaudière à condensation)	Mazout (chaudière non à condensation)	Mazout (chaudière à condensation)	Combustible solide (toutes chaudières)
Type de matériau d'après EN 1856-1 ou EN 1856-2			Acier inoxydable Numéro conforme à						
Num.	Symbole (5)		EN 10088-1	AISI					
20	X5CrNi 18-10	-	1.4301	304	autorisé	interdit	interdit	interdit	interdit
30	X2CrNi 18-9	-	1.4307	304L	autorisé	interdit	interdit	interdit	interdit
40	X5CrNiMo 17-12-2	-	1.4401	316	autorisé	autorisé	autorisé	interdit	interdit
50	X2CrNiMo 17-12-2	-	1.4404	316L	-	-	-	-	autorisé (1)
	X6CrNiMoTi 17-12-2	-	1.4571	316Ti	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé	-
60	X2CrNiMo 17-12-3	-	1.4432	-	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé (1)
70	X1CrNiMoCu 25-20-5	-	1.4539	904L	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé (1)
CONDUITS EN D'AUTRES MATERIAUX									
Plastique – matériau synthétique (2)- p.ex. PP ou PPs (4)					interdit	autorisé (2)	interdit	autorisé (2)	interdit
<p>(1) pour autant qu'un calcul sur base de la norme NBN EN 13384-1 atteste qu'aucune condensation ne puisse apparaître ;</p> <p>(2) les conduits d'évacuation en plastique ne peuvent être autorisés que s'ils satisfont aux exigences du point 9.3.3. de la norme prNBN B61-001-ed.2-2012</p> <p>(3) les applications avec combustibles biogaz sont seuls autorisés avec le matériau : EN 1.4539 ou AISI 904L</p> <p>(4) Les tubages en matériaux synthétiques répondent à la NBN EN 14471</p> <p>(5) Cr (chrome), Cu (cuivre), Mg (magnésium), Mn (manganèse), Mo (molybdène), Ni (nickel), Si (silicium), Ti (titane) et Zn (zinc).</p>									

Tab. C3.1.-3.- Adéquation des matériaux pour les conduits de raccordement et d'évacuation en fonction du type de générateur de chaleur et du type de combustible

3.2. Systèmes liners (tubages)

Seuls les matériaux repris au point 3.1. sont autorisés.

3.3. Raccordements chaudières / cheminées

Ils seront à double paroi isolée si la longueur dépasse 0,5 m ; exceptée la manchette avec les points de mesure.

3.4. Classes de températures minimales exigées

Les classes doivent être conformes au tableau C3.1.-4 ci-après.

Type de générateur de chaleur	Classe de température	Classe de pression (1)	Classe de résistance au feu de cheminée (2)	Classe de résistance aux condensats (3)	Classe de résistance à la corrosion (4)
Gaz Chaudière ouverte	T250	N	O	D	V1 ou 1
Chaudière au gaz avec brûleur à flamme pulsée	T200 – T300	N / P	O	D	V1 ou 1
Gaz Chaudière fermée (étanche)	T200	P	O	D	V1 ou 1
Gaz Chaudière à condensation	T80 – T160	N / P	O	W	V1 ou 1
Fuel léger	T200 – T300	N	G	D	V2 ou 2
Fuel léger Chaudière à condensation	T80 – T160	N / P	O	W	V2 ou 2
Combustible solide	T400	N	G	D	V3 ou 3
(1) Classes de pression : (N) : dépression – (P) : surpression (2) Classes de résistance au feu : (G) : résiste au feu de cheminée – (O) : ne résiste pas au feu de cheminée (3) Classes de résistance aux condensats : (W) : résiste aux condensats – (D) : ne résiste pas aux condensats (4) Classes de résistance à la corrosion : V1, V2 ou V3 : pour conduits de raccordement et d'évacuation en métal – 1, 2 ou 3 : pour conduits en béton, terre cuite ou en matière plastique					

Tab.C3.1.-4 - Choix des conduits de raccordement et d'évacuation en fonction du type de générateur de chaleur y raccordé

3.5. Classes de pression

Les classes seront sélectionnées en fonction de la pression régnant dans la cheminée entre les types: N1, P1 ou H1.

3.6. Notes de calcul

Avant tout montage sur chantier, l'entrepreneur soumet obligatoirement une note de calcul de l'ensemble conduit(s) de raccordement et d'évacuation établie au moyen d'un logiciel conforme à la NBN EN 13384/1 ou 2 à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

3.7. Accessoires obligatoires

Le conduit de raccordement doit être équipé d'au moins une trappe d'accès et d'entretien si son parcours et sa longueur l'exigent.

Dans chaque conduit vertical est prévue une trappe d'accès et d'entretien au pied de celui-ci, ainsi qu'au sommet avant le passage de toiture dans le cas de bâtiments à plus forte hauteur où le ramonage à la brosse n'est pas possible d'en bas, compte tenu de la hauteur de la cheminée.

Des trappes d'accès supplémentaires sont à prévoir, le cas échéant, pour permettre un entretien selon les règles de l'art du conduit d'évacuation ; p.ex. lors de changements de direction du conduit.

3.8. Evacuation des condensats

Au pied de cheminée doit toujours être prévu une évacuation des condensats au travers d'un siphon (de hauteur de niveau d'eau prévue par le fabricant de chaudière - aussi pour les chaudières non à condensation).

Cette évacuation est raccordée au réseau des eaux usées.

Le raccordement est fait au travers d'un appareil de neutralisation des eaux de condensation acides - p. ex. du type à granulés basiques - si le pH de ces eaux risque de ne pas se situer entre min. 6,5 et max.9 au niveau de raccordement de la décharge dans le réseau d'égouttage public.

ARTICLE C3. PAR. 2. DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES THERMIQUES DES PAROIS ET SECTIONS DES CONDUITS DE RACCORDEMENT ET D'ÉVACUATION

1. Résistances thermiques des conduits de raccordement et d'évacuation

La résistance thermique R (désigné par le symbole $\frac{1}{\lambda}$ dans la norme NBN EN 13384) des parois des conduits de raccordement et d'évacuation doit être au moins égale à 0,4 m².K/W.

Les calculs de refroidissement des fumées sont effectués par l'entrepreneur en appliquant les normes NBN EN 13384-1 (un générateur raccordé) et NBN EN 13384-2 (plus d'un générateur raccordé).

2. Sections des conduits de raccordement et d'évacuation

Les sections sont celles calculées suivant les normes :

- NBN EN 13384-1 pour des conduits desservant un seul générateur
- NBN EN 13384-2 pour des conduits desservant plus de un générateur :
 - o soit sous la forme d'un raccordement de plusieurs générateurs en cascade au même niveau d'installation.
 - o soit sous la forme de raccordements de plusieurs générateurs installés à des niveaux d'installation différents.

Si un générateur de type classique (non à condensation) à puissance variable (deux allures ou modulant) ou plusieurs chaudières sont raccordés à une seule cheminée, celle-ci ne pourra présenter de phases de condensation au débouché à n'importe quel régime de puissance ou nombre de chaudières en service.

Il en va de même avec la pression dans le conduit de raccordement et d'évacuation (dépression demandée par le fabricant du générateur ou surpression maximale admissible dans le conduit).

Ceci devra être confirmé par la note de calcul d'après le logiciel conforme à la NBN EN 13384/1 ou 2.

Si un risque de condensation existe, il faudra au moins faire usage d'une ensemble d'évacuation de type W – résistant à l'humidité et équipée de joints d'étanchéité, comme les conduits de type P1 ou H1.

Les matériaux choisis pour l'ensemble du système d'évacuation des fumées doivent bénéficier d'une certification produit CE et doivent être conformes aux différentes normes précitées quel que soit le type de générateur raccordé ; qu'il soit du type à combustion ouverte, du type à combustion étanche par rapport à l'ambiance, du type classique (non à condensation) ou à condensation.

ARTICLE C3. PAR. 3. VENTILATION, AMENÉE ET ÉVACUATION D’AIR DANS LES CHAUFFERIES

1. Généralités

Un local de chauffe doit être pourvu de dispositifs de ventilation qui présentent les objectifs suivants :

1. L'amenée d'air comburant nécessaire à tous les générateurs de chaleur à circuit de combustion ouvert (type B_{1x} et B_{2x}) présents;
2. La limitation de la température intérieure dans le local de chauffe à une valeur maximale admise de (+40°C en été), c.-à-d. quand le local de chauffe peut être ventilé par l'air extérieur à une valeur admise de 30°C ; en hiver, il faut veiller à ce que la ventilation ne puisse pas provoquer de gel dans le local de chauffe;
3. La ventilation du local de chauffe se fait d'une part par l'air extérieur entrant par une grille ou un conduit au bas du local de chauffe (on parle de "ventilation basse") et d'autre part, par l'évacuation de l'air intérieur plus chaud accumulé au plafond et sortant à l'air libre par tirage naturel via une grille ou un conduit (on parle de "ventilation haute"). Les ouvertures prévues à cet effet en bas et en haut dans le local de chauffe ne se ferment jamais. Il est permis que l'amenée d'air se fasse par tirage naturel comme de manière forcée (mécanique). L'évacuation d'air doit toutefois toujours se faire de manière naturelle.
4. L'évacuation des odeurs gênantes ou, éventuellement, de petites quantités de vapeur et de gaz qui peuvent s'échapper des appareils ou canalisations présents à cause de fuites ou de pertes d'étanchéité.

2. Sections d'amenée et d'évacuation d'air

La norme NBN B61-002 ver.1-2006 est d'application pour $P_n < 70$ kW.

La norme NBN B61-001 ver.1-1986 + addendum 1996 est d'application pour $P_n \geq 70$ kW.

Voir tableaux C3.3.-1 et C3.3.-2 ci-dessous.

Type de chaudière	Chaudières courantes concernées	Hauteur cheminée h_t [m]	Puissance installée P_n [kW]	Section A_t de l'amenée [cm ²]
B_{1x}	Atmosphérique gaz	indifférent	$P_n < 70$	$A_t \geq 6 \times P_n$ avec un minimum de 50 cm ² ou 150 cm ² pour porte détalonnée
		$h_t \leq 6$ m	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_t \geq 150 \times (1+0,1x(z-3)) \times P_n / 17,5$
		$h_t > 6$ m	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_t \geq 100 \times (1+0,1x(z-3)) \times P_n / 17,5$
		$h_t \leq 6$ m	$1200 < P_n \leq 12000$	$A_t \geq 300 \times (1+0,1x(z-3)) \times \sqrt{P_n}$
		$h_t > 6$ m	$1200 < P_n \leq 12000$	$A_t \geq 200 \times (1+0,1x(z-3)) \times \sqrt{P_n}$
B_{2x}	Gaz à air pulsé, mazout	indifférent	$P_n < 70$	$A_t \geq 3 \times P_n$ avec un minimum de 50 cm ² ou 150cm ² pour porte détalonnée
		$h_t \leq 6$ m	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_t \geq 150 \times (1+0,1x(z-3)) \times P_n / 17,5$
		$h_t > 6$ m	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_t \geq 100 \times (1+0,1x(z-3)) \times P_n / 17,5$
		$h_t \leq 6$ m	$1200 < P_n \leq 12000$	$A_t \geq 300 \times (1+0,1x(z-3)) \times \sqrt{P_n}$
		$h_t > 6$ m	$1200 < P_n \leq 12000$	$A_t \geq 200 \times (1+0,1x(z-3)) \times \sqrt{P_n}$
C_{xx}	Chaudière étanche (gaz – mazout; murale ou au sol)	indifférent	$P_n < 70$ et $r > 35$	$A_t \geq P_n$ avec un minimum de 50 cm ²
		indifférent	$P_n < 70$ et $r \leq 35$	0
		indifférent	$P_n \geq 70$	Min. 200 cm ²

z = valeur la plus grande entre 3 et n
 n = nombre de coudes + nombre de grilles sur le parcours ($3 \leq n \leq 5$)
 r = Puissance nominale installée (totale) / volume du local de chauffe [kW/ m³]
 h_t = hauteur du conduit d'évacuation des gaz de combustion [m]

Tab.C3.3.-1 - Récapitulatif des sections minimales d'amenée d'air A_t d'un local de chauffe en ventilation naturelle

Type de chaudière	Chaudières courantes concernées	Hauteur h_a [m]	Puissance installée P_n [kW]	Section A_a de l'évacuation [cm ²]
B _{1x}	Atmosphérique gaz	indifférent	$P_n < 70$	$A_a \geq 0,33 \times A_t$ avec un minimum de 50 cm ²
		$h_a \leq 6$ m ou séparé	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_a \geq 0,33 \times A_t$, avec un minimum de 200 cm ²
		$h_a > 6$ m et accolé	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_a \geq 0,25 \times A_c$, avec un minimum de 200 cm ²
B _{2x}	Gaz à air pulsé, mazout	indifférent	$P_n < 70$	$A_a \geq 0,33 \times A_t$ avec un minimum de 50 cm ²
		$h_a \leq 6$ m ou séparé	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_a \geq 0,33 \times A_t$, avec un minimum de 200 cm ²
		$h_a > 6$ m et accolé	$70 \leq P_n \leq 1200$	$A_a \geq 0,25 \times A_c$, avec un minimum de 200 cm ²
C _{xx}	Chaudière étanche (gaz-mazout ; murale ou au sol)	indifférent	$P_n < 70$ et $r > 35$	$A_t \geq P_n$ avec un minimum de 50 cm ²
		indifférent	$P_n < 70$ et $r \leq 35$	0
			$70 \leq P_n \leq 1200$	Min. 200 cm ²

A_t = superficie libre totale des ouvertures d'amenée d'air [cm²]
 A_c = superficie totale des conduits d'évacuation des gaz de combustion [cm²]
 r = Puissance nominale installée (totale) / volume du local de chauffe [kW/m³]
 h_a = hauteur du conduit d'évacuation d'air [m]

Tab.C3.3.-2 - Récapitulatif des sections minimales A_a d'évacuation de l'air d'un local de chauffe en ventilation naturelle

ARTICLE C4. - PRODUCTION DE FROID ET POMPES A CHALEUR

ARTICLE C4. PAR. 0. - TERMINOLOGIE ET DEFINITIONS

1. Machine frigorifique et pompe à chaleur

Les machines frigorifiques et les pompes à chaleur sont des appareils qui extraient de la chaleur d'un milieu donné (la source froide) en vue de la transmettre à un autre milieu (la source chaude) dont la température est plus élevée.

On a affaire à une machine frigorifique lorsque la fonction essentielle de l'appareil consiste à extraire de la chaleur de la source froide.

On a affaire à une pompe à chaleur lorsque la fonction essentielle de l'appareil est de transmettre de la chaleur à la source chaude.

2. Puissance frigorifique

La puissance frigorifique d'une machine frigorifique (ou d'une pompe à chaleur) est la puissance extraite de la source froide.

3. Puissance calorifique

La puissance calorifique d'une pompe à chaleur (ou d'une machine frigorifique) est la puissance transmise à la source chaude.

4. Puissance absorbée

Par puissance absorbée par une machine frigorifique (ou par une pompe à chaleur) il convient d'entendre la puissance totale qui est absorbée par ces appareils, que ce soit sous la forme de chaleur, de travail ou d'électricité, mais à l'exception de :

- la chaleur qui est soustraite à la source froide
- la puissance éventuelle nécessaire pour le transport des fluides caloporteurs de la source froide et de la source chaude

5. Facteur frigorifique (FF)

Le facteur frigorifique d'une machine frigorifique (ou d'une pompe à chaleur) est le rapport de la puissance frigorifique utile à la puissance absorbée.

6. Coefficient de performance (COP)

Le coefficient de performance d'une pompe à chaleur (ou d'une machine frigorifique) est le rapport de la puissance calorifique à la puissance absorbée.

7. Puissance nominale

Par puissance nominale, il convient d'entendre la puissance frigorifique d'une machine frigorifique (ou la puissance calorifique d'une pompe à chaleur), fixée par le constructeur, lorsque l'appareil fonctionne en continu et à la capacité maximale (pour laquelle le fonctionnement continu est autorisé) et ce pour des températures déterminées de la source froide et de la source chaude.

8. Machine frigorifique à compression et pompe à chaleur à compression

Une machine frigorifique à compression (ou une pompe à chaleur à compression) est une machine frigorifique (ou une pompe à chaleur) qui fonctionne selon le cycle suivant : un fluide frigorigène est comprimé dans un compresseur, le fluide en question transmettant ensuite une certaine quantité de chaleur à la source chaude dans un condenseur. Il est ensuite détendu dans un système de détente avant de soustraire une certaine quantité de chaleur à la source froide, dans un évaporateur.

L'entraînement du compresseur nécessite un travail.

9. Machine frigorifique à absorption et pompe à chaleur à absorption

Les machines frigorifiques à absorption (ou les pompes à chaleur à absorption) fonctionnent selon un principe analogue à celui des machines frigorifiques à compression (ou des pompes à chaleur à compression), la compression du fluide frigorigène se faisant cependant par absorption au moyen d'un mélange que l'on fait bouillir par la suite.

Ce cycle exige un apport de chaleur.

ARTICLE C4. PAR. 1. - MACHINES FRIGORIFIQUES A ENTRAINEMENT ELECTRIQUE

Les machines frigorifiques sont composées d'un (ou plusieurs) moto-compresseurs(s), d'un évaporateur, d'un condenseur, des tuyauteries nécessaires et de leurs accessoires ainsi que des appareils de régulation et de l'appareillage électrique.

Les éléments précités sont assemblés en usine en un seul ensemble ; l'ensemble est prêt à fonctionner et essayé (sauf pour les machines frigorifiques munies d'un évaporateur à air ou d'un condenseur à air, qui est placé à une certaine distance).

On distingue, d'après la nature du condenseur et de l'évaporateur :

- évaporateur :

. à eau (eau glacée) : cette eau alimente les batteries de refroidissement dans les groupes de traitement d'air

. à air (détente directe) : l'évaporateur est placé dans un groupe de traitement d'air ou dans l'espace à refroidir

- condenseur :

. à eau : celle-ci peut, par exemple, provenir d'un réfrigérant à évaporation

. à air : - séparé (split-system) de l'évaporateur, par exemple à l'extérieur ou dans un parking

- juxtaposé à l'évaporateur : la machine frigorifique peut être placée intégralement à l'extérieur

1. Moto-compresseur

1.1. Classification

1.1.1. Suivant le principe de fonctionnement

Les types suivants sont autorisés :

- compresseurs à piston
- compresseurs à vis
- compresseurs centrifuges

Le choix entre les différents types est libre, à moins que le cahier spécial des charges prescrive un type particulier.

1.1.2. Suivant le mode d'exécution

Les modes d'exécution suivants sont possibles :

- exécution hermétique : le compresseur est assemblé avec le moteur d'entraînement électrique dans une enveloppe hermétique indémontable
- exécution semi-hermétique (ou hermétique démontable) : idem que ci-dessus, l'enveloppe étant cependant démontable en vue du remplacement éventuel de certaines pièces.
- exécution ouverte : le compresseur et le moteur d'entraînement sont séparés et les axes d'entraînement respectifs sont reliés par un accouplement.

Le choix entre les différents modes d'exécution se fait, pour les compresseurs à entraînement électrique, de la manière suivante :

- puissance frigorifique demandée inférieure ou égale à 50 kW : exécution hermétique ou semi-hermétique
- puissance frigorifique demandée supérieure à 50 kW : exécution semi-hermétique
- l'exécution ouverte n'est pas admise

1.2. Conditions générales

1.2.1. Graissage

Le graissage du compresseur, des coussinets et des éventuels multiplicateurs de vitesse est effectué, sous pression, par une pompe à huile ; pour les compresseurs semi-hermétiques et les compresseurs ouverts il est également prévu un filtre à huile, un pressostat de pression d'huile ainsi qu'un voyant de niveau d'huile.

Le carter à huile contient une résistance électrique qui maintient l'huile à la température nécessaire lorsque le compresseur ne fonctionne pas.

1.2.2. Refroidissement

Le compresseur et le moteur d'entraînement des compresseurs hermétiques et semi-hermétiques sont refroidis par le fluide frigorigène et éventuellement par de l'huile ; le refroidissement de l'huile se fait également par le fluide frigorigène. Les circuits de refroidissement distincts (par exemple à eau) ne sont dès lors pas autorisés.

1.2.3. Moteur d'entraînement électrique

Les moteurs d'entraînement électriques des compresseurs hermétiques et semi-hermétiques sont des moteurs asynchrones triphasés à cage d'écureuil.

Une sonde de température est placée dans les enroulements du moteur. Les moteurs en question sont conçus pour une alimentation selon le réseau disponible.

Le courant de démarrage de la machine frigorifique doit satisfaire aux prescriptions du règlement technique de l'Union des Exploitations Electriques en Belgique.

Au démarrage, la machine fonctionne toujours à l'étage de puissance minimale.

1.3. Compresseurs à piston

Le compresseur a au moins deux cylindres.

La puissance frigorifique de la machine frigorifique est réglable comme suit :

- puissance frigorifique demandée inférieure à 30 kW : marche/arrêt
- puissance frigorifique demandée entre 30 et 150 kW : au moins deux étages, l'étage inférieur correspondant à 50 % de la puissance nominale
- puissance frigorifique demandée entre 150 et 300 kW : au moins trois étages, l'étage inférieur correspondant au maximum à 33 % de la puissance nominale
- puissance frigorifique demandée supérieure à 300 kW : au moins quatre étages, l'étage inférieur correspondant au maximum à 25 % de la puissance nominale

Ce réglage de la puissance peut être effectué soit par l'utilisation de plusieurs compresseurs, soit par un compresseur à puissance réglable.

Dans ce dernier cas, trois méthodes sont autorisées :

- un by-pass entre le côté aspiration et le côté refoulement d'un ou de plusieurs cylindres
- le levage du clapet d'aspiration d'un ou de plusieurs cylindres
- la variation du régime de rotation du moteur d'entraînement

1.4. Compresseurs à vis

Un compresseur à vis est un compresseur volumétrique dans lequel le refoulement est effectué par une ou deux vis d'Archimède.

L'étanchéité entre les vis ainsi que entre vis et corps est assurée par l'huile du système de graissage. La pression d'huile nécessaire peut cependant être livrée par le compresseur lui-même et non par une pompe à huile.

Les compresseurs à vis sont munis d'un by-pass permettant un réglage continu entre 10 et 100% de la puissance nominale.

1.5. Compresseurs centrifuges

Les compresseurs centrifuges sont du type à un ou plusieurs étages. Ils sont munis d'aubes orientables montées sur l'aspiration qui permettent un réglage continu entre 10 et 100% de la puissance nominale.

2. Condenseur

2.1. Condenseur refroidi par eau

Les constructions suivantes sont autorisées :

- avec faisceau tubulaire : cette construction est composée d'un nombre élevé de tubes parallèles ; les tubes sont en cuivre, l'enveloppe étant en acier
- construction coaxiale : ce type de construction est composé de 2 tubes coaxiaux en cuivre qui sont enroulés. Cette construction n'est pas admise lorsque la puissance frigorifique demandée dépasse 50 kW

La perte de pression, côté eau, ne dépasse pas 50 kPa, pour la différence de température indiquée dans le cahier spécial des charges.

Le condenseur est conçu pour une pression de fonctionnement égale à la valeur maximale qui peut être enregistrée avec un minimum de 6 bar, au côté eau. Le condenseur est essayé à une pression de 1,3 fois la valeur précitée. Il est équipé d'un robinet de vidange et d'une purge d'air, au côté hydraulique.

Lorsque l'eau ne circule pas en circuit fermé (elle provient, par exemple, d'une tour de refroidissement ouverte, d'une rivière, de la nappe aquifère, ...), le type à faisceau tubulaire est le seul autorisé : l'eau circule dans des tubes droits. L'intérieur des tubes doit pouvoir être nettoyé mécaniquement en enlevant un couvercle, et ce, sans qu'il faille procéder au démontage de l'un des autres éléments (tuyauterie, robinet, etc.). Un manomètre de différence de pression est également prévu, du côté eau, entre l'entrée et la sortie du condenseur.

2.2. Condenseur refroidi par air

Les condenseurs refroidis par air sont composés de plusieurs rangées de tubes munis d'ailettes. Ils répondent aux prescriptions de l'art. C10. par. 3.. Le condenseur est conçu pour une pression de fonctionnement conforme à la valeur maximale enregistrée. Il sera essayé à une pression de 1,3 fois la valeur de la pression précitée.

L'écoulement de l'air à travers le condenseur est assuré par un (ou plusieurs) ventilateur(s).

Deux cas peuvent se présenter :

- le ventilateur fait partie d'un groupe de traitement d'air (dans le cas où le cahier spécial des charges le décrit ainsi)
- le ventilateur fait partie de la machine frigorifique (autre cas)

Dans ce dernier cas, les ventilateurs sont du type hélicoïdal et à entraînement direct par un moteur électrique. Les parties extérieures des ventilateurs et des moteurs sont un matériau inoxydable. Les ventilateurs sont protégés par une grille en acier inoxydable pour éviter tout contact accidentel. Cette grille doit pouvoir supporter l'équivalent du poids d'un homme.

Les ventilateurs centrifuges peuvent également être utilisés lorsque les ventilateurs sont raccordés à un conduit d'air ou à un silencieux ; l'entraînement se fait directement ou par transmission.

3. Evaporateur

Les évaporateurs répondent aux mêmes prescriptions que les condenseurs. Les évaporateurs sont conçus pour une pression de fonctionnement conforme à la valeur maximale qui peut être enregistrée. Il sera également tenu compte de la pression qui pourrait se produire en cas d'arrêt du compresseur.

Un dispositif de dégivrage est prévu sur l'évaporateur des machines frigorifiques à évaporateur à air dont la température d'évaporation est ou pourrait être inférieure à 0° C.

Deux ou plusieurs évaporateurs seront prévus lorsque la puissance frigorifique demandée est supérieure à 30 kW, de façon qu'un ou plusieurs évaporateurs continuent à fonctionner lorsqu'on procède au dégivrage de l'un des évaporateurs.

4. Exigences diverses concernant le circuit frigorifique

4.1. Tuyauteries

Les tuyauteries sont en cuivre ou en acier ; elles sont reliées par soudage, sauf dans le cas décrit au point 7.4..

Les tuyauteries répondent au moins aux prescriptions suivantes :

- acier : tubes sans soudure conformes à la norme NBN A 25-103 ou A 25-104 - série normale
- cuivre : NBN P 12-101

Si les conditions de fonctionnement (pression, température, ...) l'exigent, les tuyauteries répondent à des exigences plus sévères. Après finition de l'assemblage, le circuit frigorifique entier est soumis à un essai d'étanchéité, à une pression au moins égale à la pression maximale en service.

4.2. Fluide frigorigène

Le fluide frigorigène fait partie du groupe 1 suivant ISO R 1662. Le constructeur choisit le fluide frigorigène en fonction des températures demandées au condenseur et à l'évaporateur ainsi qu'en fonction du type de compresseur utilisé. Le fluide frigorigène ne peut en aucun cas porter atteinte aux matériaux dans lesquels le compresseur, les tuyauteries et l'évaporateur ont été fabriqués.

4.3. Accessoires sur le circuit

Filtre-sécheur

Le filtre-sécheur comporte un élément qui assure la filtration du fluide frigorigène et qui absorbe l'humidité qui aurait éventuellement pu pénétrer dans l'appareil. L'état du filtre-sécheur peut être vérifié à travers un voyant. Le filtre-sécheur est muni d'un couvercle amovible permettant le remplacement de l'élément filtrant (pas exigé pour les machines hermétiques).

Système de détente

Le système de détente assure la détente des gaz condensés. Le type de système de détente et le réglage sont au choix du constructeur.

4.4. Isolation thermique

L'évaporateur, s'il refroidit de l'eau, et les tuyauteries du fluide frigorigène froid sont isolés par un matériau souple, étanche à la vapeur d'eau, à structure à cellules fermées et paroi extérieure lisse (mousse de polyéthylène ou caoutchouc synthétique), conforme à l'art. C41. point 1.1.. L'épaisseur minimale est de 13 mm. Les joints sont collés avec soin et fortement comprimés les uns contre les autres de manière à obtenir une étanchéité parfaite.

L'évaporateur des groupes frigorifiques destinés à être placés à l'extérieur est enveloppé par une spirale de chauffe qui se met automatiquement en marche en cas de risque de gel ; l'épaisseur de l'isolation est de 20 mm au minimum.

4.5. Prescriptions particulières pour certains types de compresseurs

Compresseurs à piston

Les machines frigorifiques à compresseur à piston sont équipées des dispositifs nécessaires afin d'éviter les dégâts qui pourraient être provoqués par l'aspiration de fluide frigorigène non évaporé.

Plusieurs solutions sont possibles à cet effet, notamment :

- placement d'un séparateur de fluide-accumulateur sur la conduite d'aspiration du compresseur, qui assure la séparation du fluide
- prévoir une construction particulière pour les culasses de manière à ce que celles-ci puissent se déplacer en cas de pression excessive
- effectuer le réglage de manière à ce qu'aucun liquide ne puisse sortir de l'évaporateur et de manière à ce qu'aucun liquide ne puisse s'y accumuler en cas d'arrêt de l'appareil

Compresseurs à vis

Ces compresseurs sont munis, du côté refoulement, d'un séparateur d'huile qui sépare l'huile entraînée par le fluide frigorigène, et qui ramène ensuite cette huile dans le carter d'huile.

Compresseurs centrifuges

Lorsque la pression d'évaporation est inférieure à la pression atmosphérique, la machine frigorifique est munie d'un dispositif de purge automatique qui assure l'évacuation en dehors du circuit de toute l'humidité et de toutes les masses d'air qui auraient pu y pénétrer.

4.6. Protection contre les pressions excessives

Chaque machine frigorifique est munie des moyens de protection contre les pressions excessives (soupapes de sûreté, disques de rupture, fusibles) dans le circuit frigorifique, tels que décrits au point 50. de ISO R 1662.

La décharge de ces dispositifs de sécurité ne peut cependant pas se faire dans des locaux où se trouvent des appareils à combustion ou des groupes de traitement d'air, ou dans des locaux à occupation humaine (excepté si la machine frigorifique dessert uniquement le local où elle se trouve). Au besoin des tuyauteries sont prévues qui peuvent évacuer la décharge complète en dehors du bâtiment.

5. Régulation, commande et signalisation

5.1. Sécurité

Les machines frigorifiques sont munies des dispositifs de sécurité suivants :

- un pressiostat haute pression du côté refoulement du compresseur (*)
- un pressiostat basse pression du côté aspiration du compresseur
- un pressiostat de pression d'huile (sauf pour les compresseurs hermétiques) (*)
- un convertisseur, qui convertit les signaux des sondes de température dans les enroulements du moteur en un signal marche/arrêt

Les machines frigorifiques à évaporateur à eau sont en outre munies, du côté eau de l'évaporateur, des éléments suivants :

- un thermostat antigel (*)
- un contrôleur de débit

Le groupe est arrêté en cas de sollicitation de l'un des dispositifs de sécurité. Les sécurités suivies du signe "(*)" sont à réarmement manuel ; le bouton de réarmement est facilement accessible.

Après l'arrêt du compresseur, il s'écoule un certain temps (ordre de grandeur 10 min.) avant qu'il puisse être remis en marche.

La protection électrique est assurée conformément à l'art. C22. par. 3..

5.2. Régulation

5.2.1. Régulation de la machine frigorifique

a. Machine frigorifique avec évaporateur du type à eau

La régulation est assurée par un aquastat réglable situé dans le départ ou le retour du circuit d'eau glacée. L'aquastat assure aussi bien la régulation du fonctionnement marche/arrêt de la machine que la régulation de la puissance (le cas échéant) en étages, ou de manière modulante.

Le cahier spécial des charges peut par ailleurs imposer des conditions différentes ou complémentaires telles que :

- la possibilité d'empêcher le fonctionnement par un signal externe
- la possibilité de modifier le point de réglage de l'aquastat par un signal externe
- la possibilité de régler la puissance par un régulateur externe au lieu de l'aquastat (par exemple lorsqu'il y a plusieurs machines frigorifiques)

b. Machines frigorifiques avec évaporateur du type à air

Il existe plusieurs possibilités. La régulation à utiliser est indiquée dans le cahier spécial des charges.

b.1. Régulation directe sur le compresseur

Un signal provenant par exemple d'un thermostat ou d'un régulateur externe (ne faisant pas partie de la machine frigorifique, ce point est décrit d'une manière plus détaillée dans le cahier spécial des charges) commande le fonctionnement marche/arrêt de la machine ainsi que (le cas échéant, voir points 1.3., 1.4. et 1.5.) la régulation de la puissance en étages, ou de manière modulante.

b.2. Régulation modulante sur l'évaporateur

Les éléments suivants font partie de cette régulation :

- Un robinet de régulation modulant entre l'évaporateur et le côté aspiration du compresseur. Le robinet en question est commandé par un thermostat ou par un régulateur externe (ne faisant pas partie de la machine frigorifique, ce point est décrit de manière plus détaillée dans le cahier spécial des charges).
- Dans le cas d'un compresseur à puissance réglable : un régulateur de pression sur la conduite d'aspiration du compresseur, assurant la régulation de la puissance.

Le fonctionnement se fait comme suit :

- Le robinet de régulation modulant détermine la quantité de vapeur extraite de l'évaporateur et permet dès lors de régler, de manière modulante, la puissance extraite de l'air par l'évaporateur.
- Lorsque la pression d'aspiration baisse du fait de l'action du robinet de régulation, le régulateur de pression réduit (en étages ou de manière modulante) la puissance de la machine frigorifique, de manière à ce que la pression d'aspiration ne soit pas inférieure à une valeur donnée.

La puissance frigorifique doit être réglable de façon modulante entre la puissance nominale et environ la moitié de l'étage de fonctionnement le plus bas (voir points 1.3., 1.4. et 1.5.) du compresseur.

Dans le cas où il y a plusieurs évaporateurs, le cahier des charges peut prescrire une régulation indépendante pour chaque évaporateur.

b.3. Régulation modulante sur l'évaporateur + by-pass de gaz chauds

Afin d'obtenir une régulation entièrement modulante entre 0 et 100 % de la puissance nominale, la méthode précédente est complétée avec les éléments suivants :

- Un by-pass de gaz chauds entre le côté refoulement et le côté aspiration du compresseur. Une soupape d'expansion, commandée en fonction de la pression d'aspiration, est prévue sur le by-pass.
- Un by-pass de désurchauffe entre la sortie du condenseur et l'aspiration du compresseur. Une soupape d'expansion, commandée en fonction de la température d'aspiration, est prévue sur ce by-pass.

Le fonctionnement se fait comme suit :

- Au cas où la pression d'aspiration continue à baisser lorsque la machine frigorifique fonctionne à l'étage le plus bas, le by-pass de gaz chauds envoie du gaz comprimé vers le côté aspiration afin d'éviter toute nouvelle baisse de la pression d'aspiration.
- Lorsque, en conséquence de ce qui précède, la température d'aspiration devient trop élevée, le by-pass de désurchauffe renvoie une certaine quantité de fluide frigorigène condensé vers le côté aspiration afin de refroidir les gaz d'aspiration.

b.4. Régulation modulante le by-pass de gaz chauds

Cette méthode, une version simplifiée de la précédente, prévoit un by-pass de gaz chauds qui renvoie directement une partie du gaz comprimé vers l'évaporateur sans que celui-ci ne passe par le condenseur. Un robinet de régulation modulant, commandé par un thermostat ou par un régulateur externe (ne faisant pas partie de la machine frigorifique ; ceci est décrit de manière plus détaillée dans le cahier spécial des charges), est placé dans le circuit du by-pass.

5.2.2. Réglage du refroidissement du condenseur

a. Condenseur refroidi par eau

Une régulation externe ne faisant pas partie de la machine frigorifique veille à ce que la température de l'eau assurant le refroidissement du condenseur se situe entre certaines limites (voir 8.).

b. Condenseur refroidi par air

La régulation du refroidissement fait partie de la machine frigorifique. Elle influe sur le nombre de ventilateurs en fonctionnement ou sur leur régime, ou sur des clapets d'air, ou sur un by-pass, ou encore sur une combinaison des éléments précités.

5.2.3. Régulation du cycle de dégivrage

La régulation du cycle de dégivrage des machines frigorifiques munies d'un évaporateur à air et d'un dispositif de dégivrage est laissée au choix du constructeur.

5.3. Commande

Les commutateurs suivants sont placés sur le tableau électrique propre de la machine frigorifique en vue d'en assurer la commande :

- Un commutateur à trois positions (arrêt/automatique/continu) qui assure les fonctions suivantes :
 - . arrêt : la machine frigorifique ne fonctionne pas mais reste sous tension
 - . automatique : la machine frigorifique fonctionne sous le contrôle de la régulation décrite au point 5.2.1.
 - . continu : la machine frigorifique fonctionne en continu indépendamment de la régulation mais cependant sous le contrôle des dispositifs de sécurité décrits au point 5.1.
- Un commutateur pour le réglage de la puissance (le cas échéant). Ce commutateur règle la puissance de la machine frigorifique lorsque le commutateur à trois positions se trouve sur la position continu.

Cependant, ces commutateurs peuvent être remplacés par un autre système à utilisation simple, pour autant que celui-ci offre les mêmes possibilités (c.à.d. qu'il doit être toujours possible de faire fonctionner la machine frigorifique à chaque étage de fonctionnement, en dérogation de la régulation automatique, et ceci sans qu'il y ait lieu de modifier les consignes de cette régulation automatique).

Pour les machines frigorifiques situées à l'extérieur, on installera sur le tableau électrique alimentant la machine frigorifique (et donc pas le tableau de la machine proprement dit) outre le commutateur prévu à l'art. C22. par. 3. point 1.2.2., également un commutateur à deux positions arrêt/marche.

Le commutateur en question opère uniquement lorsque le commutateur à trois positions, dont il est question au premier alinéa, se trouve sur la position automatique. Il permet l'arrêt à distance de la machine frigorifique, celle-ci restant cependant sous tension. Un tel commutateur n'est cependant pas nécessaire lorsque la machine frigorifique peut être arrêtée à distance d'une autre manière (par exemple par un appareil de régulation et de commande programmable).

Pour les machines frigorifiques situées à l'extérieur ou invisibles à partir du tableau électrique assurant l'alimentation de la machine frigorifique, on installera sur le tableau électrique de la machine elle-même, également un interrupteur général marche/arrêt permettant d'interrompre complètement l'alimentation électrique de la machine frigorifique.

Les condenseurs refroidis par air placés séparément sont également munis d'un tel interrupteur.

5.4. Signalisation

Les lampes témoins suivantes sont placées sur le tableau électrique de la machine frigorifique pour la signalisation du fonctionnement:

- lampe blanche : machine sous tension
- lampe verte : machine en fonctionnement
- lampe verte : machine fonctionnant à pleine puissance (uniquement pour les machines à puissance réglable)
- lampe rouge : dérangement

Lorsque la puissance frigorifique demandée est supérieure à 300 kW, le tableau de commande de la machine est équipé de trois manomètres destinés respectivement à la pression d'huile, à la pression d'évaporation et à la pression de condensation. Chaque circuit dispose de ses propres manomètres lorsqu'il y a plusieurs circuits d'huile ou circuits frigorigènes indépendants.

Les machines frigorifiques installées à l'extérieur disposeront en outre des lampes témoins suivantes :

- sur le tableau électrique de la machine frigorifique elle-même: une lampe témoin de couleur orange qui signale toute commande manuelle dérogeant à la régulation automatique
- sur le tableau électrique alimentant la machine frigorifique : les cinq lampes témoins précitées (celles-ci sont dès lors dédoublées), sauf lorsqu'une autre méthode de contrôle à distance est prévue (par exemple par un appareil de régulation et de commande programmable).

5.5. Tableau électrique

Le tableau électrique de la machine répond à la norme NBN C 63-439. Il est complètement câblé, raccordé au compresseur et à ses accessoires et il est testé dans l'usine du constructeur.

6. Châssis

6.1. Généralités

Les composants précités, tels que le moto-compresseur, l'évaporateur (sauf pour le "split-system"), le condenseur (sauf lorsqu'il s'agit d'un condenseur séparé refroidi par air), les accessoires et le tableau électrique sont montés dans un châssis solide constitué de profils en acier. Lorsque le châssis est recouvert de panneaux, le tableau électrique peut y être intégré à condition qu'il soit satisfait aux prescriptions figurant au 5.5.. Cependant une construction autoportante, dans laquelle les différents éléments sont fixés l'un à l'autre, est également admise. L'ensemble est muni d'une peinture ou d'un coating suivant l'art. C40. par. 3..

6.2. Machines frigorifiques pour placement à l'extérieur

Le moto-compresseur et les accessoires sont placés dans un compartiment composé de panneaux métalliques amovibles. Toutes les parties métalliques du châssis ainsi que les panneaux sont galvanisés à chaud avant la peinture.

L'entrepreneur soumet les rapports d'essai suivants concernant la peinture ou le coating :

- en cas de peinture :

- . essai de quadrillage (voir l'art. C40. par. 3. point 4.2.4.)
- . essai au brouillard salin 400 heures (point 4.3.3.)

- en cas de coating :

- . essai d'adhérence (point 5.2.3.)
- . essai au brouillard salin (5.2.4.)

Les condenseurs séparés refroidis par air sont également montés dans un châssis répondant aux conditions précitées.

6.3. Atténuation de vibrations

Toutes les dispositions nécessaires sont prises pour éviter les influences nuisibles des vibrations des compresseurs sur les autres éléments de la machine, tels que les appareils de régulation et de sécurité.

6.4. Atténuation de bruit

Lorsque les conditions acoustiques le nécessitent, les machines frigorifiques sont pourvues d'un caisson insonorisé. Celui-ci est constitué de panneaux métalliques amovibles (suivant 6.1. et 6.2.), éventuellement revêtus à l'intérieur de matériau d'absorption acoustique et/ou à double paroi. Tous les appareils de commande et de signalisation doivent rester visibles et accessibles librement.

Lorsque les conditions acoustiques le nécessitent, les condenseurs refroidis par air sont pourvus d'atténuateurs de bruit ou d'écrans anti-bruit, fabriqués en acier galvanisé et peints suivant les conditions précitées.

Le matériau d'absorption acoustique dans le caisson, dans les atténuateurs et dans les écrans est incombustible (classe A1 suivant NBN S 21-203), durable, imputrescible et résistant à la vermine. Il est en plus pourvu des moyens de protection nécessaires pour éviter qu'il ne s'érode et ne devienne humide en cas de pluie.

7. Pose des tuyauteries pour le fluide frigorigène

Les prescriptions suivantes s'appliquent aux tuyauteries pour le fluide frigorigène qui doivent être posées et raccordées sur place, par exemple pour le raccordement aux condenseurs séparés ou aux évaporateurs à air.

Les prescriptions du point 4.1. s'appliquent également.

7.1. Installation

Le choix des diamètres, de la longueur et de la différence de niveau maximales ainsi que le placement des tuyauteries sont effectués conformément aux prescriptions du fabricant de la machine frigorifique de manière à assurer le bon fonctionnement de l'ensemble et à garantir le retour de l'huile vers le compresseur.

Les tuyauteries sont éloignées le plus possible de sources de chaleur.

Le mode de fixation et de support, ainsi que les traversées de parois satisfont aux mêmes prescriptions que pour les tuyauteries de chauffe.

7.2. Essai

Après leur placement, les tuyauteries sont essayées à une pression égale à 1,5 fois la pression maximale en service.

Deux essais sont prévus :

- un premier essai est effectué sous pression d'azote ; les fuites éventuelles sont recherchées avec une solution de savon
- un deuxième essai est effectué avec un mélange d'azote et de fluide frigorigène ; les fuites éventuelles sont recherchées au moyen d'un détecteur d'halogène

Les essais sont recommencés après la réparation des fuites éventuelles.

7.3. Remplissage

L'installation est vidée et mise sous vide après la fin des essais. On la remplit ensuite avec de l'azote sec, avant de la vider une nouvelle fois et de la remettre sous vide. L'installation est finalement remplie avec le fluide frigorigène.

7.4. Tuyauteries préalablement remplies

L'utilisation de tuyauteries préalablement remplies avec du fluide frigorigène est également autorisée. Les extrémités des tubes sont équipées de raccords spéciaux munis de bouchons qui s'ouvrent automatiquement lors du vissage. Les tuyauteries sont posées conformément aux instructions du fabricant.

7.5. Isolation

Les conduites sont isolées conformément aux prescriptions de l'art. C.41. ; les travaux d'isolation ne font cependant pas partie de la fourniture de la machine frigorifique.

8. Performances

8.1. Gamme de températures

Toute machine frigorifique doit pouvoir fonctionner lorsque les températures au condenseur et à l'évaporateur sont les suivantes :

- condenseur :

- . à air : - température de l'air : entre 0 et 35° C
- . à eau : - température de l'eau entrante : entre 20 et 30° C
- différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie du condenseur : entre 4 et 8° C

- évaporateur :

- . à air : - température de l'air entrant : entre 15 et 35° C
- température de l'air sortant : entre 10 et 25° C
- . à eau : - température de l'eau sortante : entre 5 et 10° C
- différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur : entre 4 et 8° C

A l'arrêt, la machine frigorifique doit pouvoir résister sans conséquences néfastes, à toutes les températures qui pourraient résulter de la nature de l'installation et des conditions climatiques intérieures et extérieures.

Toutes les dispositions nécessaires sont prises à cet effet.

8.2. Facteur frigorifique

Le facteur frigorifique FF doit au moins avoir la valeur suivante lorsque la machine frigorifique fonctionne à sa puissance nominale :

$$KF = \frac{135}{T_{1i} - T_{2u} + 20}$$

dans cette équation

T_{1i} = température de la source chaude à l'entrée du condenseur (°C)

T_{2u} = température de la source froide à la sortie de l'évaporateur (°C)

Les valeurs de T_{1i} et T_{2u} sont celles utilisées dans le cahier spécial des charges pour déterminer la puissance frigorifique.

Lorsque la puissance frigorifique demandée est de 300 kW ou plus, le facteur frigorifique sera pour chaque étage de fonctionnement dont la puissance frigorifique se situe entre 45 % et 100 % de la puissance nominale, au moins égale à 90% du facteur frigorifique défini ci-dessus.

Lorsque la machine frigorifique est munie d'un évaporateur à air, il n'est pas tenu compte du cycle de dégivrage éventuel, le facteur frigorifique étant alors mesuré entre deux cycles de dégivrage.

9. Essai - plaque signalétique

9.1. Prescriptions d'installation

Lors de l'installation d'une machine frigorifique à évaporateur à eau, les dispositions nécessaires sont prises afin de permettre une mesure précise de la puissance frigorifique.

Cela comprend :

- deux "doigts de gant" (pour sonde de température) sur le départ et le retour de l'évaporateur

- une partie démontable dans la tuyauterie de départ ou de retour de l'évaporateur (côté hydraulique), afin de pouvoir placer un compteur d'eau aux dimensions normalisées ; cette partie doit être prévue entre l'évaporateur et son robinet d'isolement. Les prescriptions d'installation (position, tuyauteries droites) correspondant au type de compteur prévu sont respectées.

9.2. Essai

Lorsque la puissance frigorifique demandée est de 300 kW ou plus, l'entrepreneur soumet à l'administration un procès-verbal d'essai de la machine frigorifique, avant l'approvisionnement sur chantier.

Les essais sont effectués par ou sous contrôle d'un organisme indépendant.

Le procès-verbal atteste :

- que la puissance frigorifique est au moins égale à la valeur demandée dans le cahier spécial des charges et ce pour les températures à l'évaporateur et au condenseur indiquées dans le cahier spécial des charges
- que le facteur frigorifique est au moins égal aux valeurs requises (à la puissance nominale et aux puissances partielles, le cas échéant, cfr. 8.2.)

9.3. Plaque signalétique

La machine frigorifique est munie d'une plaque signalétique en matière durable et dont les inscriptions sont indélébiles. La plaque signalétique est solidement fixée à un endroit facilement accessible et visible ; elle porte les indications suivantes :

- nom du constructeur
- modèle et numéro de série
- année de fabrication
- type et quantité de fluide frigorigène
- la puissance absorbée et la puissance frigorifique pour les températures à l'évaporateur et au condenseur indiquées dans le cahier spécial des charges, ainsi que ces températures

10. Indications à fournir dans le cahier spécial des charges

Le cahier spécial des charges fournit les renseignements suivants :

- puissance frigorifique
- nature de la source froide : eau ou air
- température de la source froide à l'entrée et à la sortie de l'évaporateur

- dans le cas de l'air comme source froide : nature, emplacement et débit du groupe de traitement d'air dans lequel l'évaporateur est éventuellement incorporé ; mode de régulation de la machine frigorifique (voir 5.2.1.b.)
- nature de la source chaude : eau ou air
- température de la source chaude à l'entrée du condenseur (également à la sortie, pour un condenseur à eau)
- dans le cas de l'air comme source chaude : indiquer s'il s'agit d'un condenseur séparé ou d'un condenseur incorporé. Il convient, dans ce dernier cas, de préciser si la machine frigorifique est placée à l'extérieur

11. Conditions particulières pour les machines frigorifiques de faible puissance

Ces impositions sont d'application aux machines frigorifiques dont la puissance frigorifique demandée est inférieure ou égale à 10 kW. Les prescriptions des points 1.2., 1.3., 1.4., 1.5., 5.3., 5.4., 5.5. et 8.2. ne sont pas d'application.

Concernant le compresseur, sont également admis les compresseurs rotatifs et les compresseurs du type scroll.

Le moteur d'entraînement est du type triphasé ; cependant les moteurs monophasés sont admis lorsque la puissance frigorifique demandée est inférieure à 5 kW.

Les dispositifs de sécurité, mentionnés au point 5.1., peuvent être remplacés par d'autres éléments ou dispositions pour autant que ceux-ci donnent les mêmes garanties.

ARTICLE C4. PAR. 2. - POMPES A CHALEUR A ENTRAINEMENT ELECTRIQUE

Les pompes à chaleur sont semblables aux machines frigorifiques, leur fonction essentielle étant cependant de transmettre de la chaleur à la source chaude (c'est-à-dire du côté du condenseur).

Les pompes à chaleur répondent aux prescriptions des machines frigorifiques (c'est-à-dire au par. 1 du présent article ; il convient d'y remplacer "puissance frigorifique" par "puissance calorifique"), à l'exception des points 5.2., 8. et 10., lesquels sont remplacés et complétés par les prescriptions suivantes.

2.2. Condenseurs refroidis à air

Le condenseur peut, soit être intégré dans un groupe de traitement d'air, soit être équipé d'un ventilateur assurant le passage de l'air à travers le condenseur ; le cahier spécial des charges donne des précisions à ce sujet.

3. Evaporateur du type à air

L'évaporateur peut, soit être accolé à la pompe à chaleur, soit être monté dans un châssis séparé conformément au par. 1. point 6.. Les dimensions de l'évaporateur sont telles qu'il n'y ait aucune formation de gel lorsque la température de l'air est de 7° C ou plus. Le réglage du cycle de dégivrage est laissé au libre choix du constructeur, mais le fonctionnement de ce cycle ne peut cependant pas intervenir lorsque la température de l'air est de 7° C ou plus.

5.2. Régulation

La régulation est effectuée comme il est indiqué au cahier spécial des charges. Un thermostat ou un autre régulateur commande, en règle générale, le fonctionnement marche/arrêt de la pompe à chaleur (et, le cas échéant, la régulation de la puissance, en étages ou de façon modulante) en fonction de la température de départ de la source chaude. Le thermostat en question ne fait pas partie de la pompe à chaleur.

La commande des ventilateurs de l'évaporateur fait partie de la pompe à chaleur lorsqu'il s'agit d'une pompe à chaleur à évaporateur à air.

8. Performances

8.1. Gamme des températures

Toute pompe à chaleur doit pouvoir fonctionner lorsque les températures au condenseur et à l'évaporateur sont les suivantes :

- condenseur :

. à air : - température de l'air entrant : entre 0 et 35° C

- . à eau : - température de l'eau sortante : entre 20 et 55° C
- différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie du condenseur : entre 0,7 et 1,4 fois la différence de température nominale indiquée dans le cahier spécial des charges
- évaporateur :
 - . à air : - température de l'air entrant entre 0 et 25° C
 - . à eau ou à eau glycolée :
 - température de l'eau entrante : entre -5 et 25° C
 - différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur : entre 4 et 8° C

A l'arrêt, la pompe à chaleur doit pouvoir résister, sans conséquences néfastes, à toutes les températures qui pourraient résulter de la nature de l'installation et des conditions climatiques intérieures et extérieures.

Toutes les dispositions nécessaires sont prises à cet effet.

8.2. Coefficient de performance

Le coefficient de performance (COP) doit atteindre au moins la valeur suivante lorsque la pompe à chaleur fonctionne à sa puissance nominale :

$$\text{COP} = \frac{135}{T_{1u} - T_{2i} + 20} + 1$$

dans cette équation

T_{1u} = température de la source chaude à la sortie du condenseur
(°C)

T_{2i} = température de la source froide à l'entrée de l'évaporateur
(°C)

Les valeurs de T_{1u} et T_{2i} sont celles utilisées dans le cahier spécial des charges pour déterminer la puissance calorifique.

Lorsque la puissance calorifique demandée est de 300 kW ou plus, le coefficient de performance sera pour chaque étage de fonctionnement dont la puissance calorifique se situe entre 45 % et 100 % de la puissance nominale, au moins égal à 90% du coefficient de performance défini ci-dessus.

Lorsque la pompe à chaleur est munie d'un évaporateur à air, il n'est pas tenu compte du cycle de dégivrage éventuel, le COP étant alors mesuré entre deux cycles de dégivrage.

9. Essai - plaque signalétique

Dans le point 9. du par. 1., il convient de remplacer "facteur frigorifique" par "coefficient de performance".
Les prescriptions d'installation du point 9.1. sont d'application au condenseur au lieu de l'évaporateur.

10. Indications à fournir dans le cahier spécial des charges

Le cahier spécial des charges fournit les renseignements suivants :

- puissance calorifique
- nature de la source froide : eau, air, eau glycolée
- température de la source froide à l'entrée de l'évaporateur ; en cas d'eau, également à la sortie
- en cas d'utilisation d'air : indiquer s'il s'agit d'un évaporateur séparé ou incorporé
- nature de la source chaude : eau ou air
- température de la source chaude à l'entrée et à la sortie du condenseur
- en cas d'utilisation d'air comme source chaude : indiquer la nature, l'emplacement et le débit du groupe de traitement d'air dans lequel le condenseur doit être incorporé (ou donner une description du ventilateur si celui-ci fait partie de la pompe à chaleur)

ARTICLE C4. PAR. 5. - REFRIGERANTS A EVAPORATION

Les réfrigérants à évaporation, également appelés tours de refroidissement, sont des appareils dans lesquels de l'eau s'évapore dans l'atmosphère. La chaleur nécessaire à cet effet est extraite du liquide à refroidir.

Plusieurs exécutions sont possibles :

- Les appareils "ouverts" (uniquement lorsque le liquide à refroidir est de l'eau) :
Une partie de l'eau à refroidir s'évapore dans ce cas.
Le courant d'air à travers l'appareil peut être provoqué soit par des ventilateurs, soit par la pulvérisation sous pression de l'eau à refroidir.
- Les appareils "fermés" :
Le liquide à refroidir se trouve, dans ce cas, dans un circuit fermé. Il n'est dès lors pas en contact direct avec l'atmosphère ou avec l'eau que l'on fait évaporer.
Ce type d'appareil peut également être utilisé pour condenser des gaz, c'est-à-dire comme condenseur d'une machine frigorifique.

1. Appareils à circuit ouvert et ventilateurs

1.1. Composition

L'appareil est composé des parties suivantes :

- une armoire comprenant, de bas en haut :
 - . un bassin de recueillement
 - . une surface de ruissellement
 - . un système de distribution d'eau
 - . un séparateur de gouttelettes
- un ou plusieurs groupes moto-ventilateur(s) pulsant ou aspirant l'air extérieur à travers l'armoire précitée.

1.2. Armoire

L'armoire est constituée d'un cadre en profils d'acier (acier inoxydable ou acier galvanisé à chaud). Ce cadre est revêtu de panneaux en acier (acier inoxydable ou acier galvanisé à chaud) ou en polyester armé de fibres de verre.

Lorsque les panneaux sont en acier, une construction autoportante (c.à.d. sans cadre) est également admise.

L'accès aux accessoires et aux composants qui doivent être entretenus régulièrement est assuré par des portillons ou par des panneaux démontables.

1.3. Bassin de recueillement

Le bassin de recueillement est en acier galvanisé ou inoxydable, ou en polyester armé de fibres de verre.

Le bassin de recueillement est équipé :

- d'un robinet d'appoint d'eau, commandé par un flotteur ou par un système à électrodes
- d'un trop - plein raccordé à l'égout, avec écoulement visible
- d'un robinet de vidange
- d'une conduite d'aspiration
- d'un filtre à grande surface, d'entretien facile
- lorsque prescrit par le cahier spécial des charges, des résistances de chauffage électrique commandées par un thermostat anti-gel qui protègent l'eau contre le gel (pour des températures extérieures pouvant atteindre jusqu'à -20° C).

Le cahier spécial des charges peut prescrire que le bassin de recueillement doit être placé séparément, dans un local situé en contrebas et à l'abri du gel. Dans ce cas, on prévoiera, dans le bas de l'armoire, un récipient collecteur à partir duquel l'eau pourra s'écouler librement dans le bassin de recueillement. Le bassin de recueillement est muni d'un couvercle amovible.

1.4. Surface de ruissellement

La surface de ruissellement est constituée d'un matériau inoxydable (de par sa nature ou le traitement), incombustible (classe A1 suivant NBN S 21-203), non érodable ne se dissolvant pas dans l'eau et résistant aux attaques biologiques.

1.5. Système de distribution de l'eau

Le système de distribution de l'eau comprend :

- un collecteur avec branches démontables, fabriqué en acier (galvanisé à chaud après sa fabrication) ou en matière plastique
- des gicleurs démontables et ne pouvant s'obstruer, en bronze, en laiton ou en matière plastique

Un branchement est prévu sur la tuyauterie d'arrivée de l'eau à refroidir en vue d'assurer la déconcentration. La tuyauterie est munie d'un robinet d'isolement et d'un robinet de réglage et elle est raccordée à l'égout avec écoulement visible.

L'ensemble des composants de l'alimentation en eau et du système de distribution doit pouvoir être vidangé complètement.

1.6. Séparateur de gouttelettes

Le séparateur de gouttelettes est exécuté en acier galvanisé à chaud après fabrication, ou en acier inoxydable, ou bien en matière synthétique.

Les pertes d'eau par entraînement ne peuvent dépasser 0,05 % du débit d'eau en circulation.

1.7. Ventilateurs et moteurs

Les ventilateurs sont placés de manière à ce qu'ils pulsent ou aspirent, à contre-courant par rapport à l'eau, de l'air extérieur à travers la surface de ruissellement. Les dispositions nécessaires seront prises afin d'obtenir une répartition homogène de l'air sur la surface de ruissellement.

Les ventilateurs sont du type centrifuge (à aubes inclinées vers l'avant ou vers l'arrière) ou axial. Ils sont fabriqués en matériau inoxydable.

Les moteurs ont un degré de protection IP 44, leur degré de protection est cependant IP 55 s'ils se trouvent dans le courant d'air humide. Les moteurs sont à deux vitesses. Les dispositions nécessaires sont prises afin d'éviter tout dommage par l'humidité aux moteurs, transmissions et roulements qui se trouvent situés dans le courant d'air humide.

Les ventilateurs et les transmissions sont protégés par une grille en acier inoxydable pour éviter tout contact accidentel. La grille en question doit pouvoir supporter l'équivalent du poids d'une personne.

Le moteur est muni d'un interrupteur de sécurité qui peut être actionné de l'extérieur et qui est à même de couper toutes les phases de l'alimentation. L'interrupteur est placé dans un coffret ayant un degré de protection IP 55.

1.8. Atténuateurs de bruit et écrans anti-bruit

Lorsque les conditions acoustiques le nécessitent, les réfrigérants à évaporation sont équipés d'atténuateurs de bruit ou écrans anti-bruit.

La construction de ceux-ci satisfait aux exigences de 1.2. et de 1.9..

Le matériau d'absorption acoustique utilisé dans les atténuateurs et dans les écrans est incombustible (classe A1 suivant NBN S 21-203), durable, imputrescible et résistant à la vermine. Il est en plus pourvu des moyens de protection nécessaires pour éviter qu'il ne s'érode et qu'il ne devienne humide par l'action de l'eau ou de la vapeur d'eau provenant de l'ambiance extérieure ou du réfrigérant à évaporation lui-même.

1.9. Matériaux et finition

1.9.1. Acier inoxydable

L'acier inoxydable est de la nuance X 6 Cr Ni 18 10 suivant Euronorm 88-71.

1.9.2. Galvanisation

La galvanisation se fait suivant NBN I 07-001 jusqu'à 008, après exécution de tous les percements. Les tôles en acier galvanisées en continu répondent à la qualité Z 275 suivant NBN A 23-201 et 202. Aux endroits où le montage a éventuellement endommagé la galvanisation est appliquée une peinture à haute teneur en zinc, dont l'extrait sec comprend 92 % en poids de zinc métal au minimum.

1.9.3. Peinture

Toutes les parties en acier galvanisé sont munies d'une peinture ou d'un coating suivant l'art. C40. par. 3., selon les exigences pour la zone côtière.

L'entrepreneur soumet les rapports d'essai suivants :

- en cas de peinture :

- . essai de quadrillage (voir l'art. C40. par. 3. point 4.2.4.)
- . essai au brouillard salin 1.000 heures (4.3.3.)

- en cas de coating :

- . essai d'adhérence (5.2.3.)
- . essai au brouillard salin (5.2.4.)

2. Appareils à circuit ouvert et induction

2.1. Composition

L'appareil est constitué d'une armoire comprenant :

- un bassin de recueillement
- un système de pulvérisation
- un séparateur de gouttelettes

Le mouvement de l'air à travers l'appareil est assuré par l'induction provoquée par la pulvérisation de l'eau à forte pression.

2.2. Conditions générales

Les prescriptions 1.2., 1.3., 1.6., 1.8. et 1.9. sont d'application.

2.3. Système de pulvérisation

Le système de pulvérisation comprend :

- un collecteur avec branches, en acier galvanisé à chaud, exécuté de manière à ce que l'ensemble soit facile à nettoyer (par démontage ou grâce à la présence de couvercles ou de bouchons amovibles, etc.)
- des pulvérisateurs démontables en bronze ou en laiton

Les éléments suivants sont placés sur la tuyauterie d'alimentation de l'eau à refroidir :

- un filtre facile à nettoyer
- une tuyauterie de déconcentration avec un robinet d'isolement et un robinet de réglage, raccordée à l'égout avec écoulement visible
- des prises pour le raccordement d'un manomètre afin de pouvoir vérifier la perte de pression sur le filtre et la pression de pulvérisation

Tous les composants du système doivent pouvoir être vidangés complètement.

3. Appareils à circuit fermé et ventilateurs

3.1. Composition

L'appareil est composé des éléments suivants :

- une armoire comprenant, de bas en haut
 - . un bassin de recueillement
 - . un échangeur de chaleur
 - . un système de distribution de l'eau
 - . un séparateur de gouttelettes
- une pompe qui répartit l'eau sur l'échangeur de chaleur
- un ou plusieurs groupes moto-ventilateur(s) pulsant ou aspirant l'air extérieur à travers l'armoire précitée

3.2. Conditions générales

Les prescriptions des points 1.2., 1.3., 1.5., 1.6., 1.7., 1.8. et 1.9. sont d'application.

3.3. Echangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur est fabriqué en tubes d'acier, éventuellement équipé d'ailettes en acier. Il est galvanisé à chaud après sa fabrication. Il est construit de manière à pouvoir être complètement vidangé sans démontage. Il est conçu pour une pression de fonctionnement égale à la valeur maximale en service, avec un minimum de 6 bar. Il est essayé à 1,5 fois cette pression.

3.4. Système de pompage

Le système de pompage aspire l'eau du bassin de recueillement et la conduit ensuite dans le système de distribution. La pompe répond aux prescriptions de l'art. C8.. Le système de pompage est muni d'une protection contre le manque d'eau.

Lorsque le bassin de recueillement est équipé de résistances de chauffage électriques, les parties de la pompe et les tuyauteries qui ne sont pas vidées automatiquement lors de l'arrêt de la pompe, sont entourées d'un serpentin chauffant et pourvue d'au moins 20 mm d'isolation thermique suivant l'art. C41..

3.5. Fonctionnement à sec

Lorsque le cahier spécial des charges l'exige, l'appareil doit également pouvoir fonctionner sans irrigation par la pompe, évidemment avec une puissance frigorifique inférieure et pour des températures inférieures de l'air extérieur.

4. Condenseur évaporatif

Cet appareil est identique à l'appareil à circuit fermé muni de ventilateurs, l'échangeur de chaleur étant cependant remplacé par un condenseur.

Le condenseur évaporatif répond aux prescriptions du point 3. ; le condenseur répond aux mêmes prescriptions que l'échangeur de chaleur. Il convient, pour déterminer le facteur frigorifique et la puissance d'une machine frigorifique munie d'un condenseur évaporatif, de prendre pour T_{11} , la température bulbe humide de l'air extérieur (voir par. 1. point 8.2.).

5. Indications à fournir dans le cahier spécial des charges

Le cahier spécial des charges fournit les renseignements suivants concernant les réfrigérants à évaporation :

- type d'appareil
- puissance calorifique à évacuer
- température et humidité relative de l'air extérieur auxquelles la puissance doit pouvoir être évacuée

- température de l'eau à refroidir à l'entrée et à la sortie de l'appareil
- éventuellement les trois données précitées pour un deuxième point de fonctionnement (par exemple refroidissement en hiver sans machine frigorifique)
- pour les appareils à circuit fermé pour lesquels le fonctionnement à sec est exigé : les trois données précitées en cas de fonctionnement à sec
- moyen de protection antigel (aucune, résistances électriques, bassin de recueillement séparé)

Indications à fournir pour les condenseurs évaporatifs :

- indiquer pour quelle machine frigorifique le condenseur évaporatif doit être utilisé
- température et humidité relative de l'air extérieur auxquelles la machine frigorifique doit fournir sa puissance nominale
- lorsque le fonctionnement à sec est exigé : indiquer la température de l'air extérieur ainsi que la puissance que la machine frigorifique doit pouvoir fournir à une telle température
- moyen de protection antigel

ARTICLE C5. - SYSTEMES D'EXPANSION ET DE SECURITE

ARTICLE C5. PAR. 1. - SYSTEMES D'EXPANSION A PRESSION VARIABLE
(quantité constante d'air)

1. Description du système

Le système d'expansion comprend un ou plusieurs vases dans lesquels l'eau de l'installation est séparée par une membrane élastique d'un coussin d'air qui absorbe les variations du volume d'eau.

2. Construction des vases et pression d'essai

Les vases sont cylindriques et à fonds bombés ou sphériques. Ils sont en acier.

Les vases sont protégés extérieurement contre la corrosion.

Les membranes doivent pouvoir résister aux températures de service les plus élevées. Elles sont garanties pendant 5 ans.

3. Essai de pression en usine

Chaque vase est soumis en usine à une pression d'essai égale à 1,5 fois la pression de service maximale avec un minimum de 4 bar.

4. Essai de perte d'avant-pression sur le vase

Un essai de perte d'avant-pression sera réalisé par un organisme agréé indépendant pour chaque type de vase d'expansion et ce conformément aux dispositions de DIN 4807 - 3e partie - point 8.8. et tableau 1. La perte d'avant-pression peut atteindre au maximum 1 % après 28 jours pour une température de 20° C.

5. Placement et raccordement

Le système d'expansion est placé dans la chaufferie. L'emplacement du point de raccordement, qui se trouve toujours du côté aspiration du circulateur et sur le tuyau de retour, est indiqué dans le cahier spécial des charges ou sur les plans. Le raccordement est réalisé de telle manière qu'aucun dépôt ne puisse se former entre l'installation et son système d'expansion. Les courbes éventuelles ont un rayon de courbure égal à au moins trois fois le diamètre.

6. Accessoires

6.1. Purgeur d'air

L'installation comprend un purgeur d'air automatique.

6.2. Soupapes de sûreté

Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté réglées pour fonctionner à la pression de service maximale, chacune d'entre elles étant, le cas échéant, à même d'évacuer l'eau sans que la pression de service maximale soit dépassée de plus de 20 %.

Le système d'expansion proprement dit est également muni d'une soupape de sûreté réglée sur la même pression que celle des chaudières et dont le diamètre est au moins égal à celui de la tuyauterie de remplissage.

Le diamètre des soupapes de sûreté est au moins égal à DN 20.

Les soupapes de sûreté sont raccordées à l'égout avec écoulement visible des eaux par un entonnoir inoxydable.

6.3. Reniflard

Chaque chaudière est munie d'un reniflard.

6.4. Robinet de fermeture

Le système d'expansion est muni d'un robinet de fermeture qui permet de l'isoler de l'installation de chauffage et de contrôler l'avant-pression.

Le robinet de fermeture est verrouillé en position ouverte.

6.5. Manomètre

L'installation est dotée d'un manomètre dont le diamètre est de 80 mm au minimum et qui est muni d'un robinet à trois voies pour le manomètre étalon.

Les pressions maximale et minimale admises dans l'installation sont indiquées sur le cadran.

6.6. Réservoir-tampon

Un réservoir-tampon intermédiaire sera éventuellement prévu entre la chaudière et le vase d'expansion afin d'éviter que la membrane soit exposée à des températures élevées.

La nécessité et la capacité du réservoir-tampon sont indiqués dans le cahier spécial des charges.

7. Documents à fournir par l'entrepreneur

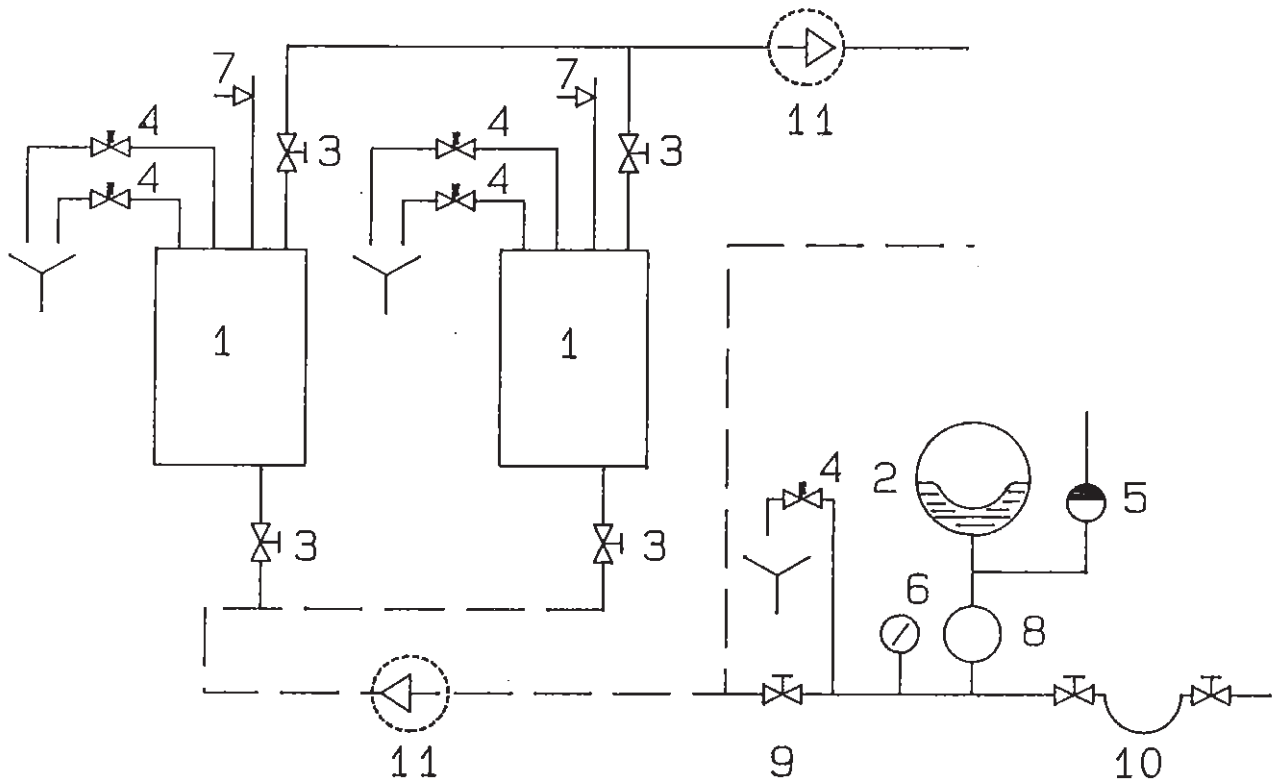
L'entrepreneur fournit, en même temps que la documentation concernant le matériel et l'attestation relative à l'essai de pression en usine, une attestation de l'essai de perte d'avant-pression délivrée par un organisme indépendant ainsi que les données, les notes de calcul ou les pièces justificatives concernant :

- la capacité des vases
- les diamètres des raccords
- les diamètres des soupapes de sûreté
- le volume du réservoir-tampon (si l'indication de cette donnée est imposée par le cahier spécial des charges)

8. Schéma

Le système d'expansion et ses accessoires sont disposés selon le schéma ci-après.

Système d'expansion avec quantité d'air constante



1. Chaudière
2. Vase d'expansion à membrane
3. Robinet d'isolement
4. Soupape de sûreté
5. Purgeur d'air automatique
6. Manomètre
7. Reniflard
8. Réservoir-tampon (si nécessaire)
9. Robinet d'isolement (scellé en position ouverte)
10. Alimentation en eau
11. Circulateur (soit dans la tuyauterie de départ, soit dans la tuyauterie de retour)

ARTICLE C5. PAR. 2. - SYSTEME D'EXPANSION A PRESSION CONSTANTE
(quantité d'air variable)

1. Description du système

Le système d'expansion comprend un ou plusieurs vases dans lesquels l'eau de l'installation est séparée d'un coussin d'air comprimé par une membrane élastique.

Le fait que le volume d'eau varie, a pour conséquence qu'il y a évacuation d'air, par une soupape, ou prise d'air par un groupe moto-compresseur.

2. Construction des vases et essai de pression

Les vases sont cylindriques et à fonds bombés ou sphériques. Ils sont en acier.

Les vases sont protégés extérieurement contre la corrosion.

Les membranes doivent pouvoir résister aux températures de service les plus élevées. Elles sont garanties pendant 5 ans.

3. Essai de pression en usine

Chaque vase est soumis en usine à une pression d'essai égale à 1,5 fois la pression de service maximale avec un minimum de 4 bar.

4. Essai de perte d'avant-pression

Un essai de perte d'avant-pression sera réalisé par un organisme agréé indépendant pour chaque type de vase d'expansion et ce conformément aux dispositions de DIN 4807 - 3e partie - point 8.8. et au tableau 1. La perte d'avant-pression peut atteindre au maximum 1% après 28 jours pour une température de 20° C.

5. Placement et raccordement

Le système d'expansion est placé dans la chaufferie. L'emplacement du point de raccordement, qui se trouve toujours du côté aspiration du circulateur et sur le tuyau de retour, est indiqué dans le cahier spécial des charges ou sur les plans. Le raccordement est réalisé de telle manière qu'aucun dépôt ne puisse se former entre l'installation et son système d'expansion. Les courbes éventuelles ont un rayon de courbure égal à au moins trois fois le diamètre. Le vase d'expansion est à placer sur une surface plane et horizontale, cette planéité étant surtout très importante au-dessous du pied qui comporte l'appareil de mesure.

6. Accessoires

6.1. Purgeur d'air

L'installation comprend un purgeur d'air automatique.

6.2. Soupapes de sûreté

Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté réglées pour fonctionner à la pression de service maximale, chacune d'entre elles étant, le cas échéant, à même d'évacuer l'eau sans que la pression de service maximale soit dépassée de plus de 20 %.

Le système d'expansion proprement dit est également muni d'une soupape de sûreté réglée sur la même pression que celle des chaudières et dont le diamètre est au moins égal à celui de la tuyauterie de remplissage.

Le diamètre des soupapes de sûreté est au moins égal à DN 20.

Les soupapes de sûreté sont reliées à l'éégout avec écoulement visible des eaux par un entonnoir inoxydable.

6.3. Reniflard

Chaque chaudière est munie d'un reniflard.

6.4. Robinet de fermeture

Le système d'expansion est muni d'un robinet de fermeture qui permet de l'isoler de l'installation de chauffage et de contrôler l'avant-pression.

Le robinet de fermeture est verrouillé en position ouverte.

6.5. Manomètre

L'installation est dotée d'un manomètre d'un diamètre de 80 mm au minimum et qui est muni d'un robinet à trois voies pour le manomètre étalon.

Les pressions maximale et minimale admises dans l'installation sont indiquées sur le cadran.

6.6. Réservoir-tampon

Un réservoir-tampon intermédiaire sera éventuellement placé entre la chaudière et le vase d'expansion afin d'éviter que la membrane soit exposée à des températures élevées.

La nécessité et la capacité du réservoir-tampon sont indiqués dans le cahier spécial des charges.

6.7. Robinet de vidange

Chaque vase d'expansion est muni d'un robinet de vidange pour les eaux de condensation.

6.8. Soupape de sûreté sur le coussin d'air

Chaque vase d'expansion est doté d'une soupape de sûreté sur le coussin d'air.

6.9. Indication de la capacité

Le système d'expansion est muni d'un dispositif d'indication propre, analogue ou digital.

Celui-ci doit être de conception simple et doit pouvoir être lu aisément à tout instant et sans moyens auxiliaires par une personne en position debout.

Les pieds d'appui du système d'expansion doivent être ajustables en hauteur afin de permettre une parfaite nivellement.

Deux systèmes sont autorisés. Ils sont tous deux basés sur la mesure précise du poids du vase d'expansion.

La marge d'erreur maximale est en tout cas plus faible que la réserve qui est prévue avant l'apparition d'un avis d'alarme.

Le système de mesure à appliquer est indiqué dans le cahier spécial des charges.

- Système de mesure oléohydraulique

La précision est telle que la marge d'erreur maximale est inférieure à +7,5 %, - 7,5 % pour les vases d'une capacité < 1.000 l et inférieure à +5 %, - 5 % pour les vases d'une capacité > 1.000 l.

- Système de mesure hydraulique

La précision est telle que la marge d'erreur maximale est inférieure à +2,5 %, - 2,5 %.

7. Capacité du compresseur et de la soupape d'évacuation

La capacité du compresseur et le débit de la soupape d'évacuation d'air sont fixés en fonction de la variation maximale de la charge, de la température moyenne ainsi que de la pression de service.

8. Documents à fournir par l'entrepreneur

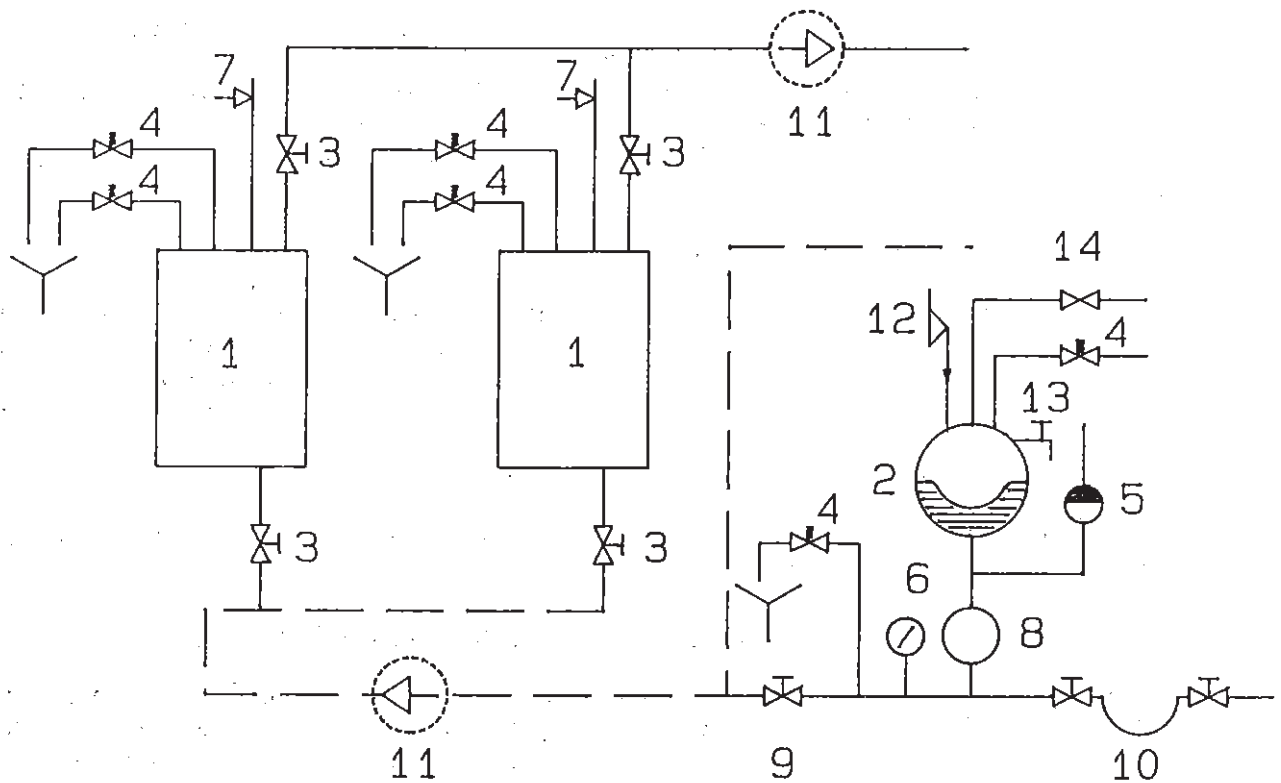
L'entrepreneur fournit, en même temps que la documentation concernant le matériel et l'attestation relative à l'essai de pression en usine, une attestation de l'essai de perte d'avant-pression délivrée par un organisme indépendant ainsi que les données, les notes de calcul ou les pièces justificatives concernant :

- la capacité des vases
- les diamètres des raccordements
- les diamètres des soupapes de sûreté
- le volume du réservoir-tampon (si l'indication de cette donnée est imposée par le cahier spécial des charges)

9. Schéma

Le système d'expansion et ses accessoires sont disposés selon le schéma ci-après.

Système d'expansion avec quantité d'air variable



1. Chaudière
2. Vase d'expansion à membrane
3. Robinet d'isolement
4. Soupape de sûreté
5. Purgeur d'air automatique
6. Manomètre
7. Reniflard
8. Réservoir-tampon (si nécessaire)
9. Robinet d'isolement (verrouillé en position ouverte)
10. Alimentation en eau
11. Circulateur
12. Compresseur d'air
13. Robinet de vidange
14. Soupape d'évacuation d'air

ARTICLE C6. - TUYAUTERIES

ARTICLE C6. PAR. 1. - NATURE, QUALITE ET DIMENSIONS DES TUYAUTERIES

1. Installations de chauffage à température < 111° C, vapeur à basse pression ≤ 0,5 bar) et eau glacée

Pour les installations de chauffage à eau chaude à température inférieure ou égale à 111° C, les installations de chauffage à vapeur à basse pression (c.à.d. inférieure ou égale à 0,5 bar), ainsi que les installations de distribution d'eau glacée, les tuyauteries sont en acier et conformes aux normes NBN A 25-103 et A 25-104.

Les tubes de diamètre inférieur ou égal à DN 40 sont assemblés par soudure ou par raccords filetés.

Les tubes de diamètre égal ou supérieur à DN 50 sont toujours assemblés par soudure.

De plus, le choix des tubes est soumis aux prescriptions reprises dans le tableau ci-dessous.

Diamètre	Assemblages	Norme et série
≤ DN 40	filetés	A 25-103 série moyenne
	soudés	A 25-104 série normale
≥ DN 50	soudés	A 25-104 série normale

Les tubes fabriqués par soudure, comme les tubes fabriqués sans soudure, sont admis dans les limites des recommandations d'emploi figurant en annexe des normes NBN A 25-103 et A 25-104. Toutefois, la pression de service maximale admise pour les tubes soudés transportant de l'eau dont la température ne dépasse pas 111° C, est portée à 25 bars si le fabricant des tubes apporte la preuve que les soudures sont contrôlées en continu par radiographie ou par ultra-sons.

2. Installations de chauffage à haute pression, eau ou vapeur

Pour les installations de chauffage à haute pression, eau ou vapeur, les tuyauteries sont choisies selon le tableau 1 de la norme NBN D 01-001, en tenant compte des correspondances suivantes.

Référence à NBN 532	Prescriptions à respecter
532-01	NBN A 25-103, série forte
532-02	NBN A 25-103, série moyenne
532-03	NBN A 25-104, série normale

3. Tuyauteries de fluides frigorigènes

Les tuyauteries des fluides frigorigènes sont en cuivre ou en acier. Elles sont assemblées par soudage, sauf dans le cas qui est décrit au point 7.4. de l'art. C4. par. 1..

Les tuyauteries répondent au moins aux prescriptions suivantes :

- acier : tubes sans soudure NBN A 25-103 ou A 25-104 série normale
- cuivre : NBN P 11-101 et NBN 428

Si les conditions de fonctionnement (pression, température, ...) l'exigent, les tuyauteries répondent à des exigences plus sévères, adaptées à ces conditions. Dans ce cas le fabricant en fournit la preuve.

4. Tuyauteries d'eau froide

Les tuyauteries d'eau froide sont en acier galvanisé, en cuivre, en polyéthylène ou en P.V.C..

Les tuyauteries répondent au moins aux prescriptions suivantes :

- acier galvanisée à chaud : NBN I 07-001 et I 07-002
- cuivre : NBN P 12-101 et NBN 428
- polyéthylène : NBN T 42-003, T 42-010 et pour conduites d'eau potable T 42-104 et T 42-105
- P.V.C. : NBN T 42-110 et T 42-111

Si les conditions de fonctionnement (pression, température, ...) l'exigent, les tuyauteries répondent à des exigences plus sévères, adaptées à ces conditions. Dans ce cas le fabricant en fournit la preuve.

5. Tuyauteries d'eau de refroidissement

Les tuyauteries d'eau de refroidissement sont en acier galvanisé, en polypropylène ou en P.V.C..

Les tuyauteries répondent au moins aux prescriptions suivantes :

- acier galvanisé à chaud : les tubes en acier, y compris les brides soudées, seront galvanisés à chaud. Les tubes sont conformes aux normes NBN A 25-103 et A 25-104 série normale.
- polypropylène : NBN T 42-003 et T 42-005
- P.V.C. : NBN T 42-110 et T 42-111

Si les conditions de fonctionnement (pression, température, ...) l'exigent, les tuyauteries répondent à des exigences plus sévères, adaptées à ces conditions. Dans ce cas, le fabricant en fournit la preuve. Pour les tuyauteries d'eau de refroidissement en circuit fermé (pas en contact avec l'air), voir point 1..

6. Pour la réalisation de serpentins ou de grilles de chauffage par rayonnement, de même que pour les raccords non accessibles de ces serpentins ou grilles, il est fait usage de tubes conformes à NBN A 25-103, série forte (tubes sans soudure). L'assemblage de ces tuyauteries se fait obligatoirement par soudure.
7. D'une manière générale, lorsque le cahier des charges-type 105, les normes ou tout autre document contractuel se réfèrent à NBN 532, les prescriptions à respecter sont celles qu'indique le tableau de correspondance de l'alinéa 2 ci-dessus.

ARTICLE C6. - PAR. 2. ASSEMBLAGE DES TUYAUTERIES

1. Lorsqu'il est fait usage de tubes non filetables (conformes à NBN A 25-104), il y a lieu d'intercaler entre ces tubes des tronçons de tubes filetables (conformes à NBN A 25-103) pour permettre le placement des organes assemblés aux tuyauteries par raccords filetés, tels que robinets, coudes-raccords, etc..
Ces tubes filetables sont du type fabriqué sans soudure lorsque leur diamètre dépasse DN 40.
2. En cas d'assemblage des tuyauteries par soudure, l'administration se réserve le droit de procéder à un contrôle macrographique des soudures et de s'assurer des capacités professionnelles des soudeurs.
Tout soudeur dont les capacités n'ont pas été reconnues comme suffisantes peut être refusé par le fonctionnaire dirigeant.
3. En cas d'assemblage des tuyauteries par soudure, le cintrage des dérivations dont il est question dans la norme NBN 237, paragraphe 5.12. ; est soumis aux prescriptions suivantes :
 1. Le rayon de courbure du branchement cintré est au moins égal à trois fois le diamètre intérieur du tuyau dérivé.
 2. La découpe du tuyau dérivé pour réaliser le "pied de biche" s'exécute de préférence par sciage. Les bords intérieurs de la tuyauterie sont soigneusement ébarbés.
 3. La découpe de l'orifice dans le tuyau principal épouse la forme de l'ouverture du tuyau dérivé, les bords intérieurs de la découpe sont soigneusement ébarbés de façon à éviter toute aspérité à l'intérieur du tuyau principal.
 4. Le contact du sabot du "pied de biche" sur les lèvres de l'orifice réalisé dans la conduite principale, avant toute soudure, doit être aussi parfait que possible ; la pénétration de soudure à l'intérieur du tuyau principal et du tuyau dérivé doit être rendue impossible par ce contact.
 5. le fonctionnaire dirigeant peut toujours exercer le contrôle de l'assemblage avant la réalisation du cordon de soudure ; si, toutefois, celui-ci a été réalisé sans laisser au fonctionnaire dirigeant la possibilité d'exercer son contrôle, il lui est loisible d'ordonner tous travaux de nature à lui permettre ce contrôle.

Ce cintrage n'est pas exigé lorsque le diamètre du tuyau dérivé est inférieur à DN 50, que la dérivation est réalisée en atelier et que l'on vérifie que les sections de passage ne sont pas affectées.

II/C6.3./1.
105/90

ARTICLE C6. PAR. 3. - POSE DES TUYAUTERIES

Dans le cas de chauffage à eau chaude, les tuyauteries sont posées avec une pente d'au moins 3 mm/m.

ARTICLE C6. - PAR. 4. TUYAUTERIES ENCASTREES

Les tuyauteries ne peuvent être noyées dans les chapes de planchers que si le cahier spécial des charges ou le fonctionnaire dirigeant l'autorise.

En cas d'exécution encastrée, après assemblage, les tuyauteries sont soumises à un essai de pression hydraulique de 20 bars pendant 24 heures.

Elles sont placées sans point haut ou point bas sur des blochets en béton cellulaire ou autre matériau léger inaltérable. Après peinture conforme à l'index 07.33 du cahier des charges n° 104 de 1963 pour tuyauteries à calorifuger, elles sont entourées d'un fourreau soit métallique soit organique inaltérable destiné à empêcher le contact direct avec le matériau de la chape et à permettre la dilatation. Quand la chape prévue contient des éléments agressifs (soufre, chlorures) ou pouvant l'être en milieu humide, le fourreau doit être imperméable et chimiquement inerte (roofing R 500 ou feutre bitumé lisse B 500, conformes à NBN B 46-101, ou bandes asphaltiques équivalentes).

ARTICLE C6. PAR. 5. - TUYAUTERIES ENTERREES PREFABRIQUEES POUR LE TRANSPORT DE CHALEUR

1. Introduction

Cet article décrit les impositions techniques pour des tuyauteries enterrées préfabriquées, destinées au transport de chaleur.

Ces impositions ne concernent donc pas :

- des tuyauteries enterrées pour le transport de fluides caloporteurs placées dans des caniveaux techniques, accessibles ou non
- des tuyauteries enterrées pour le transport de fluides caloporteurs, qui sont équipées in situ d'un calorifuge et d'une enveloppe de protection étanche et qui sont ensuite enterrées sans autre mode de protection.

On distingue trois catégories d'exécution pour les tuyauteries préfabriquées enterrées :

a. Le système à double tuyau

- L'ensemble comprend, de l'intérieur vers l'extérieur : tuyau véhiculant le fluide, isolation, couche d'air, enveloppe extérieure, protection de l'enveloppe extérieure.
- Il est prévu soit une enveloppe pour chaque tuyau transporteur, soit une enveloppe commune à plusieurs tuyaux.
- Le réseau entier, éléments rectilignes, coudés, lyres, tés, éléments pour points fixes, etc., est préfabriqué en usine.

b. Le système à enveloppe extérieure isolante

- L'ensemble comprend, de l'intérieur vers l'extérieur : tuyau véhiculant le fluide, couche d'air, enveloppe intérieure, isolation, enveloppe extérieure, protection de l'enveloppe extérieure.
- Il est prévu soit une enveloppe extérieure isolante pour chaque tuyau transporteur, soit une enveloppe commune à plusieurs tuyaux.
- Le réseau entier : éléments rectilignes, coudés, lyres, tés, éléments pour points fixes, etc est préfabriqué en usine.

c. Le système compact

- L'ensemble comprend, de l'intérieur vers l'extérieur : tuyau véhiculant le fluide, isolation et manteau de protection, liés entre eux de manière à former un ensemble parfaitement cohérent.

- Le réseau entier, éléments rectilignes, tés, coudes, éléments pour points fixes, est préfabriqué en usine.

2. Système admis

2.1.

Les modes d'exécution suivants sont admis sans plus, à condition qu'ils satisfassent aux impositions techniques de cet article :

enveloppe extérieure	calorifuge	enveloppe intérieure	tuyau transporteur	couche d'air
a. <u>Système à double tuyau</u> (impositions techniques selon point 5.)				
acier G.R.P. (*)	selon point 4. selon point 4.	non non	acier acier	oui oui
b. <u>Système compact</u> (impositions techniques selon point 6.)				
P.V.C. polyéthylène G.R.P. (*)	selon point 4. selon point 4. selon point 4.	non non non	acier acier acier	non non non

(*) G.R.P. : polyester renforcé par fibres de verre (glassfiber reinforced polyester)

2.2.

D'autres modes d'exécution ne sont admis que si le cahier spécial des charges le permet et impose des conditions techniques supplémentaires.

3. Conditions générales, valables pour tous les systèmes

3.1. Soumission

Par le fait de l'introduction de son offre, le soumissionnaire admet implicitement avoir pris connaissance sur place de la situation existante et en avoir tenu compte pour établir son offre.

Il joint à sa soumission une documentation technique du matériel proposé.

3.2. Etude

L'entrepreneur fait établir par le fournisseur ou par un bureau d'études agréé par l'administration une étude détaillée du réseau.

Cette étude comprend la détermination de l'emplacement et des dimensions des lyres de dilatation ou des compensateurs, des points fixes, des chambres de visite, etc, et fournit toutes informations utiles à l'entrepreneur.

Cette étude est soumise à l'approbation de l'administration avant le début des travaux.

3.3. Pose des tuyauteries

L'arête supérieure de l'enveloppe protectrice de l'isolation (système compact) ou d'une enveloppe extérieure (système à double tuyau) est située à environ 0,60 m sous le niveau du terrain.

Les tuyauteries sont posées sur un lit de sable d'au moins 0,10 m d'épaisseur. La tranchée est remblayée avec du sable jusqu'à une hauteur de 0,15 m au-dessus de l'arête supérieure de l'enveloppe protectrice ou de l'enveloppe extérieure.

L'exécution du réseau se fait sous le contrôle et suivant les directives du fournisseur.

Les chambres de visite seront prévues dans le réseau à intervalles réguliers. L'entre-distance maximale entre deux chambres de visite est de 50 m.

Dans la mesure du possible des chambres de visite seront combinées avec les chambres à prévoir aux endroits des compensateurs, lyres, et coudes de dilatations, robinets d'isolement, etc..

3.4. Impositions relatives au système dans son ensemble

Le système dans son ensemble offre après achèvement une protection totale contre l'humidité, les infiltrations d'eau, les actions mécaniques, chimiques et électriques.

Si le réseau ne présente pas une isolation électrique totale, il est pourvu d'une protection cathodique.

3.5. Garantie

L'entrepreneur offre une garantie de 10 ans, contresignée par le fournisseur, et prenant cours à la date de la 1ère réception provisoire.

Cinq ans après la 1ère réception provisoire, l'administration contrôle une première fois le réseau. L'administration désigne elle-même cinq points du réseau où le contrôle est effectué. En cas de corrosion, l'administration a le droit de désigner cinq autres points de contrôle. De plus, le réseau est remis en parfait état sous le couvert de la garantie. L'entrepreneur offre une nouvelle garantie de 10 ans, sous les mêmes conditions, pour les parties restaurées.

Trois mois avant l'expiration de la garantie, le réseau est à nouveau contrôlé par l'administration, de la même manière que la première fois. En cas de corrosion, le réseau est remis en parfait état sous le couvert de la garantie, l'entrepreneur offre une nouvelle garantie de 10 ans, sous les mêmes conditions, pour les parties restaurées.

En cas de corrosion tous les frais que comportent ces contrôles sont à charge de l'entrepreneur.

Dans le cas contraire, ils sont à charge de l'administration.

4. Calorifuge des tuyauteries enterrées préfabriquées

4.1.

Les matériaux isolants admis ont les propriétés suivantes :

- a. Le coefficient de conduction thermique λ du matériau ne dépasse pas 0,1 W/mK
- b. L'isolant est peu ou pas capillaire
- c. Le matériau est peu ou n'est pas hygroscopique. Lorsque le matériau est placé pendant 96 heures dans une ambiance dont la température est de 34° C et l'humidité relative de 95 %, l'absorption d'eau n'est pas supérieure à 1 kg d'eau par mètre cube de matériau isolant.
- d. L'isolant résiste aux vibrations.
- e. L'isolant est durable, imputrescible et inattaquable par la vermine
- f. Le matériau isolant n'est pas agressif vis-à-vis des éléments à calorifuger, même pas à l'état humide
- g. L'isolant n'est pas conducteur d'électricité, même pas à l'état humide.

4.2.

Les matériaux isolants suivants sont admis pour l'isolation de tuyauteries enterrées préfabriquées, pour le transport de chaleur.

a. Pour les systèmes à double tuyau

Les matériaux isolants mentionnés au point 2. de l'art. C41. de ce cahier des charges-type, pour autant qu'ils satisfassent aux impositions précitées.

De plus sont admises les coquilles en mousse de polyuréthane rigide à cellules fermées d'une densité minimale de 80 kg/m³. Leur domaine d'utilisation est toutefois limité à une température maximale de 120° C.

b. Pour le système compact

Mousse de polyuréthane rigide à cellules fermées, d'une densité minimale de 80 kg/m³.

Le domaine d'utilisation en est toutefois limité à une température maximale de 120° C.

4.3.

L'épaisseur du calorifuge est déterminée de façon à ce que les déperditions calorifiques (k_1) par mètre courant de tuyau et par degré de différence de température restent inférieures aux valeurs reprises au point 2. de l'article C41. de ce cahier des charges-type.

Les déperditions calorifiques sont calculées par la formule suivante :

$$k_1 = \frac{\pi^2}{\frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_e}{d_i} + \frac{1}{\lambda_g} \ln \frac{4h}{d_e}} \quad (\text{W/mK})$$

Avec d_i = diamètre intérieur du calorifuge (m)

d_e = diamètre extérieur du calorifuge (m)
= $d_i + 2c$

e = épaisseur du calorifuge (m)

λ_i = conductivité thermique du calorifuge
= (W/m°K)

λ_g = conductivité thermique du sol
= 1,2 à 1,8 W/m°K

h = profondeur de pose du tuyau (m)

Pour la conductivité thermique du calorifuge (λ_i) on prend la valeur correspondant à la température moyenne dans le calorifuge (t_m)

Cette température moyenne est déterminée par la formule suivante :

$$t_m = \frac{t_i + 10}{2} \quad (^\circ\text{C})$$

Avec t_i = température du fluide calorifique (°C)

5. Système à double tuyau à tuyau transporteur en acier

5.1. Description des éléments

5.1.1. Tuyau transporteur

Le tuyau transporteur est en acier.

Il est conforme aux normes NBN A 25-103 et A 25-104, ainsi qu'aux prescriptions complémentaires de l'Art. C6. par. 1.

5.1.2. Calorifuge

Le calorifuge consiste en coquilles complètes ou en demi-coquilles, et satisfait aux impositions du point 4. ci-dessus.

Avant le placement du calorifuge, les tuyaux sont enduits de deux couches de vernis asphaltique. Les coquilles non entières sont fixées au moyen de bandes d'acier inoxydable.

5.1.3. Couche d'air

Une couche d'air d'au moins 25 mm est maintenue entre la surface extérieure du calorifuge et l'enveloppe.

5.1.4. Enveloppe extérieure

L'enveloppe extérieure consiste en un tuyau en acier d'une épaisseur minimale de 4 mm ou en un tuyau en polyester renforcé par fibres de verre.

Cette enveloppe permet :

- de résister à une charge locale de 20 tonnes, la tuyauterie étant recouverte de 0,60 m de terres
- de reprendre les efforts de dilatations, s'ils ne sont pas repris aux points fixes par des blocs en béton.

L'enveloppe est lisse du côté intérieur.

5.1.5. Protection de l'enveloppe extérieure

Si l'enveloppe est en acier, la face extérieure est recouverte d'asphalte à haut point de fusion, armé de fibre de verre. Cette protection est appliquée mécaniquement, en couches successives et en spirale.

L'épaisseur totale de la couche protectrice est d'au moins 4 mm.

5.1.6. Supports

- Un support est placé au moins tous les deux à trois mètres.

- Les supports permettent aux tuyaux transporteurs de se déplacer axialement, ainsi que transversalement, au voisinage des coudes de dilatation. Ils se déplacent librement autour du tuyau transporteur et dans l'enveloppe. Ils ne constituent pas un pont thermique ou électrique entre le tuyau transporteur et l'enveloppe extérieure. Les surfaces de contact des supports sont suffisantes pour éviter toute détérioration du calorifuge ou de l'enveloppe lors des dilatations et contractions.
- Si plusieurs tuyaux sont placés dans une enveloppe commune, les supports permettent la dilatation et la contraction indépendantes de chaque tuyau de sorte que chaque tuyau puisse être mis en ou hors service indépendamment des autres.

5.1.7. Points fixes

- Le point fixe consiste en une lourde plaque d'acier fixée au tuyau transporteur.
- Cette plaque n'entrave pas la vidange de l'espace libre entre le calorifuge et l'enveloppe (des ouvertures y sont donc ménagées). Le joint entre l'enveloppe et la plaque d'ancrage doit être totalement étanche.
- Si l'enveloppe consiste en un tuyau en acier, les efforts de dilatation sont repris par l'enveloppe, ou par le bloc en béton dans lequel la plaque d'ancrage est noyée.
- Si l'enveloppe consiste en un tuyau en G.R.P. seule la dernière solution est admise.
Les dimensions de la plaque métallique d'ancrage et du bloc de béton éventuel sont déterminées en fonction des forces développées et des caractéristiques du terrain.
- Le point fixe est réalisé suivant le schéma de principe de la figure C6.5.-1..

Ou bien le point fixe présente une isolation électrique totale, ou bien on prévoit une protection cathodique.

5.1.8. Compensateurs

Si l'espace disponible ne permet pas de placer des lyres de dilatation, celle-ci est reprise par des compensateurs axiaux, disposés dans des chambres de visite.

5.1.9. Plaques de fermeture

Une plaque de fermeture est placée à toute entrée de bâtiment ou de chambre de visite (plaque ordinaire à moins de 1,3 m en ligne droite d'un point fixe, plaque pour dilatation si la distance est supérieure).

Les plaques de fermeture sont étanches à l'eau et à l'air. Elles sont munies de deux orifices de purge avec bouchon fileté de 1/2".

Ou bien les plaques présentent une isolation totale, ou bien on prévoit une protection cathodique.

5.2. Essais

5.2.1. Étanchéité des tuyaux transporteurs

Les tuyaux soudés en usine sont soumis à une pression hydraulique égale à 3 fois la pression maximale de service avec un minimum de 16 bars, durant deux heures, pendant que les soudures sont martelées.

Après achèvement sur chantier les tuyaux transporteurs sont soumis à une pression hydraulique égale à 3 fois la pression maximale de service avec un minimum de 16 bars, durant deux heures, pendant que les soudures réalisées sur chantier sont martelées.

5.2.2. Étanchéité de l'enveloppe extérieure et des chambres de visite

L'enveloppe extérieure est soumise en usine à une pression d'air de 1 bar durant deux heures. Après achèvement des assemblages sur le chantier, l'ensemble est soumis à une pression d'air de 1 bar pendant deux heures, et l'étanchéité des assemblages réalisés sur chantier est contrôlée à la savonnée.

5.2.3. Test électrique

En usine la protection extérieure de l'enveloppe subira un test électrique afin d'en déterminer la tension de percement. Cette tension doit atteindre au moins 10 000 V.

6. Système compact à tuyau transporteur en acier

6.1. Description des éléments

6.1.1. Tuyau transporteur

Le tuyau transporteur est en acier.

Il est conforme aux normes NBN A 25-103 et A 25-104, ainsi qu'aux prescriptions complémentaires de l'art. C6. par. 1.

6.1.2. Calorifuge

Le calorifuge répond aux impositions du point 4. ci-dessus.

L'isolation complémentaire aux raccords, coudes, tés, etc. est exécutée par une firme spécialisée, qui fournira une garantie écrite concernant l'étanchéité à l'eau de l'enveloppe et la densité minimale de l'isolant (80 kg/m³). Le nom et l'adresse de cette firme sont mentionnés dans la soumission.

6.1.3. Manteau de protection

Le calorifuge est protégé par un manteau rigide sans soudure en polyéthylène haute densité, en P.V.C. ou en polyester renforcé de fibres de verre.

6.1.4. Points fixes

Le point fixe consiste en une lourde plaque d'acier fixée au tuyau transporteur et noyée dans le béton. Les dimensions de la plaque d'acier et du bloc de béton sont à calculer en fonction des efforts développés et des caractéristiques du terrain.

Le point fixe est réalisé suivant le schéma de principe de la figure C6.5.-2..

Ou bien le point fixe présente une isolation électrique totale, ou bien on prévoit une protection cathodique.

6.1.5. Chambres de dilatation

La dilatation est absorbée dans les lyres et les coudes. Les tuyaux s'y déplacent horizontalement dans des chambres en maçonnerie, guidés par des supports galvanisés.

A toute entrée de bâtiment, de chambre de dilatation ou de visite etc., les tuyaux sont entourés d'un anneau en néoprène.

6.1.6. Compensateurs

Si l'espace disponible ne permet pas de placer des lyres de dilatation, celle-ci est reprise par des compensateurs axiaux, disposés dans des chambres de visite.

6.2. Essais

6.2.1. Etanchéité du tuyau transporteur

Les tuyaux soudés en usine sont soumis à une pression hydraulique égale à trois fois la pression maximale de service avec un minimum de 16 bars, durant deux heures, pendant que les soudures sont martelées.

Après achèvement sur chantier, les tuyaux transporteurs sont soumis à une pression hydraulique égale à trois fois la pression maximale de service avec un minimum de 16 bars, durant deux heures, pendant que les soudures exécutées sur chantier sont martelées.

6.2.2. Test électrique

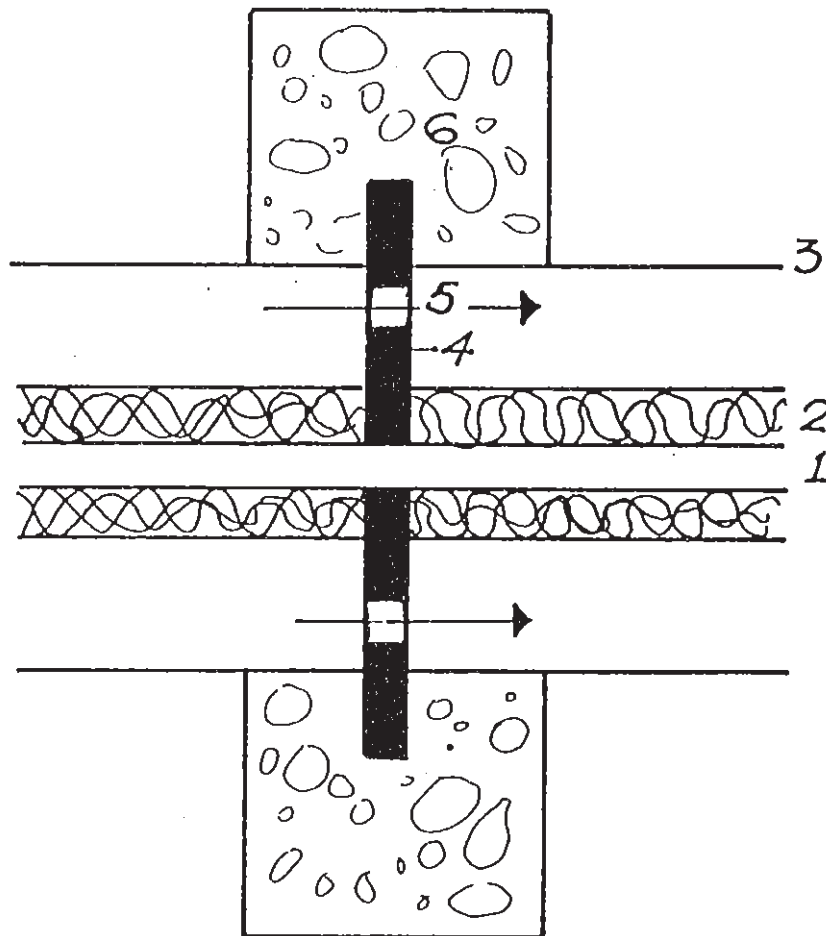
Le manteau extérieur de protection subira en usine un test électrique, afin d'en déterminer la tension de percement.

Cette tension doit atteindre au moins 10.000 V.

TUYAUTERIES ENTERREES INGEGRAVEN LEIDINGEN.

SYSTEME À DOUBLE TUYAU
BUIS IN BUIS SYSTEEM.

POINT FIXE - VAST PUNT.



- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. tuyau transporteur | Transportbuis |
| 2. Isolation. | Isolatie |
| 3 tuyau extérieur | buiten buis |
| 4 Plaque d'ancrage. | ankerplaat. |
| 5 Ouverture pour circulation d'air. | |
| ouverture pour luchtcirculation. | |
| 6 Bloc de béton (eventuel.) | |
| Betonblok (eventueel) | |

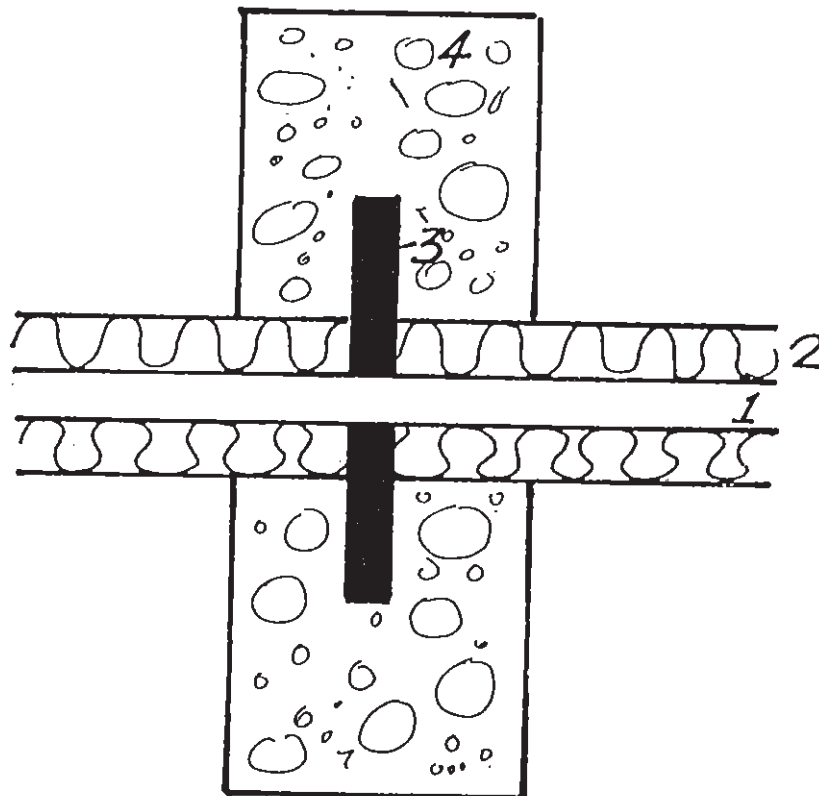
figuur C6.5-1

SYSTEME COMPACT. KOMPAKT SYSTEEM.

POINT FIXE

VAST PUNT

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1. Tuyau transporteur. | Transportbuis. |
| 2. Isolation. | Isolatie. |
| 3. Plaque d'ancrage. | Ankerplaat |
| 4. Bloc de béton. | Betonblok. |



figuur C6.5-2

ARTICLE 7 - ROBINETTERIE

Table des matières

1. Terminologie

1.1. Classification de la robinetterie suivant la fonction

- 1.1.1. Robinet d'isolement (ou d'arrêt)
- 1.1.2. Robinet de réglage
- 1.1.3. Robinets mélangeurs et diviseurs
- 1.1.4. Robinet de corps de chauffe
- 1.1.5. Raccord d'isolement sur corps de chauffe
- 1.1.6. Clapet de pression différentielle
- 1.1.7. Clapet anti-retour (ou de retenue)
- 1.1.8. Soupape de sûreté
- 1.1.9. Clapet de sûreté
- 1.1.10. Soupape d'admission d'air
- 1.1.11. Réducteur de pression
- 1.1.12. Purgeur
- 1.1.13. Séparateur
- 1.1.14. Filtre
- 1.1.15. Voyant de circulation
- 1.1.16. Détecteur de débit

1.2. Classification des robinets suivant le type

- 1.2.1. Robinet à soupape
- 1.2.2. Robinet à membrane
- 1.2.3. Robinet à pointeau
- 1.2.4. Robinet à tournant
- 1.2.5. Robinet à piston
- 1.2.6. Robinet-vanne
- 1.2.7. Robinet à papillon

1.3. Essais

2. Matières

3. Robinets d'isolement

3.1. Impositions relatives au type de robinet à utiliser en fonction du domaine d'application

3.2. Impositions relatives à la perte de pression

- 3.2.1. Eau et vapeur
- 3.2.2. Gaz combustibles

3.3. Impositions relatives à l'étanchéité

- 3.3.1. Exigence générale
- 3.3.2. Tous fluides autres que les gaz combustibles
- 3.3.3. Gaz combustibles

- 3.4. Impositions relatives à la résistance mécanique de l'enveloppe
- 3.5. Résistance à la torsion et à la flexion
 - 3.5.1. Eau et vapeur - Fluides thermiques et huiles combustibles
 - 3.5.2. Gaz combustibles
 - 3.5.2.1. Généralités
 - 3.5.2.2. Résistance à la torsion de montage
 - 3.5.2.3. Résistance à la flexion
- 3.6. Manoeuvrabilité
- 3.7. Résistance du dispositif de manoeuvre
- 3.8. Résistance en fin de course
- 3.9. Résistance aux basses températures (gaz combustibles)
- 3.10. Résistance aux vapeurs d'hydrocarbures (gaz combustibles)
- 3.11. Impositions relatives à la construction
 - 3.11.1. Exigences générales
 - 3.11.2. Impositions relatives aux robinets d'isolement pour les gaz combustibles
 - 3.11.2.1. Matériaux
 - 3.11.2.2. Conception
 - 3.11.3. Impositions relatives aux robinets d'isolement pour les fluides autres que les gaz combustibles
 - 3.11.3.1. Robinet à soupape
 - 3.11.3.2. Robinet à membrane
 - 3.11.3.3. Robinet à pointeau
 - 3.11.3.4. Robinet à tournant
 - 3.11.3.4.1. Robinet à tournant sphérique
 - 3.11.3.4.2. Robinet à tournant conique
 - 3.11.3.4.3. Robinet à tournant lubrifié
 - 3.11.3.5. Robinet à piston
 - 3.11.3.5.1. Pour les fluides 1, 2, 4, 5, 6, 8 et 9 du tableau C7.-1.
 - 3.11.3.5.2. Pour l'eau chaude à haute température et la vapeur à haute pression
 - 3.11.3.6. Robinet - Vanne
 - 3.11.3.6.1. Eau froide d'alimentation
 - 3.11.3.6.2. Eau chaude basse température, vapeur basse pression, eau glacée, eau glycolée, eau de refroidissement, air ou gaz inerte comprimé

3.11.3.7. Robinet à papillon

4. Robinet de réglage à commande manuelle

5. Robinets mélangeurs et diviseurs, autres que robinets hydro-éjecteurs

6. Robinet hydro-éjecteur

7. Robinets de corps de chauffe

7.1. Robinet à commande manuelle

7.1.1. Types de robinets admis

7.1.2. Étanchéité et résistance mécanique

7.1.3. Construction

7.1.4. Fonction de réglage

7.1.5. Placement

7.2. Robinet thermostatique

7.2.1. Prescriptions

7.2.2. Guide d'utilisation

8. Raccord d'isolement sur corps de chauffe

ARTICLE C7 - ROBINETTERIE

1. Terminologie

1.1. Classification de la robinetterie suivant la fonction

1.1.1. Robinet d'isolement (ou d'arrêt)

Robinet assurant, par un choix judicieux du principe et du matériau d'étanchéité, une étanchéité interne et externe correcte, même après de longues périodes avec ou sans manoeuvre.

On distingue :

- a. les robinets d'isolement à commande manuelle
- b. les robinets d'isolement à commande automatique (1)

Lorsque dans le texte de la norme le mode de commande n'est pas précisé, il est entendu qu'il s'agit de robinets d'isolement à commande manuelle.

1.1.2. Robinet de réglage

Robinet présentant, grâce à la conception de l'obturateur, une caractéristique de réglage progressive préétablie.

1.1.3. Robinets mélangeurs et diviseurs

a. Robinet mélangeur

Robinet assurant, à l'intérieur du corps lui-même, le mélange de deux flux.

b. Robinet hydro-éjecteur

Robinet mélangeur assurant sa fonction en utilisant l'effet d'induction.

c. Robinet diviseur

Robinet assurant, à l'intérieur du corps lui-même, la division d'un flux.

(1) Les robinets automatiques de sectionnement pour brûleurs à gaz et appareils à gaz, couverts par le projet pr EN 161, sortent du domaine d'application du présent article.

En attendant la publication de la norme européenne susdite, ces robinets satisfont aux exigences de l'article C1. par. 5. du présent cahier des charges-type, sous la dénomination "robinets de fermeture de sécurité", "robinets de fermeture" et "robinets de régulation".

1.1.4. Robinet de corps de chauffe

a. Robinet à commande manuelle

Robinet répondant aux fonctions d'isolement et de réglage définies au par. 1.1.1. et 1.1.2., placé sur un corps de chauffe, et dont le réglage se fait manuellement.

Il est pourvu d'un double réglage :

- le pré-réglage interne, continu ou à paliers, effectué au moyen d'un outil spécial
- le réglage à manoeuvre extérieure, à la disposition de l'utilisateur

b. Robinet à commande thermostatique

Robinet répondant à la fonction de réglage définie au par. 1.1.2..

Le robinet est pourvu ou non d'un double réglage :

- le pré-réglage interne effectué au moyen d'un outil spécial
- le postréglage automatique, commandé par une sonde

1.1.5. Raccord d'isolement sur corps de chauffe

Raccord placé sur la tuyauterie de retour d'un corps de chauffe, répondant à la fonction d'étanchéité définie au par. 1.1.1..

1.1.6. Clapet de pression différentielle

Organe de réglage, s'ouvrant progressivement et automatiquement lors du dépassement d'une pression prédéterminée ou d'une différence de pression prédéterminée.

1.1.7. Clapet anti-retour (ou de retenue)

Organe ne permettant l'écoulement du fluide que dans un seul sens et assurant l'étanchéité dans le sens opposé.

1.1.8. Soupape de sûreté

Organe de robinetterie normalement en position fermée s'ouvrant automatiquement dès que la pression dépasse une certaine valeur pré-réglée.

1.1.9. Clapet de sûreté

Organe de robinetterie, normalement en position ouverte, se fermant automatiquement lorsque la pression descend en-dessous d'une certaine valeur pré réglée.

1.1.10. Soupape d'admission d'air

Organe de robinetterie permettant l'entrée de l'air extérieur dans une enceinte fermée, dès que cette dernière se trouve en dépression par rapport à la pression atmosphérique, éliminant ainsi le risque de déformation de cette enveloppe. Elle est étanche en cas de surpression interne.

1.1.11. Réducteur de pression

Appareil de robinetterie autonome (sans apport extérieur d'énergie) qui maintient à sa sortie une pression relativement constante, inférieure à celle d'entrée, avec ou sans circulation.

1.1.12. Purgeur

Appareil de robinetterie qui évacue un fluide (air, eau ou autre) se formant dans une enceinte contenant un fluide de nature ou d'état différent.

Un purgeur peut être manuel ou automatique.

1.1.13. Séparateur

Appareil de robinetterie qui sépare un fluide (air, eau ou autre) se formant dans une enceinte contenant un fluide de nature ou d'état différent.

1.1.14. Filtre

Appareil de robinetterie qui retient des particules solides ou liquides présentes dans le fluide véhiculé.

1.1.15. Voyant de circulation

Appareil de robinetterie destiné à visualiser un écoulement.

1.1.16. Détecteur de débit

Appareil de robinetterie provoquant une réaction en cas d'interruption de débit ou de chute de celui-ci en-dessous d'une limite pré-déterminée.

1.2. Classification des robinets suivant le type

1.2.1. Robinet à soupape

Robinet dans lequel l'étanchéité interne est obtenue par l'application d'un disque cylindrique ou profilé sur les bords de l'ouverture de passage du fluide dans le corps.

Le déplacement du disque est axial et est provoqué par une rotation ou une translation de la tige.

A cette catégorie appartiennent également certains types de robinet à pointeau, à savoir ceux où la fermeture s'opère à l'extrémité du pointeau.

1.2.2. Robinet à membrane

Robinet dans lequel l'étanchéité interne est obtenue par une membrane appliquée par une pièce profilée à l'ouverture de passage du fluide dans le corps.

Le déplacement de cette pièce est axial et est provoqué par une rotation ou une translation de la tige.

1.2.3. Robinet à pointeau

Robinet dans lequel l'étanchéité interne est obtenue, soit par l'application d'une tête de pointeau profilée dans un siège ménagé dans l'ouverture de passage du fluide (voir aussi robinet à soupape), soit par obturation intégrale d'une ouverture de passage cylindrique par un piston en forme de pointeau.

Le déplacement du pointeau est axial et est provoqué par une rotation ou une translation de la tige.

1.2.4. Robinet à tournant

Robinet dans lequel, en position ouverte, le fluide s'écoule au travers de l'ouverture ménagée dans un tournant.

Après rotation d'un quart de tour de l'obturateur, le tournant présente une partie pleine devant l'ouverture d'entrée du fluide dans le corps de manière à assurer l'étanchéité interne.

Le tournant est sphérique, conique ou cylindrique.

Par robinet à tournant (conique ou cylindrique) lubrifié, on entend un robinet dont le tournant est pourvu de rainures remplies d'un lubrifiant liquide, renouvelé après chaque manoeuvre du robinet. Les robinets dont le tournant est recouvert d'une pellicule de graisse ne tombent pas sous cette définition.

1.2.5. Robinet à piston

Robinet dans lequel une rotation de la tige provoque un déplacement, parallèlement à son axe, d'un piston cylindrique qui se glisse entre deux anneaux d'étanchéité cylindriques et réalise ainsi l'étanchéité interne.

1.2.6. Robinet-vanne

Robinet dans lequel une rotation ou une translation de la tige provoque le déplacement d'un opercule perpendiculairement à la direction de l'écoulement.

L'étanchéité interne est réalisée par l'application de l'opercule contre les sièges du corps.

1.2.7. Robinet à papillon

Robinet dans lequel une rotation d'un quart de tour de l'obturateur applique un disque, profilé ou non, contre le siège ménagé dans l'ouverture de passage du fluide dans le corps.

1.3. Essais

On distingue les essais d'aptitude et les essais de réception.

Les essais d'aptitude sont effectués par un organisme indépendant, sur chaque gamme de robinets. Par gamme, on entend une série de robinets dont les parties constitutives essentielles, du point de vue des caractéristiques à mesurer, sont identiques. Pour chaque gamme, trois robinets sont soumis aux essais : celui qui a le plus petit diamètre, celui qui a le plus grand diamètre, et un robinet de diamètre intermédiaire. (1)

Au moment de présenter le matériel pour approbation, l'installateur fournit les procès-verbaux des essais d'aptitude. Les exemplaires originaux des rapports d'essais, établis par les organismes qui les ont effectués, sont transmis à l'administration, accompagnés d'une copie. Après vérification de la conformité des copies, les exemplaires originaux sont restitués.

Les essais de réception sont effectués par le fabricant, sur chaque robinet sortant de l'usine. L'installateur fournit, en même temps que les robinets, un certificat émanant du fabricant, attestant que les essais ont été réalisés avec succès et conformément à la norme, sur les robinets faisant l'objet de la fourniture.

(1) Toutefois, pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01, un essai sur un seul robinet de la gamme suffit.

2. Matières

Les matières utilisées en robinetterie sont :

- des alliages cuivre - étain (bronze)
- des alliages cuivre - aluminium
- des alliages cuivre - zinc (laiton)
- des alliages cuivre - nickel
- des aciers au carbone
- des aciers inoxydables
- des aciers spéciaux
- des fontes
- des matériaux synthétiques, tels que
 - . EPDM (éthylène propylène diène monomère)
 - . PTFE (polytetrafluoréthylène)
 - . PE (polyéthylène)
 - . PP (polypropylène)
 - . FPM (caoutchouc fluoré)
 - . NBR (caoutchouc nitrile)

L'annexe 1 donne les nuances admises, en classification normes DIN, ainsi que la correspondance approximative avec les Euronorm et les normes ISO.

3. Robinets d'isolement

3.1. Impositions relatives au type de robinet à utiliser en fonction du domaine d'application

Le tableau C7.-1. indique les types de robinets admis en fonction du domaine d'application.

Toutefois, dans les canalisations véhiculant des liquides, l'utilisation de robinets à fermeture rapide n'est admise que si les dispositions sont prises afin d'éviter toute dommage résultant de coups de bélier.

TABLEAU C7.-1. - Types de robinets d'isolement en fonction du domaine d'application

Fluides *	Robinet sou-pape	Robinet à membrane	Robinet à pointeau	Robinet à tournant			Robinet à piston	Robinet- vanne	Robinet à papillon
				Sphérique	Cônique	Lubrifié			
1. Eau chaude basse température ($\Theta < 111^{\circ}\text{C}$)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2. Vapeur basse pression	A	A	A	A	A	A	A	A	A
3. Eau chaude haute température ou vapeur haute pression	E	E	A	E	E	E	A	E	E
4. Eau froide d'alimentation	A	A	A	A	A	E	A	A	A
5. Eau glacée $\Theta > 2^{\circ}\text{C}$ of Eau glycolée $\Theta \leq 2^{\circ}\text{C}$	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6. Eau de refroidissement	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7. Gaz combustibles a. plus léger que l'air b. plus lourd que l'air	E	E	E	A	A	E	E	E	A
8. Air ou autre gaz inerte comprimé	A	A	A	A	A	E	A	A	A
9. Fluides thermiques et huiles combustibles a. $\Theta \leq 80^{\circ}\text{C}$ b. $\Theta > 80^{\circ}\text{C}$	A A	A E	A A	A E	A E	A E	A A	E E	E E
10. Fluides frigorigènes	A	A	A	A	E	E	E	E	E

Légende

A = autorisé

Cette mention signifie que le type de robinet en question peut être utilisé pour l'application considérée, pour autant que les prescriptions du par. 3.11. soient respectées.

E = exclu

Cette mention signifie que, pour le type de robinet en question, les prescriptions du par. 3.11. ne suffisent pas à garantir que le robinet remplit correctement sa fonction pour l'application considérée. Ce type de robinet ne peut dès lors être utilisé pour cette application que si le robinet est spécialement conçu à cette fin et soumis à des prescriptions complémentaires.

* = voir NBN D 30-100

3.2. Impositions relatives à la perte de pression

3.2.1. Eau et vapeur

Exigences

Le coefficient de perte de pression des robinets d'isolement pour eau et vapeur ne peut dépasser 6, quel que soit le diamètre.

Le coefficient de perte de pression est le rapport de la perte de pression dans le robinet à la pression dynamique à l'entrée du robinet.

$$\zeta = \frac{(p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2}) - (p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2})}{\frac{\rho v_1^2}{2}}$$

où

P_1 = est la pression statique à l'entrée du robinet,
exprimée en Pa

v_1 = est la vitesse à l'entrée du robinet,
exprimée en m/s

p_2 = est la pression statique à la sortie du robinet,
exprimée en Pa

v_2 = est la vitesse à la sortie du robinet,
exprimée en m/s

ρ = est la masse volumique du fluide, exprimée en kg/m^3

Note : La section d'entrée où se mesurent p_1 et v_1 est la section du tuyau au droit du raccord.

Modalités d'essai

- La perte de pression fait l'objet d'un essai d'aptitude. La méthode de mesure, exception faite pour la construction des boîtes de prise de pression, est conforme au projet de norme européenne pr EN 164, qui est repris au projet de norme belge NBN E 29-804, par. 6..
- La détermination du coefficient de perte de pression n'est en principe pas exigée ni pour des robinets à papillon ni pour des robinets à tournant sphérique.

3.2.2. Gaz combustibles

Exigences

A la pression de 100 mbar, la perte de pression ne peut dépasser 1 mbar pour le débit d'air mentionné au tableau C7.-1a. ci-après.

Tableau C7.-1a.

DN	Debit in m ³ /h (15° C - 1013 mbar)
15	5,0
20	8,0
25	16,0
32	27,0
40	40,0
50	65,0
80	90,0
100	130,0

Modalités d'essai

Les modalités d'essai sont identiques à celles définies ci-avant pour l'eau et la vapeur (3.2.1.).

3.3. Impositions relatives à l'étanchéité

3.3.1. Exigence générale

Dans les conditions normales d'utilisation, les robinets placés en position fermée doivent rester parfaitement fermés et ne peuvent perdre leur étanchéité sous l'effet de vibrations, de variations de température, de contraintes mécaniques, etc..

3.3.2. Tous fluides autres que les gaz combustibles

Exigences

a. Etanchéité externe

L'étanchéité externe doit être assurée dans toute la plage des températures d'utilisation.

Le contrôle de l'étanchéité se fait en position ouverte par une épreuve à température ambiante, sous 1,1 PMA, à l'air. (1)

b. Etanchéité interne

L'étanchéité interne doit être assurée dans toute la plage des températures d'utilisation.

Le contrôle d'étanchéité se fait par une épreuve à température ambiante, sous une pression différentielle égale à 1,1 PMA, à l'air.

(1) La notion PMA est définie par la norme NBN E 29-002.

c. Endurance

Le robinet est soumis à 5.000 cycles. Après cette épreuve, il doit satisfaire aux essais d'étanchéité externe et interne.

Modalités d'essai

- a. Les essais d'étanchéité sont effectués conformément à la norme NBN E 29-316 (ISO 5208-1982). En ce qui concerne l'étanchéité interne (essai du siège), c'est la catégorie 3 du tableau 4 de cette norme qui est d'application. En ce qui concerne l'étanchéité externe (essai de l'enveloppe), aucune fuite visible n'est admise au niveau de la garniture.
- b. L'essai d'endurance est réalisé à une température égale à TMA. Le robinet, en position fermée, est installé dans une tuyauterie et soumis à une pression statique égale à PMA.

Chaque cycle se compose de 4 phases :

1. ouverture complète en 3 s
2. arrêt de 15 s
3. fermeture complète en 3 s
4. arrêt de 15 s

- c. Il est exigé un essai d'aptitude portant sur l'étanchéité et sur l'endurance. Un essai d'étanchéité est effectué avant et après l'épreuve d'endurance. L'ensemble de ces épreuves (étanchéité et endurance) est effectué après l'essai de résistance mécanique (cfr. 3.4.).

La succession des essais est donc la suivante :

1. résistance mécanique (1,5 PMA)
 2. étanchéité externe et interne (1,1 PMA)
 3. endurance
 4. étanchéité externe et interne (1,1 PMA)
- d. Il est exigé un essai de réception portant sur l'étanchéité mais non sur l'endurance. Il est effectué après l'essai de résistance mécanique (cfr. 3.4.).

N.B. : Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01, les modalités d'essais (b) ci-dessus ne sont pas impératives.

3.3.3. Gaz combustibles

Les exigences et modalités d'essais sont identiques à celles définies ci-avant pour les autres fluides.

Toutefois,

- les pressions d'épreuve, fixées en principe à 1,1 PMA, sont au moins égales à 0,3 bar
- chaque épreuve d'étanchéité sous 1,1 PMA (avec un minimum de 0,3 bar) est immédiatement suivie d'une seconde épreuve sous 0,1 bar

3.4. Impositions relatives à la résistance mécanique de l'enveloppe

Exigences

L'enveloppe de tout robinet d'isolement doit résister à une pression égale à 1,5 PMA.

Modalités d'essai

- a. L'essai est effectué conformément à la norme NBN E 29-316 ("essai de l'enveloppe"), à l'eau, à la température ambiante.
- b. L'essai de résistance mécanique est effectué avant les essais d'étanchéité et d'endurance (cfr. 3.3.2. et 3.3.3.).
- c. La résistance mécanique fait l'objet d'un essai d'aptitude et d'un essai de réception.

N.B. : Pour les offres et soumissions déposées avant le 01.01.1992, l'essai d'aptitude n'est pas exigé.

3.5. Impositions relatives à la résistance à la torsion et à la flexion

3.5.1. Eau et vapeur - Fluides thermiques et huiles combustibles

La résistance à la torsion et à la flexion fait l'objet d'essais d'aptitude, exécutés conformément aux modalités suivantes :

Ces essais ne concernent que les robinets

- en métaux non ferreux
- à embouts filetés
- de diamètre nominal inférieur ou égal à DN 50
- de PMA inférieure à 20 bar

Le moment de torsion M_t et la force de flexion F mentionnés dans le tableau C7.-2. sont successivement appliqués, chacun pendant 5 minutes, au robinet complètement ouvert, installé respectivement selon les figures C7.-1. et C7.-2., et soumis à une pression d'eau ou d'air égale à PMA.

N.B. : Certaines précautions de sécurité sont à prendre lors des essais à l'air.

A l'issue de ces essais, le robinet ne peut présenter aucune déformation permanente et son fonctionnement doit rester satisfaisant dans les conditions normales d'utilisation.

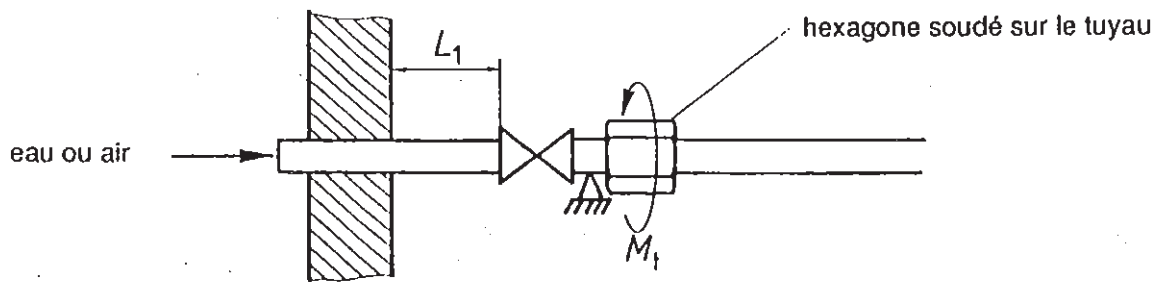


Fig. C7.-1. - Essai de torsion

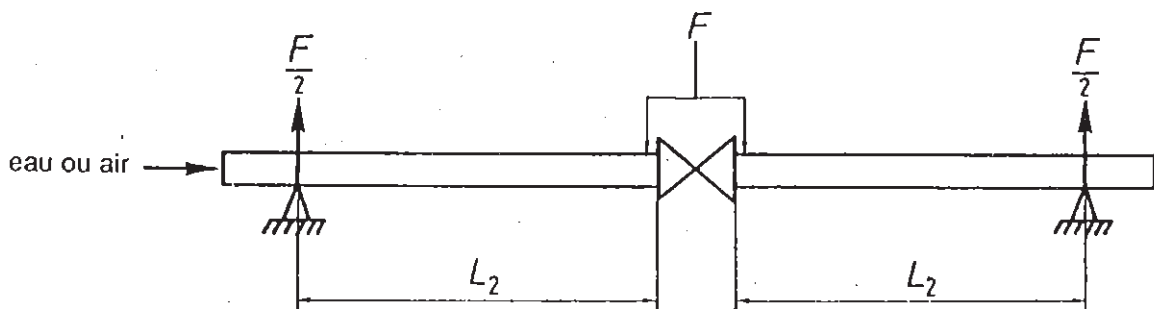


Fig. C7.-2. - Essai de flexion

Tableau C7.-2. : Paramètres pour les essais de torsion et de flexion

Diamètre nominal	Torsion		Flexion	
	M_t	L_1	F	L_2
	N.m	mm	N	mm
DN 10	100	30	2000	100
DN 15	125	45	2000	150
DN 20	150	60	2000	200
DN 25	175	75	2000	250
DN 32	200	95	2500	320
DN 40	225	120	3000	400
DN 50	250	150	4000	500

N.B. : 1. Les présentes prescriptions sont celles de la norme NBN E 29-317 "Robinetterie industrielle - Essais d'aptitude des robinets à tournant sphérique", par. 3.4..

2. Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01 ces essais ne sont pas exigés.

3.5.2. Gaz combustibles

3.5.2.1. Généralités

La résistance à la torsion et à la flexion fait l'objet d'essais d'aptitude, exécutés conformément aux modalités définies ci-après. Les dispositifs d'essais sont représentés aux figures C7.-1. et C7.-3..

3.5.2.2. Résistance à la torsion

Indépendamment du mode d'assemblage (vissé, à brides ou soudé) nécessaire pour réaliser le montage de la figure C7.-1., le robinet est soumis pendant 5 minutes à l'effort de torsion de montage suivant, l'obturateur étant placé dans la position présumée la plus défavorable :

- robinet dont le corps est en métaux ferreux :
couples MT 1 mentionné au tableau C7.-3., colonne 2
- robinet dont le corps est en métaux non ferreux :
couples MT 3 mentionné au tableau C7.-4.

Le robinet est ensuite soumis durant 15 minutes à l'effort de torsion résiduel suivant :

- robinet dont le corps est en métaux ferreux :
couple MT 2 indiqué au tableau C7.-3., colonne 3
- robinet dont le corps est en métaux non ferreux :
le couple MT 3 indiqué au tableau C7.-4. est maintenu

A l'issue de cette deuxième période on procède aux opérations suivantes, les efforts restant appliqués :

1. exécution de trois cycles de manoeuvre complets
2. contrôle de l'étanchéité (suivant art. 3.3.3.)
3. contrôle de la manoeuvrabilité (suivant art. 3.6.)

Le robinet reste étanche et manoeuvrable.

3.5.2.3. Résistance à la flexion

Indépendamment du mode d'assemblage (vissé, à brides ou soudé) nécessaire pour réaliser le montage de la figure C7.-3., le robinet est soumis pendant 15 minutes à l'effort de flexion résiduel suivant, l'obturateur étant placé dans la position présumée la plus défavo- rable :

- robinet dont le corps est en métaux ferreux :
couple MF 2 indiqué au tableau C7.-3., colonne 4
- robinet dont le corps est en métaux non ferreux :
couple MF 3 indiqué au tableau C7.-4.

A l'issue de cette période on procède aux opérations suivantes, les efforts restant appliqués :

1. exécution de trois cycles de manoeuvre complets
2. contrôle de l'étanchéité (suivant art. 3.3.3.)
3. contrôle de la manoeuvrabilité (suivant art. 3.6.)

Le robinet reste étanche et manoeuvrable.

Tableau C7.-3. : Couples de torsion et de flexion
Robinets dont le corps est en métaux ferreux

Diamètre nominal	Couple de montage		Couples résiduels	
	Torsion TM 1 N.m		Torsion TM 2 N.m	Flexion BM 2 N.m
1	2		3	4
DN 15	85		30	30
DN 20	150		40	40
DN 25	235		50	40
DN 32	385		64	64
DN 40	600		80	80
DN 50	1000		100	100
DN 80	1000		160	160
DN 100	1000		200	200
DN 150	1000		300	300
DN 200	1000		400	400
DN 250	1000		500	500
DN 300	1000		600	600
DN 350	1500		700	700
DN 400	1500		800	800
DN 500	1500		1000	1000

Tabel C7.-4. : Couples de torsion et de flexion
Robinets dont le corps est en métaux non ferreux

Diamètre nominal	Couple	
	Torsion TM 3 N.m	Flexion BM 3 N.m
DN 15	85	30
DN 20	150	40
DN 25	235	60
DN 32	300	70
DN 40	400	80
DN 50	500	100

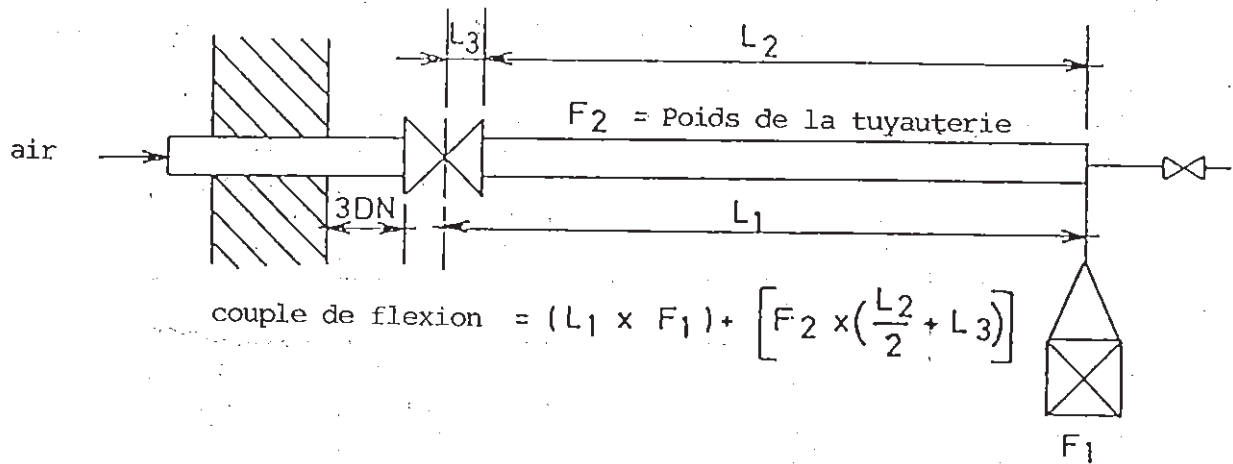


Fig. C7.-3.

N.B. : Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01, les essais décrits au présent paragraphe 3.5.2. ne sont pas exigés.

3.6. Manoeuvrabilité

La manoeuvrabilité doit être assurée dans toute la plage des températures d'utilisation. Elle fait l'objet d'un essai d'aptitude, exécuté à température ambiante conformément aux modalités suivantes.

Un déblocage doit précéder tout essai effectué après un stockage de longue durée. (voir NB 3)

Le robinet en position fermée est installé dans une tuyauterie à une pression différentielle numériquement égale, en bars, à la pression maximale admissible (PMA) à 20° C.

On ouvre ensuite complètement le robinet, puis on le ferme.

Lors de ces deux opérations, le couple mesuré à l'accouplement de l'arbre de manoeuvre à l'organe de commande ne peut à aucun moment dépasser la valeur maximale indiquée dans le tableau C7.-5..

Tableau C7.-5. - Couple maximal de manoeuvre

Diamètre	Couple maximal (Nm)	
	PMA (20° C) < 25 bar	PMA (20° C) ≥ 25 bar
DN 15	4	8
DN 20	7	14
DN 25	11	22
DN 32	18	36
DN 40	22	44
DN 50	35	70
DN 80	95	190
DN 100	140	280
DN 150	320	640
DN 200	460	920
DN 250	900	1800
DN 300	1500	3000
DN 350	3800	7600
DN 400	4500	9000
DN 500	7500	15000

- N.B. :
1. Pour un robinet à passage intégral, le couple maximal de manoeuvre à considérer est celui qui correspond au DN immédiatement supérieur à celui du robinet.
 2. Les présentes prescriptions sont celles de la norme NBN E 29-317, par. 3.1..
 3. Le couple mesuré lors du décollement de l'obturateur à la première manoeuvre effectuée après un stockage de longue durée ne peut dépasser le double du couple maximal indiqué au tableau C7.-5..
 4. Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01 le présent essai n'est pas exigé.

3.7. Résistance du dispositif de manoeuvre

Exigences

Le dispositif de manoeuvre résiste à un couple égal au triple du couple maximal mentionné au tableau C7.-5. (compte tenu du N.B. 1. du point 3.6.).

Modalités d'essai (essai d'aptitude)

L'essai est réalisé obturateur bloqué sans effort sur les butées. Le moment de torsion est appliqué progressivement et sans à coup.

N.B. : Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01, cet essai n'est pas exigé.

3.8. Résistance en fin de course

Exigences

Le dispositif de manoeuvre et les butées résistent à un couple égal à 1,5 fois le couple maximal mentionné au tableau C7.-5. (compte tenu du N.B. 1. du point 3.6.).

Modalités d'essai (essai d'aptitude)

L'essai est réalisé obturateur en fin de course. Le moment de torsion est appliqué progressivement et sans à coup.

N.B. : Pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01, cet essai n'est pas exigé.

3.9. Résistance aux basses températures (ne s'applique qu'aux gaz combustibles)

Les robinets destinés à être installés à l'extérieur des bâtiments et hors sol doivent :

- rester manoeuvrables (selon 3.6.)
- rester étanches (selon 3.3.)

lorsqu'ils sont maintenus pendant 48 h à -20° C (ou à la température minimale indiquée par le fabricant si elle est inférieure à -20° C) et soumis à la pression maximale admissible (PMA).

Ces exigences font l'objet d'un essai d'aptitude. Celui-ci n'est toutefois pas requis pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01.

N.B. : Le comportement des robinets aux ambiances exceptionnelles, telles que l'incendie, n'est pas traité dans la présente norme. Il doit faire l'objet de normes spécifiques. Des travaux sont entrepris dans ce domaine par l'ISO et le CEN.

3.10. Résistance aux vapeurs d'hydrocarbures (ne s'applique qu'aux gaz combustibles)

Le robinet est placé en position partiellement ouverte sur une grille placée dans un récipient fermé hermétiquement dont le fond est rempli de pentane liquide.

Après avoir maintenu ce robinet durant 7 x 24 heures dans ce récipient et ensuite avoir laissé ce robinet durant 24 heures dans l'ambiance du local, le robinet doit être étanche dans les conditions d'essai de l'article 3.3.3. ou 3.3.4..

Il s'agit d'un essai d'aptitude, qui n'est toutefois pas requis pour les offres et soumissions déposées avant le 1992.01.01.

3.11. Impositions relatives à la construction

3.11.1. Exigences générales

- a. La tige doit être suffisamment longue pour que, lorsqu'elle se trouve dans sa position la plus basse, son extrémité supérieure, sur laquelle le volant a prise, dépasse suffisamment de la partie supérieure du corps pour permettre la transmission de l'effort du volant à la tige.
- b. Les tiges non montantes ne sont admises que lorsque les robinets sont pourvus d'un indicateur montrant clairement la position ouverte ou fermée du robinet.
- c. Lorsque l'étanchéité externe à la tige est assurée par un bourrage, la tige est polie.
- d. A partir d'un diamètre > DN 50, le raccordement se fait au moyen de brides ou par soudure. Toutefois, pour les gaz combustibles, le raccordement se fait, quel que soit le diamètre, conformément aux normes en vigueur.
- e. Dans le cas du transport d'eau potable (eau de ville), les matériaux élémentaires ou les matériaux de revêtement qui pourraient entrer normalement ou accidentellement en contact avec cette eau doivent être exempts de phénol et ne peuvent contenir de substances toxiques.

Il ne peuvent donner ni odeur, ni coloration, ni goût à l'eau qui contient du chlore ou des chloramines à raison de 1 mg de chlore libre par litre, après une durée de contact de 24h. Le revêtement ne peut donc altérer ni les propriétés organoleptiques ni les propriétés physico-chimiques de l'eau.

- f. Lorsque les impositions font mention d'acier inoxydable, il faut entendre par là un acier inoxydable austénitique.

D'autres matériaux peuvent être proposés si le fabricant présente des procès-verbaux démontrant que ceux-ci ont des propriétés équivalentes du point de vue de la résistance à l'oxydation et à la corrosion. Les procès-verbaux doivent être délivrés par un organisme indépendant compétent.

- g. Les servo-moteurs électriques équipant les robinets d'isolement à commande automatique sont munis de contacts de fin de course combinés à un limiteur de couple.

3.11.2. Impositions relatives aux robinets d'isolement pour les gaz combustibles

3.11.2.1. Matériaux

a. Corps

Le matériau du corps du robinet est fonction de son utilisation et de son mode de raccordement.

- Choix suivant l'utilisation

Le matériau est choisi en fonction de la pression maximale de service et du lieu d'installation : voir tableau C7.-8..

- Choix suivant le mode de raccordement

- . par soudage : acier soudable
- . par brides, par filetage ou par raccord mécanique à compression : acier, fonte et alliage de cuivre

Tableau C7.-8. - Robinets d'isolement pour les gaz combustibles
Matériaux à utiliser

Lieu d'installation	Pression maximale de service (PMS)	Pression maximale admissible (PMA) à 20° C (en bar)	Matériaux du corps
Dans le bâtiment	PMS ≤ 0,5 bar	10	- Alliage de cuivre (1) - Acier - Fonte (sauf fonte grise à graphite lamellaire de la classe GG20)
	PMS ≤ 5 bar	10	- Acier - Fonte (sauf fonte grise à graphite lamellaire de la classe GG20)

A l'extérieur du bâtiment et enterré, sauf les postes de détente	PMS ≤ 0,1 bar	10	<ul style="list-style-type: none"> - Alliage de cuivre (uniquement jusqu'au diamètre nominal DN 50 et avec raccords non filetés) - Acier - Fonte (sauf fonte grise à graphite lamellaire de la classe GG20) - PE (uniquement sur canalisation PE)
	PMS ≤ 5 bar	10	<ul style="list-style-type: none"> - Acier - Fonte (sauf fonte grise à graphite lamellaire de la classe GG20) - PE (uniquement sur canalisation PE)
	PMS ≤ 15 bar	16	<ul style="list-style-type: none"> - Acier
A l'extérieur du bâtiment, non enterré, et tous postes de détente à l'extérieur du bâtiment	PMS ≤ 5 bar	10	<ul style="list-style-type: none"> - Alliage de cuivre (1) - Acier - Fonte (sauf fonte grise à graphite lamellaire de la classe GG20)
	PMS ≤ 15 bar	16	<ul style="list-style-type: none"> - Acier - Fonte malléable - Fonte à graphite sphéroïdal
(1) Si PMS ≤ 0,1 bar et avec d'autres raccords que les brides, la PMA exigée est ramenée à 0,2 bar.			

b. Joints d'étanchéité en PTFE

Lorsque le joint d'étanchéité est en PTFE, la surface de contact avec le siège est réalisée en PTFE vierge. La conception du système d'étanchéité doit compenser le fluage éventuel.

c. Joints d'étanchéité des sièges

Le joint d'étanchéité du siège est en PTFE lorsque l'obturateur est en contact continu avec le joint, sauf dans le cas où l'obturateur est en alliage Al Mg Si. Dans ce cas, le joint doit être en élastomère.

d. Jointts à la tige

L'étanchéité à la tige peut être réalisée par un ou plusieurs joints. Ces joints peuvent être en PTFE ou en élastomère.

3.11.2.2. Conception

a. Pour tous les types

1. Du côté aval, le corps du robinet doit être réalisé de préférence sans flasque ou au maximum avec un flasque. Les robinets assemblés avec tirants sont interdits.
2. Le montage de la tige doit être réalisé de telle manière qu'elle ne puisse être éjectée accidentellement.
3. Le joint d'étanchéité autour de la tige doit être conçu de sorte qu'il ne nécessite aucune adaptation ou serrage complémentaire avant au moins 1,5 fois le nombre de cycles mentionné au point 3.3.2..
4. La tête de commande des robinets enterrés doit être conçue pour recevoir un embout pour clé de fontainier.
5. La manoeuvre de fermeture du robinet doit s'effectuer par rotation de l'organe de manoeuvre dans le sens des aiguilles d'une montre.
6. Le robinet doit posséder un dispositif de protection contre l'électricité statique, si cela est stipulé dans le cahier spécial des charges. Ce dispositif assure une liaison électrique permanente entre la tige et le corps des robinets de $DN \leq 50$, ou entre l'obturateur, la tige et le corps des robinets de $DN > 50$. Ce dispositif doit être situé de façon à être protégé contre l'entrée de corps étrangers et contre la corrosion par l'environnement externe. Il doit aussi être enfermé de telle sorte qu'il soit impossible de le démonter ou de le mettre hors service accidentellement.

b. Robinetts à tournant

1. Les robinets à tournant conique répondent à la norme NBN ... (*). Les robinets à tournant sphérique répondent aux normes E 29-318 à 320.
2. Les robinets à tournant lubrifié ne sont pas admis.
3. Le tournant peut être réalisé dans les matériaux suivants :

(*) en préparation

Robinet à tournant sphérique :

- acier inoxydable austénitique poli
- acier, fonte ou alliage de cuivre, chromés dur
- alliage Al Mg Si selon DIN 1747 pour DN \leq 25

Robinet à tournant non-sphérique :

- acier inoxydable austénitique poli
- acier, fonte ou alliage de cuivre

4. L'élément qui maintient le tournant dans le corps est pourvu d'une bague de sûreté ou d'un dispositif similaire évitant le démontage accidentel de cet élément au cours des opérations de montage et d'utilisation.
5. Le dispositif de commande doit fermer le robinet au quart de tour.
6. Les positions d'ouverture et de fermeture complètes doivent être limitées par des butées fixes non réglables sauf sur les robinets avec commande par réducteur. La conception de ces butées doit être telle qu'elle empêche tout dépôt de corps étrangers ou d'impuretés.
7. Lorsque la pression maximale de service (PMS) est supérieure à 5 bar, le tournant des robinets à tournant sphérique d'un diamètre DN \geq 150 doit être guidé en haut et en bas.
8. La tête de la tige de commande indique par sa forme, ou par marquage, la position du tournant.
9. Pour les robinets à commande automatique, le système d'accouplement de l'organe de manoeuvre avec le dispositif de commande doit permettre de reconnaître extérieurement la position du tournant. Cette exigence est conservée même lorsque la position de l'organe de manoeuvre est modifiée de 180° pour des raisons d'encombrement.
10. Pour les robinets à commande manuelle, la position de la manette permet de reconnaître extérieurement la position du tournant, par exemple comme suit :
 - la manette en équerre par rapport au sens d'écoulement du fluide, pour la fermeture
 - la manette parallèle à cet écoulement pour l'ouverture
11. La manette doit pouvoir être fixée de façon à nécessiter un outil pour son démontage.

Pour les robinets enterrés, les points 9. et 10. ne sont pas d'application.

c. Robinet à papillon

1. Le papillon est en fonte, alliage de cuivre ou acier inoxydable austénitique.
La surface de contact est polie ou revêtue d'une matière compatible avec le fluide véhiculé.
2. Le papillon est guidé en deux points diamétralement opposés.
3. Le papillon ne peut pas être percé de part et d'autre dans le sens de l'écoulement du gaz, pour la fixation à la tige de manoeuvre.
4. Le joint d'étanchéité interne est constitué d'une pièce. Il fait partie du corps du robinet et non du papillon.

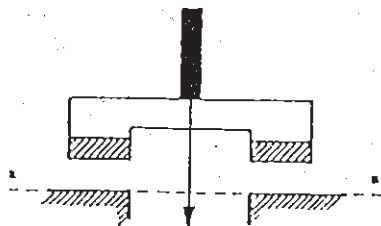
3.11.3. Impositions relatives aux robinets d'isolement pour les fluides autres que les gaz combustibles.

3.11.3.1. Robinet à soupape

Le corps et le couvercle sont en fonte ou en acier ; pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis. La tige est en acier inoxydable austénitique ; pour un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

Pour l'étanchéité interne, les exécutions suivantes sont admises.

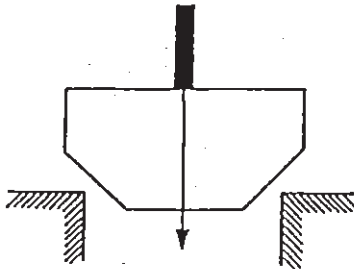
a. selon fig. C7.-4.



Ce principe d'étanchéité est admis moyennant les deux conditions suivantes :

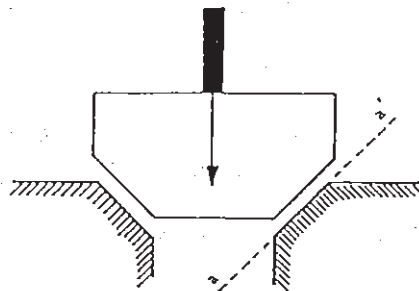
- Le siège est placé de façon que le plan a-a' de la surface d'étanchéité fixe forme avec l'horizontale un angle supérieur ou égal à 30°.
- L'étanchéité est assurée par un élément souple en EPDM, en PTFE ou en un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement, et du frottement.

b. selon fig. C7.-5.



Ce principe d'étanchéité est admis en cas de contact métal-métal. Au moins une des deux surfaces d'étanchéité est en acier inoxydable austénitique au molybdène, en alliage de cuivre ou en fonte.

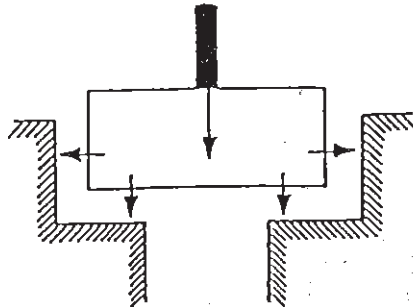
c. selon fig. C7.-6.



Ce principe d'étanchéité est admis moyennant les deux conditions suivantes :

- Toute génératrice a-a' de la surface d'étanchéité fixe forme un angle $\geq 30^\circ$ avec l'horizontale, de manière à éviter les dépôts.
- L'étanchéité est assurée par un élément souple en EPDM ou en matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement, et du frottement.

d. selon fig. C7.-7.



Ce principe d'étanchéité est admis moyennant les deux conditions suivantes :

- L'étanchéité axiale sur le siège est complétée par une étanchéité radiale.
- L'étanchéité est assurée par un élément souple en EPDM ou en NBR ou en un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement et du frottement, et tourne librement par rapport à la tige.

3.11.3.2. Robinet à membrane

a. Pour eau froide d'alimentation, eau glacée, eau glycolée, eau de refroidissement et air ou gaz comprimé

Le corps est en fonte et la tige en acier inoxydable austénitique poli.

La membrane est en matière compatible avec le fluide véhiculé. Elle comporte des renforcements internes et est soutenue dans toutes ses positions.

Elle isole du fluide les organes mécaniques.

- b. Pour eau chaude basse température, vapeur basse pression, huile combustible et fluide thermique à température $\leq 80^{\circ}$ C et fluide frigorigène

Le corps est en fonte et la tige en acier inoxydable austénitique poli.

La membrane est en matière compatible avec le fluide véhiculé. Elle comporte des renforcements internes et est soutenue dans toutes ses positions. Elle isole du fluide les organes mécaniques.

La tête est pourvue d'un dispositif empêchant les fuites vers l'extérieur en cas de destruction de la membrane. Cette étanchéité est assurée tant en position intermédiaire que fermée ou ouverte.

Pour l'eau, un purgeur permet de vérifier à tout moment l'état de la membrane.

3.11.3.3. Robinet à pointeau

Le corps est en alliage de cuivre, en acier ou en fonte.

La tige est en acier inoxydable austénitique. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, la partie du pointeau assurant l'étanchéité interne à la fermeture est chromée dur ou est en un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à l'érosion et à la corrosion ; il en est de même du siège.

3.11.3.4. Robinet à tournant

3.11.3.4.1. Robinet à tournant sphérique

Le robinet répond aux normes NBN E 29-318 à 320.

Le corps et les flasques sont en acier ou en fonte. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

La tige de manoeuvre est en acier inoxydable austénitique. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

Le tournant sphérique est soit en acier inoxydable austénitique au molybdène, poli, soit en métal chromé dur.

L'étanchéité interne est assurée par un siège en PTFE ou un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement et du frottement.

3.11.3.4.2. Robinet à tournant conique

Le corps et le couvercle sont en acier ou en fonte. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50 les alliages de cuivre sont également admis.

La tige de manoeuvre et le tournant sont constitués du même matériau : fonte ou acier inoxydable austénitique au molybdène. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

Si le tournant est en fonte, ou en alliage de cuivre, il est chromé dur. S'il est en acier inoxydable austénitique au molybdène, il est poli.

Les étanchéités interne et externe sont assurées par une chemise, encastrée dans le corps, constituée de PTFE ou d'un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement et du frottement.

Les robinets sont construits de telle manière que les variations de température et de pression soient reprises sans provoquer une déformation permanente de la chemise.

Pour l'eau chaude, la vapeur et les huiles combustibles, le robinet est construit de telle façon que l'éjection de la tige en dehors du robinet soit impossible.

3.11.3.4.3. Robinet à tournant lubrifié

Le corps et le couvercle sont en acier ou en fonte.

L'axe de manoeuvre et le tournant conique ou cylindrique sont en fonte, avec traitement de surface pour le tournant.

L'étanchéité externe à la tige est assurée par un bourrage resserable en service ou par un joint torique.

Le lubrifiant utilisé résiste au fluide véhiculé.

3.11.3.5. Robinet à piston

3.11.3.5.1. Pour les fluides 1, 2, 4, 5, 6, 8 et 9 du tableau C7.-1.

Le corps et le couvercle sont en acier ou en fonte.

La tige est en acier inoxydable. Le piston est en acier inoxydable austénitique au molybdène.

Les étanchéités interne et externe sont assurées par deux bagues d'étanchéité maintenues à distance par une pièce en fonte ou en acier inoxydable austénitique.

La bague d'étanchéité inférieure, assurant l'étanchéité interne, est en amiante caoutchouté graphité ou en un matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement et des caractéristiques de frottement et d'étanchéité.

La bague d'étanchéité supérieure, assurant l'étanchéité externe, est lamellée et composée d'amiante caoutchouté graphité et de PTFE ou de matériaux à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température, du vieillissement et des caractéristiques de frottement et d'étanchéité.

Les bagues d'étanchéité sont resserrables en service. Elles sont remplaçables.

Le couvercle est fixé sur le corps par des boulons.

Les tiges de ces boulons sont munies, sous les écrous, de rondelles à ressorts, de manière à exercer sur les anneaux d'étanchéité une pression constante, indépendante des variations de température.

La tige n'est pas en contact avec le fluide.

3.11.3.5.2. Pour l'eau chaude à haute température et la vapeur à haute pression

Les prescriptions du 3.11.3.5.1. sont d'application ; toutefois :

- le corps et le couvercle sont en acier.
- à partir d'un diamètre supérieur à DN 50, les robinets sont pourvus d'un piston sur lequel la résultante des forces exercées par le fluide est pratiquement nulle.

3.11.3.6. Robinet - Vanne

3.11.3.6.1. Eau froide d'alimentation

Le robinet-vanne est conforme à la norme NBN E 29-305 ou à la norme NBN E 29-306.

3.11.3.6.2. Eau chaude basse température, vapeur basse pression, eau glacée, eau glycolée, eau de refroidissement, air ou gaz inerte comprimé

Le corps et le couvercle sont en fonte ou en acier. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

La tige est en acier inoxydable austénitique. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

L'opercule est en fonte, en alliage de cuivre ou en acier, en concordance avec le matériau dont est constitué le corps.

L'étanchéité interne est obtenue par l'application de l'opercule contre deux sièges annulaires métalliques obliques situés dans le corps.

Ces sièges et les surfaces de contact de l'opercule sont en bronze, laiton, fonte ou acier inoxydable austénitique au molybdène.

3.11.3.7. Robinet à papillon

La norme NBN E 29-301 (1988) est d'application.

On distingue quatre types :

- le type sandwich sans bride
- le type à bride unique avec trous de guidage
- le type à bride unique avec trous de guidage taraudés des deux côtés
- le type à deux brides

Seuls les deux derniers types sont admis comme robinet terminal, le dernier étant préférable.

Le corps est en fonte ou en acier. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

L'axe est en acier inoxydable austénitique, au molybdène s'il se trouve dans le flux. Pour les robinets d'un diamètre \leq DN 50, les alliages de cuivre sont également admis.

Le papillon est en fonte, en alliage de cuivre ou acier inoxydable austénitique au molybdène. La surface de contact est polie ou revêtue d'une matière compatible avec fluide véhiculé.

L'étanchéité interne est assurée par une manchette élastique solidaire du corps. Cette manchette est en EPDM ou en matériau à propriétés équivalentes dans le domaine de la résistance à la température et du vieillissement.

L'étanchéité externe à la tige est assurée soit au moyen d'un bourrage resserrable en service, soit au moyen d'un joint torique ou par la manchette élastique elle-même.

A partir d'un diamètre \geq DN 200, le robinet est muni d'un réducteur à pignons ou à vis sans fin.

4. Robinet de réglage à commande manuelle

4.1. Robinet assurant uniquement la fonction de réglage

Le robinet est pourvu d'une indication de position graduée.

A la demande de l'administration, l'installateur fournit les courbes de la perte de pression en fonction du débit à six positions différentes réparties régulièrement entre les positions 0 et 100 %.

Les prises pour le raccordement d'un manomètre différentiel sont montées dans la tuyauterie à proximité immédiate du robinet de réglage ou font partie du corps de robinet proprement dit.

En ce qui concerne les exigences relatives à l'étanchéité externe et à la résistance mécanique, le robinet de réglage satisfait aux mêmes exigences que le robinet d'isolement.

4.2. Robinet assurant les fonctions de réglage et d'isolement

Le robinet est pourvu d'une indication de position graduée.

A la demande de l'administration, l'installateur fournit les courbes de la perte de pression en fonction du débit à six positions différentes réparties régulièrement entre les positions 0 et 100 %.

Les prises pour le raccordement d'un manomètre différentiel sont montées dans la tuyauterie à proximité immédiate du robinet de réglage ou font partie du corps de robinet proprement dit.

En ce qui concerne les exigences relatives aux matériaux, à l'étanchéité externe et à la résistance mécanique, le robinet de réglage satisfait aux mêmes exigences que le robinet d'isolement.

5. Robinets mélangeurs et diviseurs, autres que robinets hydro-éjecteurs

Les robinets sont pourvus d'une indication de position graduée.

Les robinets doivent pouvoir être bloqués dans une position quelconque. A cet effet, il peut être fait usage d'une position "arrêt" sur le commutateur de commande du robinet.

Les robinets sont du type à soupape.

les servo-moteurs électriques équipant les robinets d'isolement à commande automatique sont munis de contacts de fin de course combinés à un limiteur de couple.

En ce qui concerne les exigences relatives aux matériaux, à l'étanchéité externe et à la résistance mécanique, les robinets mélangeurs et diviseurs satisfont aux mêmes exigences que le robinet d'isolement.

6. Robinet hydro-éjecteur

Le pointeau de la buse est commandé par un mécanisme muni d'une commande manuelle auxiliaire et d'une indication de position graduée.

Les servo-moteurs électriques équipant les robinets d'isolement à commande automatique sont munis de contacts de fin de course combinés à un limiteur de couple.

Le corps du robinet hydro-éjecteur est en acier ou en fonte ; pour des diamètres inférieurs ou égaux à DN 50, les alliages de cuivre sont également admis. Toutes les pièces intérieures sont en acier inoxydable.

En ce qui concerne les exigences relatives à l'étanchéité externe et à la résistance mécanique, le robinet hydro-éjecteur satisfait aux mêmes exigences que le robinet d'isolement.

7. Robinetts de corps de chauffe

7.1. Robinet à commande manuelle

7.1.1. Types de robinets admis

Robinet à soupape ou à pointeau.

7.1.2. Etanchéité et résistance mécanique

En ce qui concerne l'étanchéité et la résistance mécanique, les robinets de corps de chauffe satisfont aux mêmes exigences que les robinets d'isolement.

L'étanchéité à la tige est assurée par un bourrage ou par une membrane métallique. Toute fuite le long de la tige doit pouvoir être supprimée sans vidange de l'installation, soit en resserrant, soit en remplaçant l'élément d'étanchéité.

L'étanchéité à la soupape est assurée par un contact élément souple-métal, ou métal-métal ou par la combinaison des deux.

7.1.3. Construction

Si le cahier spécial des charges le précise, les robinets sont munis d'un "cache-entrée". Les matériaux sont conformes aux exigences du par. 2.

7.1.4. Fonction de réglage

A la demande de l'administration, l'installateur fournit les courbes de la perte de pression en fonction du débit à six positions différentes réparties régulièrement entre les positions 0 et 100 %.

7.1.5. Placement

La tige de manoeuvre est de préférence placée en position horizontale.

7.2. Robinet thermostatique

7.2.1. Prescriptions

Le robinet thermostatique est conforme à la norme NBN D 12-100 (EN 215-1). Le robinet est pourvu d'une position antigel. Dans cette position, le robinet reste fermé lorsque la température est supérieure ou égale à 8°C.

En attendant le placement définitif de la partie thermostatique, le corps de robinet doit être pourvu sur le chantier d'une coiffe de protection. La partie thermostatique du robinet doit pouvoir être remplacée sans vidange de l'installation.

Lorsque le robinet n'est pas pourvu d'un double réglage, un raccord de réglage, répondant à la fonction de réglage définie en 1.1.2., doit être placé sur le retour du corps de chauffe.

Si le cahier spécial des charges le précise, le robinet est muni d'un système limitant l'intervalle de réglage à une valeur maximale (ou entre deux valeurs), ou permettant de régler le robinet à une valeur fixe préétablie.

Si le cahier spécial des charges le précise, le robinet est muni d'un dispositif anti-volt. La tige de manœuvre est obligatoirement placée en position horizontale lorsque l'élément sensible à la température est incorporé à la tête du robinet.

7.2.2. Guide d'utilisation

7.2.2.1.

Les robinets sont fournis avec une notice à l'usage de l'installateur et de l'utilisateur. Ce document indique le schéma et le principe de montage, de réglage et d'étalonnage ainsi que les recommandations d'utilisation.

7.2.2.2.

Lors du choix du robinet thermostatique, il faut tenir compte de la bande proportionnelle du régulateur. La précision de la régulation sera meilleure à mesure que la levée spécifique de la soupape sera plus grande.

7.2.2.3.

L'élément sensible à la température est fixé de façon à obtenir la différence la plus petite possible entre la température ambiante et la température de la sonde. L'émission de chaleur vers la sonde doit être limitée.

Il existe 4 modes de placement :

- a. L'élément sensible et le dispositif de commande sont incorporés dans la tête du robinet.
- b. L'élément sensible est monté à une certaine distance du corps de chauffe et le dispositif de commande est incorporé dans la tête du robinet.
- c. L'élément sensible et le dispositif de commande sont combinés et montés à une certaine distance du corps de chauffe.
- d. L'élément sensible et le dispositif de commande sont séparés et montés à une certaine distance du corps de chauffe.

Ces différentes exécutions sont appliquées comme suit dans le cas des radiateurs et convecteurs :

- Si le robinet est monté horizontalement sur le départ du radiateur et est bien ventilé : mode de placement a.
- Si le robinet est monté horizontalement sur le départ du radiateur, mais à proximité d'une tablette largement débordante : mode de placement b.

L'élément sensible se place dans le circuit d'air de convection, du côté de l'aspiration à la hauteur de la plinthe ou sur le mur à un endroit bien ventilé (hauteur environ 0,75 m) à l'abri des rayons du soleil.

- Si le robinet est monté verticalement ou horizontalement sur le départ du radiateur, mais caché par une tenture ou un rideau : mode de placement b ou c.

L'élément sensible se place sur le mur à un endroit bien ventilé (hauteur environ 0,75 m) à l'abri des rayons du soleil.

- Si le robinet se trouve derrière un cache radiateur ou un cache convecteur : mode de placement b, c ou d.

S'il est monté sur un convecteur en caniveau : mode de placement c ou d.

L'élément sensible se place sur le mur à un endroit bien ventilé (hauteur environ 0,75 m) à l'abri des rayons du soleil.

7.2.2.4.

Les bruits, principalement dans les circuits où le débit demandé aux corps de chauffe est à certains moments très faible, voire nul, sont évités :

- par un préréglage en fonction des conditions climatiques (régulation primaire) ou par le placement, en extrémité du circuit, de clapets de pression différentielle (voir 1.1.6.) ou de robinets thermostatiques à trois voies
- ou par le placement de régulateurs de pression

7.2.2.5.

L'emploi d'une régulation primaire en fonction des conditions climatiques est indispensable dans les installations où tous les radiateurs ne sont pas pourvus de robinets thermostatiques.

Cette régulation primaire permet en outre d'éviter le refroidissement complet des corps de chauffe et les phénomènes de rayonnement froid et de stratification de l'air qui en découlent.

A noter cependant qu'il est généralement souhaitable d'éviter cette régulation primaire dans les installations raccordées à un chauffage urbain.

8. Raccord d'isolement sur corps de chauffe

Tout radiateur ou convecteur est muni d'un tel raccord.

Les radiateurs pourvus d'un robinet thermostatique sans double réglage sont équipés sur le retour d'un raccord d'isolement réglable; répondent à la fonction de réglage définie en 1.1.2..

Les raccords comportent une butée empêchant la sortie de la soupape et sont pourvus également d'une butée permettant de rétablir la réglage initiale.

Annexe 1 - Matériaux pour robinetterie
 Classification DIN et correspondance EURO-norm et normes ISO

II./C7./40.
 105/90

MATERIAUX POUR ROBINETTERIE									
Dénomination usuelle	Classification		Correspondances						
	Norme DIN		EURO-NORM			Norme ISO			
Werkstoff-nummer	Dénomination	N°	Année	Dénomination	N°	Année	Dénomination	N°	Année
<u>Fontes</u>									
Fonte grise	GG 20							Amend+1 R 185	1969 1961
Fonte grise	GG 25	1	1981	Pig - P1 - Si			200	Amend+1 R 185	1969 1961
Fonte nodulaire	GGG 40	1	1981	Pig Nod Mn			250	1083	1987
Fonte nodulaire	GGG 40.3	1	1981	Pig Nod Mn			370-17		
Fonte nodulaire	GGG 50						500-7		
Fonte austénitique au Ni-Cr	GGG-Ni Cr 20-2	1	1981	Pig SPA			S-Ni Cr 20-2	2892	1973

<u>Alliage Cuiivre-Etain (bronze)</u>	2.1020.10	Cu Sn 6 F 35	427	1983	Cu Sn 6
	2.1020.39	Cu Sn 6 F 95	idem	idem	idem
	2.1030	Cu Sn 8	427	1983	Cu Sn 8
	2.1050.01	G-Cu Sn 10	1338	1977	Cu Sn 10
	2.1050.03	GZ-Cu Sn 10	-	-	-
	2.1052.01	G-Cu Sn 12	1338	1977	Cu Sn 12
	2.1052.03	GZ-Cu Sn 12	idem	idem	idem
	2.1056.01	G-Cu Sn 14	-	-	-
	2.1056.03	GZ-Cu Sn 14	-	-	-
	2.1086.01	G-Cu Sn 10 Zn	1338	1977	Cu Sn 10 Zn 2
	2.1086.04	GC-Cu Sn 10 Zn	idem	idem	idem
	2.1090.03	GZ-Cu Sn 7 Zn Pb	1338	1977	Cu Sn 7 Pb 7 Zn 3
	2.1096.01	G-Cu Sn 5 Zn Pb	1338	1977	Cu Pb 5 Sn 5 Zn 5
	2.1176.01	G-Cu Pb 10 Sn	1338	1977	Cu Pb 10 Sn 10
	2.1176.03	GZ-Cu Pb 10 Sn	idem	idem	idem
2.1182.01	G-Cu Pb 15 Sn	1338	1977	Cu Pb 10 Sn 8	
2.1182.03	GZ-Cu Pb 15 Sn	1338	1977	Cu Pb 15 Sn 8	
2.1504	Cu Ni 14 Al	-	-	-	
<u>Aciers</u>	1.0305	St 35.8	2604	1975	TS 5
	1.0402	C 22 N	683/1	1987	C 25
	1.0443	GS 45	DO 4991	-	C 23 - 45 B
	1.0460	C 22.8	-	-	pas de norme
	1.0501	C 35	683/1	1987	C 35
	1.0619	G 5 - C 25 N	-	-	pas de norme
	1.1181	CK 35 V	683/1	1987	C 35
	trempe et revenu	1 C 25	1 C 25	1 C 25	1 C 25
	trempe et revenu	-	-	-	-
	trempe et revenu	1 C 35	1 C 35	1 C 35	1 C 35
trempe et revenu	2 C 25	2 C 25	2 C 25	2 C 25	
trempe et revenu	2 C 35	2 C 35	2 C 35	2 C 35	

<u>Alliage</u> <u>Cuivre-Nickel</u>	2.0853.73	Cu Ni 1,5 Si F 60	429	1983	Cu Ni 30 Mn 1 Fe
	2.0855.60	Cu Ni 2 Si F 50			
	2.0855.73	Cu Ni 2 Si F 65			
	2.0882.10	Cu Ni 30 Fe F 37			
<u>Alliage</u> <u>Cuivre</u> <u>Aluminium</u>	2.0936.97	Cu Al 10 Fe F 60	428 idem	1983 idem	Cu Al 10 Fe 5 Ni 5 idem
	2.0936.98	Cu Al 10 Fe F 70			
	2.0966.97	Cu Al 10 Ni F 65			
	2.0966.98	Cu Al 10 Ni F 75			
	2.0970.02	GK-Cu Al 9 Ni			
2.0975.01	G-Cu Al 10 Ni	1338 idem	1977 idem	Cu Al 10 Fe 5 Ni 5 ide	
	2.0975.03	GZ-Cu Al 10 Ni			

ARTICLE C8. POMPES ET CIRCULATEURS

CONTENU

ARTICLE C8. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES	2
ARTICLE C8. PAR. 1. CONDITIONS GÉNÉRALES	3
1. DOMAINE D'APPLICATION ET TERMINOLOGIE.....	3
2. MATÉRIAUX ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	3
3. INSTALLATION	3
4. PERFORMANCES	4
4.1. Pompe de circulation : partie moteur électrique	5
4.2. Pompe de circulation : partie pompe hydraulique	5
4.3. Groupes moto-circulateurs (dénommés ci-après circulateurs).....	6
5. SÉLECTION D'UN GROUPE MOTEUR-POMPE	6
6. MARQUAGE	6
ARTICLE C8. PAR. 2. POMPES POUR EAU CHAUDE BASSE TEMPÉRATURE.	7
1. POMPES DE CIRCULATION.....	7
2. CIRCULATEURS.....	7
2.1. Circulateurs à rotor noyé :.....	7
2.2. Circulateurs à rotor sec (moteur ventilé) :.....	8
2.3. Pompes doubles (exécution jumelée).....	8
ARTICLE C8. PAR. 3. POMPES POUR APPLICATIONS PARTICULIÈRES	9
1. POMPES DE BOUCLAGE POUR EAU CHAUDE SANITAIRE, POMPES RÉSISTANT À LA CORROSION	9
2. POMPES POUR EAU FROIDE, GLACÉE OU GLYCOLÉE (INSTALLATIONS DE CLIMATISATION, POMPES À CHALEUR, GÉOTHERMIE,...).....	9
3. POMPES POUR EAU CHAUDE À HAUTE TEMPÉRATURE	9
4. POMPES POUR INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES	10
5. POMPES IMMERGÉES POUR POMPAGE D'EAU DE PUIIS ET APPLICATIONS EN GÉOTHERMIE.....	10
ARTICLE C8. PAR. 4. MODES DE FONCTIONNEMENT DES POMPES	11
1. POMPE À VITESSE CONSTANTE.....	11
2. POMPE ALIMENTÉE PAR UN VARIATEUR DE FRÉQUENCE SÉPARÉ	11
3. POMPE AVEC VARIATEUR INTÉGRÉ OU POMPE « ÉLECTRONIQUE »	11
4. PILOTAGE DES POMPES DOUBLES	13

ARTICLE C8. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN ISO 17769-1	Pompes pour liquides et installations - Termes généraux, définitions, grandeurs, symboles littéraux et unités - Partie 1: Pompes pour liquides	09/2012
NBN EN 809 (+A1/AC)	Pompes et groupes motopompes pour liquides - Prescriptions communes de sécurité	03/2010 07/2010
NBN EN ISO 9908 (+A1)	Spécifications techniques pour pompes centrifuges - Classe III	01/1998 06/2011
NBN EN 12262	Pompes rotodynamiques - Documents techniques - Terminologie, étendue de la fourniture, présentation	02/1999
NBN EN ISO 9906	Pompes rotodynamiques - Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception - Niveaux 1, 2 et 3	06/2012
NBN EN 60034-30	Machines électriques tournantes - Partie 30 : Classes de rendement pour les moteurs à induction triphasés à cage, mono vitesse (Code IE)	2009
NBN EN 16297-1	Pompes - Pompes rotodynamiques - Circulateurs sans presse-étoupe - Partie 1: Exigences générales et procédures pour les essais et le calcul de l'indice d'efficacité énergétique (IEE)	12/2012
NBN EN 16297-2	Pompes - Pompes rotodynamiques - Circulateurs sans presse-étoupe - Partie 2: Calcul de l'indice d'efficacité énergétique (EEI) pour les circulateurs indépendants	12/2012
2009/125/CE	DIRECTIVE 2009/125/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie	10/2009
640/2009	RÈGLEMENT (CE) n° 640/2009 DE LA COMMISSION du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences relatives à l'écoconception des moteurs électriques	07/2009
547/2012	RÈGLEMENT (UE) n° 547/2012 DE LA COMMISSION du 25 juin 2012 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux pompes à eau	06/2012
641/2009	RÈGLEMENT (CE) n° 641/2009 DE LA COMMISSION du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences d'écoconception applicables aux circulateurs sans presse-étoupe indépendants et aux circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits	07/2009
622/2012	RÈGLEMENT (UE) n° 622/2012 DE LA COMMISSION du 11 juillet 2012 modifiant le règlement (CE) n° 641/2009 concernant les exigences d'écoconception applicables aux circulateurs sans presse-étoupe indépendants et aux circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits	07/2012

ARTICLE C8. PAR. 1. CONDITIONS GÉNÉRALES

1. Domaine d'application et terminologie

Le présent article s'applique aux pompes rotodynamiques véhiculant de l'eau dans les installations de chauffage central, ventilation et conditionnement d'air (qu'il s'agisse d'eau chaude, froide, glacée ou glycolée, d'eau chaude sanitaire,...).

Les pompes pour autres fluides ou destinées à des températures et pressions extrêmes font le cas échéant l'objet d'impositions complémentaires au cahier spécial des charges.

Pour la terminologie et les symboles utilisés dans le présent texte, se reporter à la NBN EN ISO 17769.

Dans le présent texte, le terme "pompe" sans autre spécification concerne tous les types de pompes de circulation et circulateurs en général.

Les symboles suivants seront utilisés pour indiquer la puissance des pompes :

- P_{mot} , P_{gr} , (ou parfois P_1) : puissance absorbée par le moteur d'entraînement de la pompe = puissance absorbée par le groupe motopompe ;
- P (ou parfois P_2) : Puissance absorbée par la pompe = puissance transmise à la pompe par le moteur d'entraînement ;
- P_u (ou parfois P_3) : Puissance en sortie de la pompe = puissance mécanique utile transmise au liquide pompé.

2. Matériaux et dispositions constructives

Les pompes sont de construction robuste et soignée. Elles répondent aux exigences de la NBN EN 809 et de la NBN EN ISO 9908.

Le corps de pompe est en fonte douce à grains fins et bien homogène. Les parties de pompe en contact avec l'eau sont en matériau inattaquable par les eaux dont le PH est compris entre 5 et 14, et résistant aux conditions thermiques et mécaniques auxquelles il est soumis. Des matériaux autres que le métal (par exemple matériaux composites) ne sont admis que pour des températures d'eau inférieures ou égales à 110°C. Les pompes dont certaines parties en contact avec l'eau sont en aluminium ou alliage d'aluminium ne sont pas admises.

Les pièces tournantes de la pompe et du moteur sont parfaitement équilibrées de façon à obtenir une marche silencieuse et exempte de vibrations. Le sens de rotation de la pompe doit être indiqué et contrôlable sans démontage important. Les organes soumis à usure peuvent être facilement démontés et remplacés.

Les pompes sont protégées contre les surcharges par un dispositif qui coupe l'alimentation électrique en cas de surchauffe. Cette exigence s'applique également au régulateur en cas de pompe électronique à régulateur incorporé.

3. Installation

Les tuyauteries d'aspiration et de refoulement doivent être correctement fixées de manière à ce qu'elles ne s'appuient pas sur la pompe.

Lorsque les diamètres des ouïes d'aspiration et de refoulement de la pompe sont différents des diamètres des tuyauteries sur lesquelles elles sont branchées, il y a lieu de placer des cônes de raccordement entre les tuyauteries et les ouïes. Les longueurs minimales de ces cônes sont les suivantes : à l'aspiration quatre fois la différence des diamètres, au refoulement sept fois la différence des

diamètres. De plus, le diamètre de la tuyauterie d'aspiration ne peut jamais être inférieur au diamètre de l'ouïe d'aspiration de la pompe.

Chaque pompe est équipée de raccords à brides normalisées. Le raccordement par brides télescopiques n'est pas admis. Les brides percées de manière à être compatibles à la fois avec PN6, PN10 et/ou PN16 sont admises. Pour les petits diamètres (< DN40), il peut être fait usage de raccords à visser (raccords-union).

Chaque pompe est équipée à l'aspiration et au refoulement de prises avec robinets permettant le raccordement à un manomètre différentiel. Lorsque ces prises ne sont pas prévues sur le corps de pompe, l'installateur en prévoit sur les tuyauteries d'aspiration et de refoulement.

Chaque pompe est isolée au moyen de deux robinets qui ont les diamètres des tuyauteries de raccordement et non ceux des ouïes. Des éventuels robinets d'isolement intégrés au corps de pompe ne sont pas pris en compte pour répondre à cette exigence.

Lorsque le mouvement de l'eau est susceptible d'entraîner dans le corps de pompe des impuretés solides en provenance de l'installation (cas du passage de l'eau de haut en bas), la pompe est protégée par un filtre avec panier inoxydable, placé obligatoirement entre les robinets d'isolement de la pompe.

Les robinets et autres accessoires sont placés de telle manière à ce qu'on évite au maximum qu'une fuite (au niveau d'un presse-étoupe par exemple) ne tombe sur la boîte à bornes de la pompe.

Chaque pompe est sélectionnée et réglée de manière à fournir le débit nominal calculé. Une fois la pompe correctement installée et réglée, le débit est en général ajusté par action sur un robinet de réglage située en aval. Dans le cas d'une pompe à vitesse variable en continu (pompe électronique ou alimentée par variateur de fréquence), le débit nominal devra être obtenu in situ par paramétrage du module électronique et non par action sur un robinet de réglage, dont le placement devient de ce fait inutile.

Chaque pompe est munie d'une plaque signalétique reprenant le n° et la destination du circuit desservi conformément au schéma de principe, ainsi que le débit nominal pour lequel la pompe a été sélectionnée.

Les pompes alimentant un circuit calorifugé doivent également être calorifugées au moyen d'une coquille isolante adaptée aux exigences du constructeur de la pompe en vue d'éviter les risques de surchauffe du moteur ou de l'électronique de commande. Les orifices d'écoulement de l'eau de condensation doivent rester libres.

Idéalement à la mise en service, et dans tous les cas avant la seconde réception provisoire de l'installation, l'entrepreneur fournira au fonctionnaire dirigeant un rapport de mise en service de chaque pompe placée. Celui-ci contiendra les éléments essentiels de la sélection, le point de fonctionnement ainsi que le paramétrage initial des modes de fonctionnement et des consignes programmées dans le cas d'une pompe électronique à vitesse variable.

4. Performances

Dans le cadre de l'étude d'exécution et/ou du dossier as-built selon les cas, l'entrepreneur fournit la documentation technique des pompes conformément à la NBN EN 12262. Les documents à transmettre sont ceux du groupe 2 des tableaux 2 et 3 de la norme (feuille de spécifications, courbe caractéristique, dessin coté, dessin de configuration, plan d'assemblage, liste des pièces et pièces détachées, instructions d'exploitation).

A défaut de se trouver en libre consultation sur le site internet du fabricant, la documentation transmise respectera également au minimum les exigences en matière d'information imposées dans les règlements européens relatifs aux pompes (547/2012), moteurs (640/2009) et circulateurs (641/2009 et 622/2012) en application de la directive 2009/125/CE fixant les exigences en matière d'écoconception des produits liés à l'énergie.

4.1. Pompe de circulation : partie moteur électrique

Les moteurs sont calculés pour les points de fonctionnement les plus défavorables sur les courbes caractéristiques, compte tenu de la vitesse de rotation.

Les moteurs entraînant des pompes centrifuges de puissance supérieure à 1 kW doivent fournir une puissance utile nominale au moins égale, en pourcentage de la puissance nominale absorbée par la pompe, aux valeurs suivantes :

Puissance nominale absorbée par la pompe (P)	Puissance utile nominale du moteur ($P_{\text{mot u}}$) / Puissance nominale absorbée par la pompe (P)
1 kW	137 %
2 kW	132 %
3 kW	128 %
4 kW	127 %
5 kW	125 %
10 kW	120 %
20 kW	116 %
30 kW	113 %
≥ 100 kW	110 %

En application du règlement CE 640/2009, les moteurs de puissance nominale $P_{\text{mot}} \geq 0,75$ kW doivent :

- Soit avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement **IE3**
- Soit atteindre le niveau de rendement **IE2** et être équipés d'un **variateur de vitesse**.

Le niveau de rendement est établi selon NBN EN 60034-30 ; le label mentionnant le niveau de rendement doit figurer sur la plaque du moteur.

4.2. Pompe de circulation : partie pompe hydraulique

Pour autant qu'elles fassent partie du champ d'application du règlement 547/2012 (dans le cas contraire, des exigences spécifiques seront précisées au cahier spécial des charges), les pompes doivent avoir un rendement répondant aux conditions suivantes :

- au point de rendement maximal (BEP), au minimum $(\eta_{\text{BEP}})_{\text{min requ}}$,
- en charge partielle (PL), au minimum $(\eta_{\text{PL}})_{\text{min requ}}$,
- en surcharge (OL), au minimum $(\eta_{\text{OL}})_{\text{min requ}}$,

les valeurs de rendement minimum requis étant calculées avec la valeur de C correspondant à un indice de rendement minimal (**MEI**) de **0,4** et pour la roue à son diamètre maximal.

Le rendement hydraulique de la pompe dont question dans ce paragraphe (η) est le rapport de la puissance utile fournie au fluide (P_u) à la puissance transmise à l'axe de roue (P).

L'entrepreneur fournit les courbes caractéristiques de chaque pompe pour la vitesse maximum admissible et la vitesse de rotation envisagée, c'est-à-dire les courbes de la hauteur totale de charge (H), de la puissance (P) et du rendement de la pompe (η) en fonction du débit (Q), déterminées suivant la norme NBN EN ISO 9906. Sur les courbes caractéristiques sont indiquées les limites admissibles de fonctionnement de la pompe.

Le graphique des courbes caractéristiques indique également le $(\text{NPSH})_{\text{requis}}$ pour la ou les vitesses de rotation envisagées en tenant compte de la nature et de la température du fluide. (NPSH = hauteur de charge nette absolue à l'aspiration)

Une correction des caractéristiques des pompes doit éventuellement être appliquée en fonction de la viscosité pour l'eau glycolée. Dans ce cas, l'entrepreneur indique les facteurs de correction à appliquer, ou fournit des courbes caractéristiques adaptées.

4.3. Groupes moto-circulateurs (dénommés ci-après circulateurs)

Dans le cas des circulateurs, il est difficile de dissocier les performances de la pompe et du moteur comme décrit ci-dessus, étant donné que moteur et pompe sont montés sur un arbre commun. Seul le rendement du groupe (produit du rendement de la pompe et de celui du moteur) peut donc être vérifié.

L'entrepreneur fournit les courbes caractéristiques de chaque circulateur pour la vitesse maximum admissible et la vitesse de rotation envisagée, c'est-à-dire les courbes de la hauteur totale de charge (H) et de la puissance du groupe (P_{gr}) en fonction du débit (Q). Il spécifie également les conditions dans lesquelles ces courbes ont été établies (nature et température du fluide,...). Sur les courbes caractéristiques sont indiquées les limites admissibles de fonctionnement du circulateur.

Le graphique des courbes caractéristiques indique également le $(NPSH)_{requis}$ pour la ou les vitesses de rotation envisagées en tenant compte de la nature et de la température du fluide.

Une correction des caractéristiques des pompes doit éventuellement être appliquée en fonction de la viscosité pour l'eau glycolée. Dans ce cas, l'entrepreneur indique les facteurs de correction à appliquer, ou fournit des courbes caractéristiques adaptées.

Par ailleurs, les circulateurs à **rotor noyé** de puissance hydraulique utile nominale P_u comprise entre 1 et 2500 W doivent être conformes à la directive européenne 2009/125/CE et aux règlements CE 641/2009 et 622/2012, et présenter un indice d'efficacité énergétique (**IEE** déterminé selon la norme NBN EN 16297-1) n'excédant pas **0,23**.

Dans le cas de circulateurs intégrés dans un produit au sens des règlements européens précités, le cahier spécial des charges peut déroger à cette exigence en spécifiant les performances à atteindre.

Pour les circulateurs à rotor sec, le moteur électrique sélectionné doit répondre aux prescriptions du § 4.1., tandis que la partie hydraulique doit répondre aux exigences du § 4.2.

5. Sélection d'un groupe moteur-pompe

Lors de la sélection d'une pompe, il sera tenu compte des températures ambiantes minimale et maximale admissibles autorisées par le constructeur.

L'entrepreneur indique le point de fonctionnement sur la courbe caractéristique, ainsi que la puissance absorbée par le groupe moteur-pompe (P_{gr}) pour les conditions de service.

La sélection d'une pompe est réalisée de manière à ce que le point de fonctionnement calculé se trouve dans la zone de meilleur rendement de la courbe caractéristique.

Si le $(NPSH)_{requis}$ est supérieur à 30 kPa, l'entrepreneur fournit un calcul justificatif démontrant que le $(NPSH)_{disponible}$ est suffisant. La marge de sécurité doit être d'au moins 5 kPa.

6. Marquage

Les pompes et circulateurs portent le marquage CE et respectent les exigences d'information sur les produits imposées par la directive 2009/125 et les divers règlements pris en application (notamment informations relatives aux indices IE des moteurs, MEI des pompes et EEI des circulateurs).

ARTICLE C8. PAR. 2. POMPES POUR EAU CHAUDE BASSE TEMPÉRATURE.

1. Pompes de circulation

Rentrent dans cette catégorie, les groupes avec accouplement élastique entre la roue et le moteur.

Le moteur et la pompe sont placés soit sur une taque en fonte, soit sur un assemblage en fers profilés formant un ensemble très rigide et parfaitement plan. La taque ou l'assemblage est monté sur un socle flottant.

L'étanchéité au niveau de l'arbre est réalisée par garnitures mécaniques exemptes d'entretien et adaptées à la nature, température et pression du fluide.

De manière à respecter les exigences acoustiques applicables, le raccordement aux tuyauteries est réalisé si nécessaire à l'aide de manchons antivibratoires.

2. Circulateurs

Rentrent dans cette catégorie, les groupes pour lesquels la roue est accouplée directement à son moteur, c'est-à-dire montée sur le même axe.

Les groupes de petite puissance peuvent être montés directement sur les tuyauteries si celles-ci le permettent (pompes dites « in line », avec conduites d'aspiration et de refoulement alignées possédant des raccords identiques) ; sinon les groupes sont fixés sur un socle adapté, selon les prescriptions du fabricant.

Il est toujours admis de remplacer une pompe de circulation par un circulateur lorsque les caractéristiques de fonctionnement le permettent ; cette modification doit toutefois être signalée par l'entrepreneur dans la soumission.

On distingue 2 types de circulateurs :

2.1. Circulateurs à rotor noyé :

Le rotor du moteur est directement en contact avec l'eau véhiculée. La lubrification se fait par l'eau en circulation; ces appareils sont donc obligatoirement du type sans graissage ni bourrage ni presse-étoupe ; ils fonctionnent avec l'axe horizontal. La boîte à bornes ne peut se trouver en dessous du corps de pompe. Il faut en tous cas veiller à respecter les exigences du constructeur en matière de positionnement.

L'étanchéité entre le fluide et le stator est assurée par une chemise en acier inoxydable ou matériau composite adapté, avec joint d'étanchéité. L'arbre est en céramique ou en acier inoxydable. Dans ce dernier cas, il est revêtu d'une couche en matériau plus dur (carbure de tungstène par exemple) en regard des paliers en vue de réduire l'usure.

Il est autorisé, et même préconisé, d'utiliser des moteurs du type synchrones à aimants permanents ou moteurs à commutation électronique (ECM) pour l'entraînement des circulateurs à rotor noyé. Il est également autorisé d'alimenter les circulateurs électroniques en courant monophasé.

2.2. Circulateurs à rotor sec (moteur ventilé) :

Le rotor du moteur est en dehors de la circulation d'eau, la roue restant en porte à faux sur l'arbre du moteur. L'étanchéité au niveau de l'arbre est assurée par une garniture mécanique exempte d'entretien adaptée à la nature, température et pression du fluide à véhiculer. L'arbre moteur est en général vertical, mais peut être horizontal moyennant l'accord du fabricant. Il faut en tous cas veiller à respecter les exigences du constructeur en matière de positionnement du moteur et de la boîte à bornes (qui ne peuvent être placés en-dessous de la pompe). L'ensemble comprenant le moteur, la garniture mécanique et la roue doit pouvoir être démonté, le corps de pompe restant sur la tuyauterie.

2.3. Pompes doubles (exécution jumelée)

Deux pompes peuvent être jumelées de manière à ne former qu'un seul corps de pompe avec raccords de type « in line ». L'ensemble répond aux mêmes exigences que les circulateurs décrits ci-dessus. Le corps monobloc comporte un clapet automatique d'inversion permettant la permutation. Plusieurs configurations sont possibles :

- marche de réserve : la permutation entre les 2 pompes est réalisée en cas de défaut d'une des 2 pompes ou en fonction d'un horaire programmé (par exemple toutes les 24h).
- marche parallèle : cette configuration permet d'obtenir un débit important par fonctionnement simultané des deux pompes.

ARTICLE C8. PAR. 3. POMPES POUR APPLICATIONS PARTICULIÈRES

Les exigences mentionnées ci-dessus pour les pompes pour eau chaude basse température sont complétées et/ou amendées par les impositions suivantes :

1. Pompes de bouclage pour eau chaude sanitaire, pompes résistant à la corrosion

Pour la distribution d'eau chaude sanitaire, il est fait usage de circulateurs spéciaux :

- Le corps de pompe est en bronze, laiton, ou acier inoxydable.
- Toutes les parties métalliques en contact avec l'eau sont inoxydables et répondent aux recommandations sanitaires le cas échéant si la pompe est destinée à véhiculer de l'eau potable.
- Comme le règlement européen 622/2012 ne s'applique pas aux circulateurs pour eau potable, et en vue de réduire la consommation énergétique des pompes pour de telles applications, il est imposé que les circulateurs à rotor noyé soient du type électronique à moteur synchrone.

Lorsque l'eau de chauffage risque de contenir une grande quantité d'oxygène, il est fait usage du même type de pompe. C'est le cas du chauffage par le sol lorsque les tuyauteries ne sont pas étanches à la diffusion d'oxygène.

2. Pompes pour eau froide, glacée ou glycolée (installations de climatisation, pompes à chaleur, géothermie,...)

Dans le cas de pompes véhiculant un liquide dont la température peut être inférieure à la température ambiante :

- Les pompes sont résistantes à la condensation ; leur construction est telle que la partie électronique est protégée contre les risques de condensation.
- Les éléments en contact avec le fluide véhiculé sont adaptés et résistants aux additifs antigels et aux températures auxquels ils sont soumis.
- Les pompes non calorifugées sont équipées d'un dispositif d'évacuation des eaux de condensation à l'égout. La conception est telle que l'eau de condensation ne puisse pas détériorer les composants électriques.

3. Pompes pour eau chaude à haute température

Les pompes véhiculant de l'eau à une température supérieure à 110 °C répondent aux exigences complémentaires suivantes :

matériau	Nuance minimale	Pression maximale	Température maximale
Fonte grise	EN-GJL-250 (NBN EN 1561)	10 bar	140 °C
Fonte nodulaire	EN-GJS-350-22 ou EN GJS-400-18 (NBN EN 1563)	14 bar	190 °C
Acier moulé	AMGS 23-45 (NBN EN 10293)	25 bar	210 °C

La construction de la pompe doit permettre le refroidissement de la boîte à garniture.

Les systèmes de refroidissement par eau doivent être à débit visible ; la qualité de l'eau de refroidissement doit être conforme aux recommandations du constructeur.

4. Pompes pour installations solaires thermiques

Les pompes sont conçues de manière à résister aux additifs présents dans le fluide solaire et aux hautes températures qui peuvent se produire lors d'une surchauffe du système.

Les pompes sont résistantes à la corrosion engendrée par la condensation, soit de par leur construction (corps en laiton), soit par revêtement adapté de la fonte (cataphorèse ou époxy).

Le cahier spécial des charges précisera le cas échéant les exigences particulières en matière de performances énergétiques de ce type de pompes.

5. Pompes immergées pour pompage d'eau de puits et applications en géothermie

Les pompes immergées sont adaptées au diamètre du forage dans lequel elles doivent être placées. Elles sont de type centrifuge multicellulaire, ne nécessitant aucun entretien ; les paliers et coussinets sont auto-lubrifiés. Toutes les pièces en contact avec le fluide sont fabriquées dans des matériaux résistants à la corrosion. Les roues et les diffuseurs sont en acier inoxydable. Un clapet anti-retour est intégré. Le corps d'aspiration est protégé par une crépine. La pompe est équipée d'un filin de sécurité permettant de la sortir du puits en cas de problème.

Le moteur présente une classe de protection IP 68. Le refroidissement du moteur est réalisé par le fluide en circulation. La pompe est équipée d'un système de protection contre la marche à sec et d'une protection thermique prévenant l'échauffement du moteur.

Le rendement de la pompe répond aux exigences du PAR. 1. point 4.2., avec un indice de rendement minimal MEI de 0,1.

ARTICLE C8. PAR. 4. MODES DE FONCTIONNEMENT DES POMPES

La commande d'une pompe en vue d'adapter la puissance du groupe aux besoins réels peut être étagée (1.) ou progressive (2. et 3.) en agissant sur la vitesse de rotation.

Lorsqu'une pompe est commandée par ARCP, il est prévu au moins un démarrage par 24 heures en vue d'éviter le grippage. Cette fonction peut cependant être réalisée de manière autonome par la pompe dans le cas des pompes électroniques (3.).

1. Pompe à vitesse constante

Dans ce cas, la pompe tourne toujours à vitesse constante lorsqu'elle est alimentée. Si la pompe possède plusieurs vitesses (en général 3), la sélection de la vitesse de rotation est réalisée à l'aide d'une commande locale sur la pompe.

Lorsque les installations sont commandées par une régulation automatique avec ARCP, le cahier spécial des charges spécifie le cas échéant si la pompe doit être équipée d'un signal externe de défaut.

2. Pompe alimentée par un variateur de fréquence séparé

Cette solution permet une variation progressive de la vitesse de la pompe entre deux valeurs extrêmes déterminées par le constructeur. La régulation de la vitesse de rotation peut selon le cas être réalisée en fonction d'une pression différentielle, d'un débit mesuré, d'une différence de température, de la température extérieure,...

Si le variateur de fréquence cause des pertes dans le moteur en raison d'une tension d'alimentation qui n'est pas parfaitement sinusoïdale (présence d'harmoniques, découpage électronique de la tension par un système PWM), les pompes ne peuvent être alimentées à leur fréquence maximale, qui devra être limitée par exemple à 95%. Si nécessaire, le variateur de fréquence doit être équipé de filtres de sortie adaptés en vue de protéger le moteur et/ou de réduire les interférences au réseau de distribution.

Les roulements du moteur seront électriquement isolés ou de type hybride (à éléments roulants en matériau céramique), de manière à empêcher que des courants parasites à haute fréquence ne les traversent, source de corrosion réduisant leur durée de vie.

L'entrepreneur vérifie si la pompe nécessite un débit minimum pour un fonctionnement sans défaut ; un fonctionnement à très faible débit ou même à débit nul pouvant endommager la pompe par surchauffe. Selon les prescriptions du fabricant, la pompe devra être protégée par un clapet de pression différentielle ; la fourniture et l'installation de ce clapet et les adaptations de tuyauteries et calorifuge sont dans ce cas compris dans le prix unitaire de la pompe.

3. Pompe avec variateur intégré ou pompe « électronique »

Dans ce cas, un module électronique intégré commande la pompe en vitesse variable de manière à s'adapter automatiquement à la courbe réelle de l'installation. La variation de vitesse est obtenue par variation de tension et/ou de fréquence en fonction du type de moteur.

Le cahier spécial des charges précise le type de commande souhaité :

- **commande de la vitesse ou de la consigne par ARCP** (pilotage externe), la pompe est alors équipée d'une interface de communication qui permet de régler les paramètres à distance.

- **commande locale sur le circulateur**, qui est alors autonome. Les différents paramètres sont réglés directement au niveau de la pompe, avec éventuellement un affichage digital ou une télécommande infrarouge ou à ondes radio.

Plusieurs types de pilotages sont possibles au niveau du module électronique ; le cahier spécial des charges spécifie celui à sélectionner :

- **Δp constant** : la pression différentielle produite par la pompe est maintenue à une valeur constante dans les limites d'utilisation de la pompe.
- **Δp variable** : la pression différentielle produite par la pompe varie linéairement en fonction du débit : elle passe d'une valeur H au débit maximum (à vitesse maximale) à H/2 à débit nul.
- **Vitesse constante** : la pompe tourne à vitesse constante ; la consigne de vitesse fixe pouvant être introduite localement sur la pompe, ou réglée à distance via ARCP selon le cas.
- **pilotage en température** : l'électronique fait varier la consigne de pression différentielle en fonction de la température du fluide. En général, la pression différentielle est réduite lorsque la température diminue (une loi inverse est utilisée pour les pompes de bouclage pour eau chaude sanitaire).

La pression différentielle produite par la pompe est soit mesurée directement à l'aide de capteurs, soit calculée à l'aide d'un algorithme intégrant des valeurs telles que la vitesse de rotation, l'intensité du courant,... en fonction des caractéristiques programmées de la pompe.

En mode Δp constant, le cahier spécial des charges peut imposer que la pression différentielle soit mesurée en d'autres points du réseau que juste entre l'aspiration et le refoulement de la pompe (par exemple entre le départ et le retour du circuit, ou entre 2 collecteurs). Dans ce cas, si la pompe ne permet pas le raccordement de sondes externes à cet effet, l'entrepreneur installera un système de régulation externe (par ex via ARPC) permettant de commander la pompe en mode Δp constant sur base de sondes de pression placées indépendamment.

Toutes les pompes électroniques de puissance absorbée par le groupe motopompe $P_{gr} \geq 200$ W sont équipées de contacts libres de potentiel pour indication externe de fonctionnement et de panne.

Le cahier spécial des charges spécifie si la pompe doit être équipée d'un programme automatique de ralenti nocturne basé sur une mesure de la température du fluide, image des besoins de l'installation : dans ce cas, la vitesse est réduite automatiquement à sa valeur minimale lorsque la température du fluide descend par exemple de 15°C en 2 h de temps ; la pompe repasse en mode automatique dès que la température du fluide remonte de 10°C.

L'entrepreneur vérifie si la pompe nécessite un débit minimum pour un fonctionnement sans défaut ; un fonctionnement à très faible débit ou même à débit nul pouvant endommager la pompe par surchauffe. Selon les prescriptions du fabricant, la pompe devra être protégée par un clapet de pression différentielle ; la fourniture et l'installation de ce clapet et les adaptations de tuyauteries et calorifuge sont dans ce cas compris dans le prix unitaire de la pompe.

En fonction des exigences du constructeur, l'entrepreneur place sur l'alimentation électrique de la pompe les protections nécessaires contre les risques de surcharges ou les coupures réseau.

Les pompes 'électroniques' sont munies d'un dispositif de commande et de contrôle du paramétrage (vitesse de rotation, hauteur totale de charge différentielle, mode sélectionné,...). Si la commande et/ou le contrôle de la pompe ne sont pas intégrés au module de régulation de la pompe (aisément accessible à l'utilisateur) ou au tableau de commande du local technique considéré mais sont réalisés par une télécommande, l'entrepreneur devra fournir sans supplément de prix une télécommande compatible avec chaque type de pompe fournie pour un même chantier, pour autant que le marché comprenne au minimum 5 pompes électroniques ayant recours à ce type de télécommande. Pour les plus petits marchés, le cahier spécial des charges précisera si une telle télécommande doit ou non être fournie.

La télécommande communique par infra-rouge ou ondes radio avec les pompes. Il est autorisé de remplacer une télécommande autonome par un module USB pour ordinateur portable qui offre au moins les mêmes fonctionnalités sans nécessiter l'installation de programmes lourds ni de licences d'utilisation spécifiques.

4. Pilotage des pompes doubles

Dans le cas de pompes prévues pour une marche parallèle, le pilotage en cascade de pompes doubles à vitesse variable permet d'obtenir une grande plage de variation de débit tout en optimisant le rendement.

La commande des pompes doubles peut être réalisée par un module électronique autonome, ou directement par l'ARCP selon les cas. Le principe reste le même, que l'on ait une pompe double monocorps ou 2 pompes raccordées en parallèle avec chacune un clapet anti-retour (cette deuxième solution peut être justifiée par des impératifs de sécurité de fonctionnement en cas de panne d'une des 2 pompes, ou lorsqu'on veut utiliser 2 pompes de caractéristiques différentes, optimisées en fonction de 2 régimes différents : par ex jour/nuit).

Le cahier spécial des charges peut imposer l'un des deux systèmes suivants :

- cascade simple : une des pompes est pilotée par variateur de fréquence, l'autre fonctionnant en marche-arrêt lors de demandes de puissance plus importantes.
- Cascade optimisée avec les 2 pompes à vitesse variable : à faible charge une seule pompe fonctionne. Lorsque la charge augmente, les 2 pompes travaillent en parallèle. Ce système est conçu de telle manière que les pompes travaillent toujours dans leur plage de meilleur rendement, la puissance consommée est donc minimisée à chaque moment, ce qui permet de réduire la consommation électrique.

ARTICLE C9. ECHANGEURS DE CHALEUR ET ACCUMULATEURS**CONTENU**

ARTICLE C9. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES.....	2
ARTICLE C9. PAR. 1. DÉFINITIONS ET TERMINOLOGIE	4
ARTICLE C9. PAR. 2. CONDITIONS GÉNÉRALES APPLICABLES À TOUS LES ÉCHANGEURS, ÉCHANGEURS-ACCUMULATEURS ET ACCUMULATEURS	7
1. PRESCRIPTIONS BELGAQUA	7
2. COMPATIBILITÉ CHIMIQUE	7
3. SPÉCIFICATIONS À FOURNIR.....	7
4. CLASSE DE PRESSION – PRESSION NOMINALE	7
5. CHOIX DES MATÉRIAUX.....	8
5.1. GÉNÉRALITÉS.....	8
5.2. ECHANGEURS	9
5.3. ACCUMULATEURS.....	9
6. DÉPERDITIONS THERMIQUES DES ÉCHANGEURS-ACCUMULATEURS ET ACCUMULATEURS	10
ARTICLE C9. PAR. 3. ECHANGEURS.....	11
1. ECHANGEURS À PLAQUES.....	11
1.1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	11
1.2. PERTES DE CHARGE	11
2. ECHANGEURS À FAISCEAU TUBULAIRE	11
2.1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	11
2.2. MAINTENANCE.....	11
ARTICLE C9. PAR. 4. ACCUMULATEURS.....	12
1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES.....	12
2. MONTAGE EN BATTERIE.....	12
3. ACCUMULATEURS MULTI-ÉNERGIES	12
ARTICLE C9. PAR. 5. ECHANGEURS-ACCUMULATEURS	13
1. ECHANGEURS-ACCUMULATEURS À SERPENTIN(S)	13
1.1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	13
1.2. EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES POUR LES ÉCHANGEURS-ACCUMULATEURS À STRATIFICATION	13
1.3. MONTAGE EN BATTERIE	13
2. ECHANGEURS-ACCUMULATEURS À DOUBLE ENVELOPPE	14
2.1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	14
2.2. MONTAGE EN BATTERIE	14
ARTICLE C9. PAR. 6. SYMBOLES	15

ARTICLE C9. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN 345	Chauffage central, ventilation et conditionnement d'air - Installations de préparation, accumulation et distribution d'eau chaude	Sept-58
NBN D 20-001 (projet)	Installations de préparation, accumulation et de distribution d'eau chaude	1984
NBN EN 1148	Echangeurs thermiques - Echangeurs eau/eau pour chauffage urbain - Procédures d'essai pour la détermination des performances	mai-99
NBN EN 1148/A1	Echangeurs thermiques - Echangeurs eau/eau pour chauffage urbain - Procédures d'essais pour la détermination des performances	sept-05
NBN EN 12897	Alimentation en eau - Prescriptions pour réservoirs de stockage d'eau chaude à chauffage indirect sans mise à l'air libre (fermés)	sept-06
NBN EN 15316-3-1	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes - Partie 3-1 : Systèmes de production d'eau chaude sanitaire, caractérisation des besoins (exigences relatives au puisage)	févr-08
NBN EN 15316-3-2	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes - Partie 3-2 : Systèmes de production d'eau chaude sanitaire, distribution	déc-07
NBN EN 15316-3-3	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes - Partie 3-3 : Systèmes de production d'eau chaude sanitaire, génération	déc-07
NBN EN 15332	Chaudières de chauffage - Evaluation de la performance énergétique des préparateurs d'eau chaude	févr-08
NBN EN 16147	Pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique - Essais et exigences pour le marquage des appareils pour eau chaude sanitaire (+ AC:2011)	févr-11
NBN EN 16147/AC : 2011	Pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique - Essais et exigences pour le marquage des appareils pour eau chaude sanitaire	oct-11
NBN EN 1653	Cuivre et alliages de cuivre - Plaques, tôles et disques pour chaudières, réservoirs à pression et unités de stockage d'eau chaude	juil-98
NBN EN 1653/A1	Cuivre et alliages de cuivre - Plaques, tôles et disques pour chaudières, réservoirs à pression et unités de stockage d'eau chaude	oct-00
NBN EN 247	Echangeurs thermiques - Terminologie	avr-97
NBN EN 305	Echangeurs thermiques - Définitions de la performance des échangeurs thermiques et procédure générale d'essai pour la détermination de la performance de tous les échangeurs thermiques	mars-97
NBN EN 306	Echangeurs thermiques - Méthodes de mesurage des paramètres nécessaires à l'évaluation des performances	mars-97
NBN EN 307	Echangeurs thermiques - Guide de préparation des notices d'installation, de fonctionnement et de maintenance nécessaires au maintien des performances de tous les types d'échangeurs thermiques	mai-99
DIN 4753-3	Partie 3 : protection contre la corrosion côté eau par émaillage et protection cathodique – exigences et essais	Nov-11
NBN EN 806-1	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 1 : Généralités	nov-00

Norme	Titre	Date
NBN EN 806-1/A1	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 1 : Généralités	oct-01
NBN EN 806-2	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 2 : Conception	mai-05
NBN EN 806-3	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 3 : Dimensionnement – Méthode simplifiée	juin-06
NBN EN 806-4	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 4 : Installation	avr-10
NBN EN 806-5	Spécifications techniques relatives aux installations pour l'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 5 : Exploitation et maintenance	Mars-12

ARTICLE C9. PAR. 1. DÉFINITIONS ET TERMINOLOGIE

1. Eau chaude sanitaire et eau chaude

- a. L'**eau chaude sanitaire** est de l'eau potable, réchauffée pour les besoins sanitaires de l'homme (se laver, cuisiner, ...) ; les traitements que l'eau potable a pu subir se limitent à :
 - Un traitement physique (p.ex. magnétisation) ou chimique (p.ex. échange de sels) pour le traitement de la dureté de l'eau
 - Un traitement thermique pour l'augmentation de la température
 - Un traitement physique, thermique ou chimique pour la lutte contre les légionnelles
- b. Dans toutes les autres applications, nous parlerons d'**eau chaude** (activité industrielle, eau non-potable, eau de puits, eau de pluie, eau de chauffage, eau de piscine, ...)

2. Fluide primaire et fluide secondaire

- a. Le **fluide primaire** est le fluide réchauffé par le générateur de chaleur (chaudière, panneaux solaires, pompe à chaleur, ...), caractérisé par la température d'entrée la plus élevée du système de production d'eau chaude (fluide le plus chaud)
- b. Le **fluide secondaire** est le fluide réchauffé par le fluide primaire, caractérisé par la température d'entrée la plus basse du système de production d'eau chaude (fluide le plus froid)

3. Système ouvert et système fermé

- a. Par **système ouvert**, on comprend un système où le fluide secondaire est renouvelé lors de chaque utilisation (p.ex. l'eau chaude sanitaire) ou est oxygéné de par son utilisation (p.ex. eau de piscine)
- b. Par **système fermé**, on comprend un système où le fluide secondaire n'est pas renouvelé lors de chaque utilisation (p.ex. l'eau dans un réservoir tampon pour le stockage d'énergie) ou n'est pas oxygéné de par son utilisation (p.ex. eau d'une installation de chauffage ou de climatisation)

4. Échangeurs

- a. Un échangeur est un élément statique assurant un transfert d'énergie entre une source à niveau d'énergie élevé (côté primaire) et une source à niveau d'énergie faible (côté secondaire)
- b. Une fine paroi (p.ex. métallique) sépare les deux fluides en mouvement : le fluide primaire et le fluide secondaire
- c. L'échange de chaleur se fait par conduction au travers de la paroi qui sépare les deux fluides
- d. Le fluide primaire et le fluide secondaire sont caractérisés par une convection forcée (débit)

5. Échangeur à plaques

- a. L'échangeur à plaques est composé d'un grand nombre de plaques montées en parallèle ; entre les plaques se trouve un petit espace où circulent de manière alternée (une plaque sur deux) les fluides primaire et secondaire.
- b. Les plaques possèdent une surface ondulée afin de créer un flux turbulent pour améliorer le transfert de chaleur entre les fluides primaire et secondaire.

6. Échangeur à faisceaux tubulaires

- a. L'échangeur à faisceaux tubulaires est constitué d'un faisceau de tubes parallèles disposés à l'intérieur d'une enveloppe (la calandre). Le fluide primaire circule dans l'enveloppe (calandre) et le fluide secondaire dans les tubes.
- b. Les tubes sont lisses ou pourvus d'une surface ondulée torsadée.
- c. Une chambre de distribution se trouve à l'entrée et la sortie du fluide secondaire pour assurer une répartition équilibrée du débit au travers des différents tubes.

7. Echangeur raccordé à contre-courant (courants croisés)

- a. Un échangeur de chaleur est raccordé à contre-courant lorsque les fluides primaire et secondaire circulent en sens opposé l'un par rapport à l'autre de chaque côté de la paroi qui les sépare
- b. Un échangeur de chaleur à contre-courant se caractérise par une température de sortie du fluide secondaire supérieure à la température de sortie du fluide primaire
- c. Le raccordement à contre-courant assure un plus grand écart de température moyen entre le fluide primaire et secondaire et donc un plus grand transfert de chaleur pour un échangeur de chaleur déterminé
- d. Indépendamment du débit du fluide secondaire, la température de sortie du fluide secondaire est délimitée par la température d'entrée du fluide primaire qu'elle ne dépassera jamais
- e. Pour un débit variable du fluide secondaire, la gestion de la température de sortie du fluide secondaire se fera par le contrôle de la température d'entrée du fluide primaire

8. Echangeur raccordé à co-courant (en parallèle)

- a. Un échangeur de chaleur est raccordé à co-courant lorsque le fluide primaire et secondaire circulent dans le même sens l'un par rapport à l'autre de chaque côté de la paroi qui les sépare
- b. Un échangeur de chaleur à co-courant se caractérise par une température de sortie du fluide secondaire inférieure à la température de sortie du fluide primaire
- c. Le raccordement co-courant assure un plus petit écart de température moyen entre le fluide primaire et secondaire et donc un plus petit transfert de chaleur pour un échangeur de chaleur déterminé
- d. Indépendamment du débit du fluide secondaire, la température de sortie du fluide secondaire est délimitée par la température de sortie du fluide primaire qu'elle ne dépassera jamais
- e. Pour un débit variable du fluide secondaire, la gestion de la température de sortie du fluide secondaire se fera par le contrôle de la température de sortie du fluide primaire

9. Accumulateurs (réservoirs de stockage sans échangeur intégré)

- a. Il s'agit d'une cuve de faible (moins de 300 litres) voire grand volume (plus de 300 litres) contenant le fluide secondaire immobile;
- b. Le fluide secondaire est réchauffé par le fluide primaire au moyen d'un élément d'échange de chaleur externe à la cuve
- c. Les fluides primaire et secondaire sont soumis à une circulation forcée
- d. L'accumulateur doit donc toujours être employé avec un système de réchauffement complémentaire (p.ex. échangeur à plaques)

10. Échangeurs-accumulateurs (réservoirs de stockage avec échangeur intégré)

- a. Il s'agit d'une cuve de faible (moins de 300 litres) voire grand volume (plus de 300 litres) contenant le fluide secondaire immobile;
- b. Le fluide primaire est caractérisé par une convection forcée, le fluide secondaire par une convection naturelle au sein du réservoir de stockage
- c. On distingue les types suivants:
 - À serpentín : où le fluide primaire circule dans un serpentín (tube à paroi lisse enroulé en spirale) plongé dans le fluide secondaire (réchauffage interne)
 - A stratification : où le fluide primaire circule dans un serpentín enfermé dans une enceinte circulaire surmontée d'une colonne verticale à paroi lisse et équipée de clapets thermiques
 - À double enveloppe : où le fluide primaire circule dans une double paroi qui entoure la cuve contenant le fluide secondaire (réchauffage externe ou « bain-marie »)

11. Puissance nominale des échangeurs et échangeurs-accumulateurs

La puissance nominale, exprimée en kW, est définie comme étant la puissance correspondant à un régime de température du fluide primaire de 80/60°C et à un régime de température du fluide secondaire de 10/60°C.

ARTICLE C9. PAR. 2. CONDITIONS GÉNÉRALES APPLICABLES À TOUS LES ÉCHANGEURS, ÉCHANGEURS-ACCUMULATEURS ET ACCUMULATEURS

1. Prescriptions Belgaqua

- a. Dans tous les cas, les prescriptions Belgaqua sont à prendre en considération, plus particulièrement la classification du fluide primaire en fonction de son niveau de toxicité LD50. Celui-ci influence les exigences constructives des équipements techniques dont question plus loin.
- b. Par exemple l'emploi d'un fluide de catégorie 4 ou supérieure nécessite la mise en application d'une séparation hydraulique des fluides primaire et secondaire (eau potable) au travers de la réalisation d'un espace libre entre les volumes contenant les fluides primaire et secondaire (application d'une double paroi). L'espace libre est relié à l'air libre permettant un écoulement visible du fluide (primaire ou secondaire) dont le volume présente un manque d'étanchéité.
- c. Les prescriptions valables Belgaqua seront celles en vigueur le jour de la demande de remise de prix du projet concerné. Les dites prescriptions sont mentionnées dans le Répertoire Belgaqua.

2. Compatibilité chimique

Dans tous les cas, le matériau retenu pour la fabrication de l'échangeur, l'échangeur-accumulateur ou accumulateur devra être compatible avec un emploi éventuel d'additifs ou de liquides particuliers dans les circuits concernés.

Ces exigences sont à reprendre au cas par cas dans le cahier spécial des charges.

3. Spécifications à fournir

Le cahier spécial des charges spécifie pour chaque échangeur, échangeur-accumulateur ou accumulateur :

- a. La nature des fluides primaire et secondaire ainsi que leur régime de température de circulation ou de distribution respectif
- b. Les températures d'entrée et de sortie du fluide primaire et secondaire
- c. Le débit horaire du fluide primaire et secondaire d'après les caractéristiques reprises sous a et b
- d. La pression d'essai de l'enveloppe contenant le fluide secondaire
- e. La pression d'essai du corps de chauffe (tête et faisceau tubulaire ou enveloppe extérieure), sans contre-pression extérieure
- f. La perte de pression admissible dans le corps de chauffe et l'organe de régulation automatique

Sauf si le cahier spécial des charges impose des pressions d'essai supérieures, celles-ci sont respectivement de 10 bars pour l'accumulateur et de 6 bars pour le corps de chauffe.

4. Classe de pression – Pression nominale

La pression nominale (c'est-à-dire la pression maximale admissible de l'équipement) doit être égale ou supérieure

- À 1,25 fois la pression maximale en service du circuit du générateur de chaleur du côté primaire
- À 1,25 fois la pression maximale en service du circuit le plus contraignant du côté secondaire

Sans autres spécifications dans le cahier spécial des charges, la pression nominale de service sera égale ou supérieure à 10 bar du côté primaire et à 6 bar du côté secondaire.

5. Choix des matériaux

5.1. Généralités

- a. Les matériaux en contact avec respectivement le fluide primaire et secondaire, doivent répondre aux exigences de l'art. C40 PAR.2, PAR.3 et PAR.4, en particulier le tableau des séries galvaniques sur base des potentiels électrochimiques.

Les tuyauteries en contact avec l'eau sanitaire seront conformes aux exigences de l'art. C6.PAR1. point 3.

Les classes de températures des tuyauteries répondront aux exigences de l'art. § C6.PAR2. point 2.

Le tableau ci-dessous illustre diverses possibilités :

type de système	volume fluide primaire	volume fluide secondaire	réseau de distribution
ouvert	acier inoxydable titane	acier inoxydable acier émaillé titane	acier inoxydable cuivre matériau synthétique acier galvanisé
fermé	acier acier inoxydable titane	acier acier inoxydable acier émaillé titane	acier acier inoxydable cuivre matériau synthétique

- b. Lorsqu'il est fait usage d'acier inoxydable pour la construction des échangeurs, échangeurs-accumulateurs ou accumulateurs, celui-ci doit être conforme à l'EURONORM 88 – éd. 1986.

Les nuances suivantes sont admises

- AISI 316
- AISI 316Ti
- AISI 316L
- AISI 904

- c. Lorsqu'il est fait usage d'acier émaillé pour la construction des échangeurs, des échangeurs-accumulateurs ou des accumulateurs, l'émail sera déposé suivant le principe de la vitrification (recuit dans un four). L'épaisseur de la couche d'émail sera d'au moins 0,15 mm. La couche d'émail sera ininterrompue, uniforme et lisse.

Les réservoirs en émail seront équipés d'une protection cathodique pour éviter les dégâts dus à la corrosion. La protection cathodique sera dimensionnée de manière à garantir un potentiel de protection suffisant à tout endroit du réservoir recouvert d'émail. Les deux types d'anodes autorisées sont :

- l'anode galvanique ou anode consommable
- l'anode à courant imposé ou anode permanente

L'anode galvanique étant généralement constituée de magnésium, ce dernier peut favoriser le développement de certaines bactéries. Sans autre spécification dans le cahier spécial des charges, il sera utilisé une anode à courant imposé.

- d. Anode galvanique

Le dimensionnement de l'anode galvanique garantira une durée de protection de minimum 2 ans depuis la mise en service de l'installation de production d'eau chaude sanitaire. La masse de l'anode galvanique sera dès lors de minimum 0,2 kg/m² de surface émaillée.

Le potentiel d'électrode de l'anode galvanique répondra aux conditions d'essai suivant EN 12438.

- e. Les protections cathodiques ne sont efficaces que si la conductibilité de l'eau dépasse 100 µS/cm à 20°C, ce qui correspond à une concentration de 0,001 mol/l de NaCl.

5.2. Echangeurs

En fonction de l'application (eau chaude sanitaire, eau de piscine, circuit tours de refroidissement, circuit de chauffage etc...) les exigences de matériau de construction sont les suivantes :

5.2.1. Réchauffage de l'eau des systèmes ouverts

Pour le réchauffage de l'eau des systèmes ouverts, le matériau retenu sera l'acier inoxydable ou le titane

- Pour l'application eau chaude sanitaire, le matériau retenu sera l'acier inoxydable
- Pour l'application eau de piscine, le choix du matériau sera déterminé par le mode de traitement de l'eau de piscine :
 - o Pour un traitement par le chlore, le matériau retenu sera l'acier inoxydable. L'injection du chlore se fera en aval de l'échangeur de chaleur afin d'éviter de fortes concentrations de produits chlorés qui pourraient malgré tout corroder l'échangeur en acier inoxydable.
 - o Pour un traitement par l'électrolyse de sel, le matériau retenu sera le titane

5.2.2. Réchauffage de l'eau des systèmes fermés

Pour le réchauffage de l'eau des systèmes fermés, le matériau retenu sera l'acier

5.2.3. Fonction de séparation physique

Pour la fonction de séparation physique entre le circuit primaire et secondaire, le matériau retenu sera déterminé par le type de système :

- o Un des deux circuits est un système ouvert : le matériau retenu sera l'acier inoxydable
- o Les deux circuits sont des systèmes fermés : le matériau retenu sera l'acier

5.3. Accumulateurs

En fonction de l'application (eau chaude sanitaire, eau de chauffage, etc...) les exigences de matériau de construction sont les suivantes :

5.3.1. Stockage de l'eau des systèmes ouverts

Pour le stockage de l'eau des systèmes ouverts, seul l'acier inoxydable est autorisé comme matériau de fabrication.

Cependant, en fonction des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, le cahier spécial des charges peut autoriser l'utilisation d'acier émaillé ; ce sera le cas par exemple pour les systèmes ouverts contenant de l'eau adoucie ou à forte concentration d'ions Cl⁻ ou Fe⁺, pour autant que la conductibilité électrique de l'eau soit suffisante (> 100 µS/cm) pour assurer le bon fonctionnement de l'anode.

5.3.2. Stockage de l'eau des systèmes fermés

Pour le stockage de l'eau des systèmes fermés, l'acier non protégé est admis comme matériau de construction.

6. Déperditions thermiques des échangeurs-accumulateurs et accumulateurs

- a. Les exigences en matière de déperditions thermiques des échangeurs-accumulateurs et accumulateurs sont exprimées pour un écart de température de 45°C entre la température de stockage du fluide secondaire et la température ambiante du local (p.ex. un échangeur-accumulateur avec une température de stockage de 60°C dans un local technique à 15°C).
- b. Sur une période de 24 heures, l'abaissement de température du volume de fluide stocké, dû aux déperditions thermiques, n'excèdera pas ; la contenance du réservoir exprimée en litres doit être considérée comme limite supérieure ; une fois cette valeur dépassée, les valeurs de déperditions de la plage de volume suivante est à prendre en considération – exemple : un vase tampon d'une contenance de 99 litres peut perdre au maximum 0,9 kWh/24h, un vase tampon d'une contenance de 100 litres peut perdre au maximum 1,3 kWh/24h

Volume (l)	Déperditions (kWh/24h)
30	0,75
50	0,9
100	1,3
200	2,1
300	2,6
400	3,1
500	3,5
600	3,8
700	4,1
800	4,3
900	4,5
1000	4,7
1100	4,8
1200	4,9
1300	5
1400	5,05
1500	5,1
1600	5,12
1700	5,14
1800	5,16
1900	5,18
2000	5,2

ARTICLE C9. PAR. 3. ECHANGEURS

1. Echangeurs à plaques

1.1. Exigences constructives

- Les parois qui séparent le fluide primaire du fluide secondaire sont constituées de tôles de forme rectangulaire
- Leur surface est ondulée afin d'augmenter la surface d'échange et garantir un écoulement turbulent favorisant l'échange de chaleur
- Les tôles sont assemblées de manière à constituer des zones hydrauliques alternées: une rangée sur deux est irriguée par le fluide primaire, l'autre rangée est irriguée par le fluide secondaire
- Les tôles peuvent être assemblées de manière fixes (non-accessibles pour la maintenance) ou démontables (accessibles pour la maintenance) ; sans spécifications contraires au cahier spécial des charges, on optera pour des systèmes démontables pour des puissances supérieures à 200 kW
- La contenance en fluide primaire et secondaire est quasi identique

1.2. Pertes de charge

De par leur conception, les échangeurs à plaques sont caractérisés par de fortes pertes de charge hydrauliques aussi bien du côté primaire que secondaire. Afin de limiter celles-ci et sans autres spécifications, les pertes de charge ne dépasseront pas 20 kPa (soit 2 m de CE).

2. Echangeurs à faisceau tubulaire

2.1. Exigences constructives

- Les tubes constituant le faisceau sont soit lisses, soit pourvu d'une surface d'échange ondulée torsadée/hélicoïdale
- Le fluide primaire circule dans le volume entre les parois du réservoir et le faisceau de tubes ; il est ainsi externe au faisceau de tubes
- Le fluide secondaire circule dans le volume du faisceau de tubes ; il est ainsi interne au faisceau de tubes
- Le faisceau de tube peut avoir :
 - o son départ et retour du même côté du réservoir : les tubes sont montés en U (on parlera d'un échangeur « à faisceau tubulaire en U »)
 - o son départ et retour aux côtés opposés : les tubes sont montés en parallèle (on parlera d'un échangeur « à faisceau tubulaire horizontal »)

2.2. Maintenance

- De par leur conception, les échangeurs à faisceau tubulaire en U sont plus difficilement accessibles pour une inspection ou un entretien éventuel que ceux à faisceau tubulaire horizontal. Ces derniers seront donc toujours utilisés, sauf indication contraire au cahier spécial des charges.
- De même, sauf spécifications contraires au cahier spécial des charges, on optera pour des systèmes démontables pour des puissances supérieures à 200 kW

ARTICLE C9. PAR. 4. ACCUMULATEURS

1. Exigences constructives

- Le réservoir de stockage dispose d'une entrée et sortie pour le transit du fluide secondaire ; dans le cas d'une application eau chaude sanitaire :
 - o L'entrée se trouve dans le bas du réservoir et peut être équipé d'un dispositif à diffuser le fluide secondaire entrant de manière uniforme dans le bas du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le haut du réservoir, à l'endroit où les températures du fluide secondaire sont les plus élevées
- Le réservoir est relié à un échangeur externe pour le réchauffement du fluide secondaire ; à cet effet, il dispose d'une entrée et sortie pour le réchauffement du fluide secondaire
 - o L'entrée se trouve dans la moitié supérieure du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le bas du réservoir
- L'entrée du fluide secondaire réchauffé est distincte de l'orifice de sortie du fluide secondaire relié aux consommateurs ; ce dernier se trouve à la partie supérieure de l'accumulateur, plus haut que l'orifice d'entrée du fluide secondaire réchauffé par le générateur de chaleur
- La sortie du fluide secondaire à réchauffer est la même que l'orifice d'entrée de l'apport de nouveau fluide secondaire
- L'accumulateur doit être équipé d'une trappe de visite permettant l'entretien suivant les prescriptions du fabricant.

2. Montage en batterie

De par leur conception, les accumulateurs sont caractérisés par de faibles pertes de charge hydrauliques. Lors de leur utilisation dans une batterie d'accumulateurs, leur raccordement hydraulique en parallèle en tiendra compte en prévoyant l'emploi de vannes de réglage de débits. Un raccordement hydraulique suivant le principe de Tichelmann ne suffit pas pour assurer un équilibrage hydraulique entre les différents accumulateurs raccordés.

3. Accumulateurs multi-énergies

Dans le cas d'un raccordement de plus de 2 sources de chaleur (p.ex. chaudière d'une part et capteurs solaires thermiques ou, pompe à chaleur, ...d'autre part), l'accumulateur sera dénommé du « type polyvalent » ou « multi-énergies » ; l'accumulateur sera pourvu d'un nombre de raccordements proportionnel au nombre de sources d'énergie pouvant être raccordées

Raccordements des différentes sources de chaleur

- Les sources de chaleur à basse température (p.ex. pompe à chaleur, capteurs solaires thermiques) seront préférentiellement raccordées dans la moitié inférieure du volume de stockage
- Les sources de chaleur à haute température (p.ex. chaudières à combustible fossiles – gaz ou mazout - ou renouvelables – gaz bio ou bois) seront préférentiellement raccordés dans la moitié supérieure du volume de stockage
- Les raccordements entrée-sortie des diverses sources de chaleur seront exécutés de façon à optimiser les rendements respectifs de chaque source de chaleur raccordée. De même, des mises en sécurité intempestives des sources de chaleur basse température dues à des températures de retour trop élevées induites par les sources de chaleur à haute température doivent être évitées. De ce fait, le raccordement des retours des sources de chaleur à basse température doit toujours être situé plus bas que les retours des sources de chaleur à haute température.

ARTICLE C9. PAR. 5. ECHANGEURS-ACCUMULATEURS

1. Echangeurs-accumulateurs à serpentín(s)

1.1. Exigences constructives

- Le réservoir de stockage dispose d'une entrée et sortie pour le fluide secondaire
 - o L'entrée se trouve dans le bas du réservoir et peut être équipé d'un dispositif à diffuser le fluide secondaire entrant de manière uniforme dans le bas du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le haut du réservoir, à l'endroit où les températures du fluide secondaire sont les plus élevées
- Le réservoir dispose d'une entrée et sortie pour le fluide primaire
 - o L'entrée se trouve environ à mi-hauteur du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le bas du réservoir. Ces deux points constituent le début et la fin du serpentín
- Dans le cas d'une production par capteurs solaires thermiques, l'échangeur-accumulateur peut être pourvu d'un second serpentín ; ce dernier se trouvera dans la moitié inférieure du volume de stockage et sera raccordé aux capteurs solaires thermiques ; le second serpentín se trouve dans la moitié supérieure du volume de stockage et sera raccordé sur le générateur de chaleur ; l'échangeur-accumulateur est alors dénommé du type « à double-service » ou « biénergie » ; il est pourvu de deux raccordements supplémentaires pour le circuit des capteurs solaires thermiques
- L'échangeur-accumulateur doit être équipé d'une trappe de visite permettant l'entretien suivant les prescriptions du fabricant.

1.2. Exigences complémentaires pour les échangeurs-accumulateurs à stratification

- Un échangeur-accumulateur à stratification est constitué d'un réservoir de stockage contenant le fluide secondaire dans lequel se trouve un serpentín dans lequel circule le fluide primaire. Le serpentín est enfermé dans une enceinte circulaire surmontée d'une colonne verticale à paroi lisse disposant de clapets thermiques répartis de façon régulière sur toute la hauteur de la colonne.
- Les clapets thermiques s'ouvrent par différence de densité entre d'une part le fluide secondaire réchauffé au sein de la colonne verticale et d'autre part le fluide secondaire plus froid à l'extérieur de la colonne verticale. Les clapets thermiques assurent une injection du fluide secondaire réchauffé dans la zone de température correspondante du volume de stockage du fluide secondaire.
- L'entrée et la sortie du fluide primaire se trouvent dans le bas du réservoir. Ces deux points constituent le début et la fin du serpentín. Dans le cas d'une production par capteurs solaires thermiques, ce serpentín sera raccordé préférentiellement aux capteurs solaires thermiques
- L'enceinte cylindrique qui renferme le serpentín est ouverte à sa base inférieure permettant d'introduire, par convection naturelle, le fluide secondaire à réchauffer

1.3. Montage en batterie

- a. De par leur conception, les échangeurs-accumulateurs sont caractérisés par de faibles pertes de charge hydrauliques du côté secondaire. Lors de leur utilisation dans une batterie d'échangeurs-accumulateurs, leur raccordement hydraulique en parallèle en tiendra compte en prévoyant l'emploi de vannes de réglage de débits. Un raccordement hydraulique suivant le principe de Tichelmann ne suffit pas pour assurer un équilibrage hydraulique entre les côtés secondaires des différents échangeurs-accumulateurs raccordés

- b. Du côté primaire, l'échangeur de type serpentin est caractérisé par de fortes pertes de charge hydrauliques. Un raccordement suivant le principe de Tichelmann suffit pour assurer l'équilibrage hydraulique des côtés primaires des échangeurs-accumulateurs avec serpentin.

2. Echangeurs-accumulateurs à double enveloppe

2.1. Exigences constructives

- Le réservoir de stockage dispose d'une entrée et sortie pour le fluide secondaire
 - o L'entrée se trouve dans le bas du réservoir et peut être équipé d'un dispositif à diffuser le fluide secondaire entrant de manière uniforme dans le bas du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le haut du réservoir, à l'endroit où les températures du fluide secondaire sont les plus élevées

Le réservoir dispose d'une entrée et sortie pour le fluide primaire

- o L'entrée se trouve dans le haut du réservoir
 - o La sortie se trouve dans le bas du réservoir
 - o Ces deux points constituent les extrémités du volume de la double enveloppe entourant le volume de stockage du réservoir
- L'échangeur-accumulateur double-enveloppe doit être équipé d'une trappe de visite permettant l'entretien suivant les prescriptions du fabricant

2.2. Montage en batterie

- a. De par leur conception, les échangeurs-accumulateurs sont caractérisés par de faibles pertes de charge hydrauliques du côté secondaire. Lors de leur utilisation dans une batterie d'échangeurs-accumulateurs, leur raccordement hydraulique en parallèle en tiendra compte en prévoyant l'emploi de vannes de réglage de débits. Un raccordement hydraulique suivant le principe de Tichelmann ne suffit pas pour assurer un équilibrage hydraulique entre les côtés secondaires des différents échangeurs-accumulateurs raccordés
- b. Du côté primaire, les échangeurs-accumulateurs à double enveloppe ont également de faibles pertes de charge hydrauliques. Lors de leur utilisation dans une batterie d'échangeurs-accumulateurs, leur raccordement hydraulique en parallèle en tiendra compte en prévoyant l'emploi de vannes de réglage de débits. Un raccordement hydraulique suivant le principe de Tichelmann ne suffit pas pour assurer un équilibrage hydraulique entre les côtés primaires des différents échangeurs-accumulateurs à double enveloppe raccordés

ARTICLE C9. PAR. 6. SYMBOLES

Les symboles employés dans les schémas et plans »As-built » sont ceux déterminés dans la norme EN 806-1

ARTICLE C10. - CORPS DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT

ARTICLE C10. PAR. 1. - PUISSANCE DES CORPS DE CHAUFFE

1. Radiateurs

1.1.

Les plans indiquent la puissance thermique de chaque radiateur, déterminée selon la norme NBN D 13-001.

Cette puissance est égale à celle qui résulte du calcul des déperditions, c'est-à-dire la puissance à fournir par le radiateur dans les conditions réelles d'installation, majorée comme indiqué au tableau C10.1.-1..

1.2.

Dans les trente jours qui suivent l'approbation de la soumission, l'entrepreneur est tenu de fournir à l'administration un tableau complet des radiateurs qu'il préconise, sauf si celui-ci a été annexé à sa soumission.

L'administration fait parvenir à l'entrepreneur les observations éventuelles dans un délai de quinze jours à dater de la réception du tableau (dans le cas où celui-ci était joint à la soumission, dans les quinze jours qui suivent la date de notification de l'approbation).

L'entrepreneur choisit les radiateurs en respectant les impératifs suivants :

a. Dans le cas d'étude faite par l'administration

Respect des dimensions reprises au tableau des radiateurs, annexé aux plans, sauf accord écrit du fonctionnaire dirigeant.

b. Dans le cas de concours ou d'étude faite par l'entrepreneur

1. Sous chaque fenêtre est placé le radiateur le mieux adapté, c'est-à-dire le radiateur le plus haut et le moins épais sans toutefois dépasser la largeur de la fenêtre en tenant compte des hauteurs d'appuis, de la largeur de la fenêtre et des pentes à donner aux tuyauteries de raccordement.

2. La hauteur minimale sous le radiateur est de 10 cm ; la hauteur minimale entre la partie supérieure du radiateur et la face inférieure de la tablette de la fenêtre est de 5 cm. Dans les cas limites, ces dimensions peuvent être modifiées avec l'accord écrit du fonctionnaire dirigeant.

3. Les radiateurs placés contre les murs sont les plus plats possible, dans les limites des dimensions imposées.

1.3.

L'entrepreneur fournit le procès-verbal d'essai de détermination de la puissance thermique des radiateurs qu'il propose, effectué selon la norme NBN D 13-001, dans un laboratoire indépendant.

Ce procès-verbal est fourni pour chaque modèle, type (nombre de panneaux, avec ou sans ailettes, ...) et hauteur.

1.4.

Pour le poste "radiateurs" ainsi que pour le poste "peintures" de ceux-ci, les prix remis par le soumissionnaire restent des forfaits et ne sont soumis à révision que dans le cas de modifications au projet initial.

Dans le cas de modifications au projet, la différence de prix est calculée proportionnellement aux puissances théoriques, sauf si l'entrepreneur joint à sa soumission un prix unitaire par élément et par type de radiateur qu'il a préconisé.

2. Convecteurs et appareils similaires

Pour chaque corps de chauffe, les plans indiquent la puissance thermique à fournir dans les conditions réelles d'installation.

L'entrepreneur fournit le procès-verbal d'essai de détermination de la puissance thermique de l'appareil qu'il propose, effectué selon NBN D 13-001 dans un laboratoire indépendant.

Cet essai est effectué sur un appareil de modèle et de type identiques à ceux du corps de chauffe proposé, et placé dans les conditions (hauteur de la cheminée d'appel d'air, dimensions des ouvertures d'entrée et de sortie d'air, hauteur libre sous l'appareil, ...) identiques aux conditions réelles.

L'interpolation est cependant permise dans une même série, mais non l'extrapolation.

3. Aérothermes

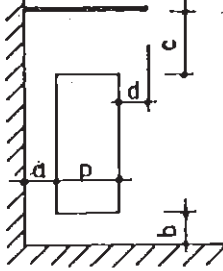
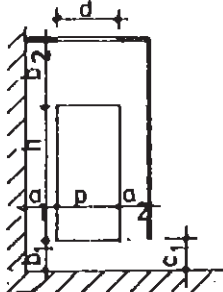
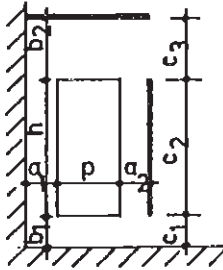
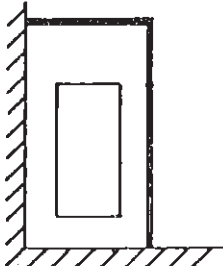
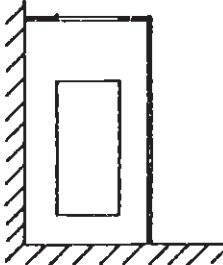
Les plans indiquent l'émission calorifique de chaque aérotherme, déterminée selon la norme NBN 316 ou 317.

L'entrepreneur fournit le procès-verbal d'essai de détermination de l'émission calorifique des aérothermes qu'il propose, effectué selon la norme NBN 316 ou 317 dans un laboratoire indépendant.

II./C10.1./3.
105/90

Cet essai est effectué sur des appareils de modèle, de type et de dimensions identiques à ceux des aérothermes proposés.

L'interpolation est cependant permise dans une même série, mais non l'extrapolation.

EMPLACEMENT DU RADIATEUR.	CONDITIONS.	% DE MAJORATION.
 <p>Sous tablette ou en niche, sans écran devant le radiateur.</p>	$3\text{cm} \leq a \leq 5\text{cm}$ $d \leq 3\text{cm}$ $10\text{cm} \leq b$ $c = p$ $6\text{cm} \leq c \leq 12\text{cm}$	0
	$4\text{cm} < c < 6\text{cm}$	5
 <p>Sous tablette munie d'une ouverture, avec écran devant le radiateur. Si les ouvertures d'entrée et de sortie d'air sont munies de grilles, la section utile est au moins égale à 85% de la section totale.</p>	$3\text{cm} \leq a_1 \leq 5\text{cm}$ $2\text{cm} \leq a_2$ $10\text{cm} \leq b_1 = c_1$ $d = p$ b_2 : pas d'exigences.	0
 <p>En niche ou sous tablette, sans ouverture, avec écran devant le radiateur. Si les ouvertures d'entrée et de sortie d'air sont munies de grilles, la section utile est au moins égale à 85% de la section totale.</p>	$3\text{cm} \leq a_1 \leq 5\text{cm}$ $2\text{cm} \leq a_2$ $10\text{cm} \leq b_1 = c_1$ $b_2 = c_3 = p$ $6\text{cm} \leq b_2 = c_3 \leq 12\text{cm}$	0
	$b_2 = c_3 = \frac{p}{2}$	20
 <p>Sous tablette ou en niche, caché par un grillage à larges mailles.</p>		30
 <p>Comme ci-dessus, la tablette étant remplacée par un grillage de même type sur encadrement.</p>		15

ARTICLE 10. PAR. 2. - RADIATEURS

1. Impositions générales

Les radiateurs sont en fonte ou en acier.

Ils sont essayés en usine à la pression d'épreuve effective de 6 bars.

En principe, les radiateurs sont raccordés avec départ et retour diamétralement opposés, c'est-à-dire l'entrée du fluide chauffant se faisant à une extrémité du radiateur, la sortie à l'autre.

Toutefois, lorsque l'étude de l'installation incombe à l'entrepreneur, le départ et le retour peuvent être raccordés du même côté, pour autant que les essais de détermination de la puissance thermique (NBN D 13-001) soient effectués sur des radiateurs raccordés de cette manière ; il est cependant permis à l'entrepreneur qui raccorde les radiateurs du même côté de présenter des procès-verbaux d'essais effectués sur des radiateurs à raccords diamétralement opposés dans les cas suivants :

1. pour les installations monotubes, lorsque les radiateurs sont munis de dispositifs spéciaux de répartition de l'eau
2. pour le chauffage à eau chaude, si la longueur du radiateur ne dépasse pas sa hauteur
3. si, pour le radiateur le plus long, un essai de détermination de la puissance thermique (NBN D 13-001), effectué par un laboratoire indépendant, démontre que cette puissance ne diminue pas lorsque départ et retour sont raccordés du même côté

Sauf lorsque le cahier spécial des charges indique un autre mode de pose (pieds, ensembles spéciaux), les radiateurs sont placés sur consoles.

Quel que soit le mode de pose, le nombre de supports est donné par le tableau ci-dessous :

Longueur L du radiateur	Nombre de supports
$L \leq 1 \text{ m}$	2
$1 \text{ m} < L \leq 2 \text{ m}$	3
$2 \text{ m} < L \leq 3 \text{ m}$	4
$L > 3 \text{ m}$	5

En plus des supports proprement dits, le radiateur comporte deux points de fixation empêchant son balancement.

Si la paroi au dos du radiateur le permet, il est placé une attache sur la tuyauterie d'amenée, aussi près que possible du robinet.

2. Radiateurs en acier

Les radiateurs en acier sont construits au moyen de tôles d'acier d'une épaisseur nominale minimale de 1,25 mm, de qualité appropriée au processus de fabrication suivant les normes NBN A 23-101 et A 23-102 et conforme à la norme NBN A 43-101 en matière de tolérances dimensionnelles. Lorsque les radiateurs sont munis d'ailettes, celles-ci sont construites au moyen de tôle d'acier d'une épaisseur nominale minimale de 0,4 mm, conformes aux mêmes normes.

La qualité de la tôle est garantie par le fournisseur ; le maître de l'ouvrage a le droit de demander à l'installateur un certificat d'origine des tôles.

Le formage de plus d'une tôle à la fois en superposition l'une sur l'autre, par une seule paire d'outils, est interdit.

Les radiateurs sont assemblés par soudage continu, la soudure discontinue n'intervenant que comme moyen de renforcement et/ou pour la fixation des ailettes éventuelles.

Les radiateurs ne peuvent être constitués de plus de quatre panneaux parallèles suivant leur grande dimension.

Les radiateurs à panneau unique ne peuvent être munis d'ailettes ; les radiateurs à plus d'un panneau ne peuvent comporter d'ailettes derrière le dernier panneau.

L'utilisation de radiateurs en acier est interdite dans le cas de chauffage à vapeur, sauf s'ils sont fabriqués au moyen d'acier spécial réputé pour sa résistance à la corrosion par la vapeur et l'air humide.

Les radiateurs en acier sont conçus et réalisés de manière telle que :

- l'éventuelle poche d'air dans la partie supérieure soit la plus faible possible, ne perturbe aucunement la circulation du fluide chauffant, et ne constitue pas une cause de bruit
- il soit possible de les vidanger avant démontage après fermeture du robinet amont et du dispositif de fermeture supposé se situer immédiatement à la sortie
- l'éventuelle poche d'eau stagnante à la vidange soit la plus faible possible, le radiateur restant dans sa position normale

3. Peintures

Les prescriptions générales sont énoncées à l'art. C40..

3.1. Finition des radiateurs

Pour la peinture des radiateurs, trois procédés sont possibles.

3.1.1. Finition "Peinture non comprise"

Ceci s'applique exclusivement aux radiateurs en fonte.

3.1.1.1.

Le radiateur est peint en usine, à l'aide d'une peinture anti-rouille ou d'un système de peinture anti-rouille. La couche de finition est appliquée sur le chantier de construction. Préalablement à cette application, toutefois, toutes les dégradations visibles de la couche anti-rouille font l'objet de retouches. La peinture ou le système de peinture utilisé pour celles-ci possède les mêmes propriétés que la couche de fond anti-rouille. La preuve en est fournie par des épreuves et des essais, réalisés sur éprouvettes.

3.1.1.2.

Les données concernant la teinte et le brillant sont incluses dans le cahier spécial des charges ou sont communiquées à l'entrepreneur au plus tard lors de la livraison des radiateurs sur le chantier.

Dans cette dernière hypothèse, l'entrepreneur fournit au fonctionnaire dirigeant, la liste des teintes possibles, eu égard au système de peinture dont l'utilisation est prévue, en conséquence des performances exigées en ce qui concerne la protection contre la corrosion.

Il y a lieu de se reporter à l'art. C40. par. 2./1..

3.1.2. Finition "Peinture comprise"

3.1.2.1.

C'est la finition courante pour les radiateurs en acier. Une autre finition n'est permise qu'autant qu'il s'agisse d'une commande de 100 radiateurs au moins, dont toutes les unités soient demandées dans la même teinte spéciale, et dans la mesure où il s'agit d'un bâtiment ayant à remplir une fonction particulièrement représentative.

3.1.2.2.

Les radiateurs sont mis en peinture avec la couche de finition et dans la teinte standard qui sont utilisées couramment dans l'usine.

Le cas échéant, l'entrepreneur fournit un aperçu de teintes standards possibles. La décision relative au choix de la teinte est communiquée deux semaines, au plus tard, après la transmission des possibilités d'option.

3.1.3. Finition "Teinte spéciale"

Dans ce cas, exceptionnel, la teinte est imposée dans le cahier spécial des charges. La livraison sur le chantier est effectuée dans la teinte demandée.

3.2. Livraison des radiateurs

3.2.1. Radiateurs en acier

Les radiateurs en acier sont fournis dans un emballage à l'épreuve de l'usure - un par radiateur - et sont conservés dans cet emballage jusqu'à la réception provisoire de la deuxième partie de l'entreprise. Ils doivent, à ce moment, être intacts. Leur remplacement et leur peinture à neuf éventuelle sont effectués aux frais de l'entrepreneur, après une expertise contradictoire.

3.2.2. Radiateurs en fonte

Les radiateurs en fonte sont protégés adéquatement contre tout dommage, jusqu'à leur pose. L'entrepreneur prend, en outre, toutes les précautions qui s'imposent pour la préservation des radiateurs mis en place, jusqu'à la réception provisoire de la deuxième partie de l'entreprise. Les radiateurs, à ce moment, doivent être intacts. Leur remplacement et les travaux supplémentaires éventuels sont effectués aux frais de l'entrepreneur, après une expertise contradictoire.

3.2.3.

Des épreuves et des essais réalisés sur éprouvettes témoignent que les peintures utilisées pour les retouches donnent la même protection contre la corrosion que les peintures appliquées en usine.

3.3. Exigences concernant la résistance à la corrosion

3.3.1. Conditions administratives

Outre les conditions énoncées à l'art. C40. par. 2., les clauses complémentaires suivants sont applicables.

3.3.1.1.

En cas d'essais, ceux-ci sont toujours effectués sur des radiateurs.

3.3.1.2. Epreuve préliminaire

3.3.1.2.1.

Avant d'entamer les essais, l'administration prélève au hasard un radiateur sur la production en cours ; elle le fait démonter complètement et vérifie si la peinture y a été appliquée partout. Dans la négative, il est fait choix d'un autre fabricant.

3.3.1.2.2.

Lorsqu'un label de qualité a été produit, l'administration prélève un radiateur sur la fourniture, et le fait examiner comme il est dit ci-dessus. La fourniture n'est agréée que si la radiateur a été peint sans en omettre aucun endroit. Dans la négative, la fourniture est refusée en totalité. Après réception, un nouveau radiateur est livré, en vue de remplacer celui qui a été soumis aux essais.

Pour la finition "Teinte spéciale", il est procédé comme au point 3.3.1.2.1. ci-avant.

3.3.2. Performances anti-corrosion

La partie technique de l'art. C40. est applicable intégralement.

Les peintures séchant à l'air ne sont pas admises.

Pour le système de peintures, il y a lieu de tenir compte également des particularités suivantes.

3.3.2.1. Essai de rayure

L'essai est réalisé uniquement sur le système de peintures complet.

3.3.2.2. Essai de chute d'une masse

Pour les radiateurs en fonte, l'essai est réalisé sur la partie anti-corrosion du système de peinture et sur le système de peintures complet.

Pour les radiateurs en acier, il est exécuté sur le système de peintures complet, sous la condition prévue à l'art. C40. par. 3./4.2.2..

3.3.2.3. Essai d'amortissement du pendule

L'essai est réalisé sur le système de peintures complet.

3.3.2.4. Essai de quadrillage

Pour les radiateurs en fonte, l'essai est réalisé sur la partie anti-corrosion et sur le système de peintures complet.

Pour les radiateurs en acier, il est exécuté sur le système de peintures complet. L'on se reportera, à ce propos, au par. 1./10. de l'art. C40..

3.3.2.5. Essai en climat saturé

3.3.2.5.1.

L'essai est exécuté sur les éprouvettes dont la finition a été réalisée avec la partie anti-corrosion du système de peintures, et ce, pour chaque type de finition (3.1.).

S'il y a contestation, les essais se font également sur éprouvettes.

3.3.2.5.2.

Par dérogation à la condition formulée à l'art. C40. par. 3./4.3.2., il est permis, en ce qui concerne la formation de rouille, de poser l'exigence suivante.

- Ri 1 pour les cas ordinaires
- Ri0 pour les radiateurs visibles, soit à l'intérieur de bâtiments ayant à remplir une fonction particulièrement représentative, soit à partir de tels bâtiments

3.3.2.6.

Il faut satisfaire à l'art. C40. 3./4.2.6.3. dans les salles d'eau et les endroits où des éclaboussures acides sont possibles.

4. Compatibilité des radiateurs de différents types

Lorsque, dans le même circuit, coexistent des radiateurs avec et sans ailettes ou des radiateurs à ailettes de types différents, les courbes de la puissance thermique en fonction de l'écart entre la température moyenne du fluide chauffant et celle de l'ambiance doivent, pour tous les radiateurs, être telles que l'exposant n de la formule de calcul de la puissance thermique suivant la norme NBN D 13-001, art. 6.2., soit compris entre 1,25 et 1,35.

ARTICLE C10. PAR. 3. - BATTERIES DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT

1. Construction

Les batteries sont constituées par des rideaux de tubes à ailettes. Les batteries sont en acier, galvanisées à chaud après achèvement, ou sont constituées de matériaux inoxydables : cuivre, aluminium ou acier inoxydable.

Les batteries galvanisées dont la protection serait altérée pendant le transport ou le montage sont refusées.

Le contact entre les tubes et les ailettes est aussi intime que possible et ne peut diminuer avec le temps ou les variations de température.

La solidarisation entre les tubes et les ailettes est obtenue par l'un des procédés suivants :

- ailettes venant de la masse
- sertissage
- galvanisation à chaud par immersion dans un bain de zinc fondu des tubes et des ailettes.

Lorsque les tubes sont en acier, ils sont conformes à l'article C6. du présent cahier des charges.

Toutes les ailettes qui seraient pliées ou déformées au cours du transport ou du montage sont remises dans leur état primitif.

Les batteries sont étudiées pour permettre la réalisation d'éléments d'une grande efficacité et d'un encombrement réduit. Lorsqu'elles équipent des groupes de traitement d'air, le rapport des dimensions des batteries est autant que possible adapté aux caractéristiques de ces groupes.

A moins que les cahier spécial des charges n'impose une pression d'essai supérieure, les batteries sont essayées en usine à une pression d'essai effective de 6 bars. Chaque batterie est accompagnée d'un certificat déclarant que l'épreuve de pression a été réellement effectuée sans qu'il ait été constaté de fuites. Quand elle le juge utile, l'administration délègue un représentant dans les usines du constructeur pour assister aux essais de mise sous pression.

Sauf pour les convecteurs, ventilo-convecteurs et éjecto-convecteurs, les batteries sont enfermées dans des caissons de chaudronnerie constitués de telle sorte que les fuites d'air latérales soient rendues impossibles.

2. Raccordement des batteries et accessoires

Les orifices d'entrée et de sortie du fluide caloporteur sont pourvus de brides ou de raccords trois-pièces.

Les convecteurs sont munis à l'entrée d'un robinet à commande manuelle ou thermostatique, à la sortie d'un raccord réglable servant d'organe d'isolement et au point haut d'un purgeur.

Les autres batteries sont équipées de robinets d'isolement à l'entrée et à la sortie, et d'un robinet de réglage sur la tuyauterie de by-pass éventuelle. Elles comportent de plus, si nécessaire, une bouteille d'air avec purge au point haut et un robinet de vidange au point bas.

Les batteries placées dans les groupes de traitement d'air ou dans les conduits sont raccordés aux éléments voisins au moyen de pièces spéciales dont la forme est étudiée pour éviter tout décollement des veines d'air et assurer une répartition uniforme du flux d'air sur les batteries. Sauf lorsque, en vertu des conditions de fonctionnement, toute condensation est impossible, les batteries froides des groupes de traitement d'air sont suivies d'un séparateur de gouttes et munies d'un bassin de recueillement des condensats. L'un et l'autre sont construits soit en acier et galvanisés à chaud après fabrication selon NBN I 07-001 jusqu'à 008, soit en matériau inoxydable tel que acier inoxydable, cuivre ou aluminium; toutes dispositions sont prises afin d'empêcher la corrosion par formation de couples électriques. Le bassin de recueillement est raccordé à l'égout avec siphon et écoulement visible après le siphon.

3. Renseignements à fournir par le cahier spécial des charges

Le cahier spécial des charges donne pour chaque batterie les renseignements et impositions ci-après :

- nature du fluide chauffant ou refroidissement : eau, vapeur, fluide frigorigène
- le régime de circulation ou de distribution du fluide
- la puissance nominale de la batterie en kW
- le débit d'air en m³/h
- la température de l'air à l'amont de la batterie
- la température d'air à obtenir à l'aval de la batterie
- la perte de pression admissible, en Pa, dans le circuit "eau" pour la batterie et ses organes de réglage automatique dans le cas où le fluide est de l'eau
- la perte de pression admissible, en Pa, dans le circuit d'air au passage par la batterie

ARTICLE C11. HUMIDIFICATEURS

CONTENU

ARTICLE C11.PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES.....	2
ARTICLE C11.PAR. 1. DÉFINITIONS	3
ARTICLE C11.PAR. 2. DOMAINES D'APPLICATION.....	4
ARTICLE C11.PAR. 3. EXIGENCES GÉNÉRALES	5
1. CHOIX DES MATÉRIAUX	5
2. DISTANCE LIBRE D'HUMIDIFICATION.....	5
ARTICLE C11.PAR. 4. HUMIDIFICATEUR À PULVÉRISATION D'EAU	6
1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	6
2. EFFICACITÉ	6
3. DISTANCE LIBRE D'HUMIDIFICATION.....	6
4. SCHÉMA DE PRINCIPE	7
5. EXIGENCES POUR L'EAU D'ALIMENTATION.....	7
ARTICLE C11.PAR. 5. HUMIDIFICATEURS À ÉVAPORATION	8
1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	8
2. EFFICACITÉ	8
3. DISTANCE LIBRE D'HUMIDIFICATION.....	8
4. SCHÉMA DE PRINCIPE	9
5. EXIGENCES POUR L'EAU D'ALIMENTATION.....	9
ARTICLE C11.PAR. 6. HUMIDIFICATEUR À VAPEUR NON AUTONOME	10
1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	10
2. EFFICACITÉ	10
3. DISTANCE LIBRE D'HUMIDIFICATION.....	10
4. SCHÉMA DE PRINCIPE	11
5. MONTAGE	11
5.1. Montage en conduit d'air.....	12
5.2. Montage en caisson de traitement d'air.....	12
ARTICLE C11.PAR. 7. HUMIDIFICATEUR À VAPEUR ÉLECTRIQUE AUTONOME	13
1. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	13
1.1. Principes techniques	13
1.2. Alimentation en eau	13
1.3. Drainage automatique	13
1.4. Evacuation des dépôts de calcaire.....	13
1.5. Régulation	13
1.6. Armoire.....	14
2. DISTANCE LIBRE D'HUMIDIFICATION.....	14
3. MONTAGE	14
3.1. Généralités	14
3.2. Emplacement des rampes d'injection	14
4. EXIGENCES POUR L'EAU D'ALIMENTATION.....	14

ARTICLE C11. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN 13053+A1	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air - Classification et performance des unités, composants et sections	08/2011
NBN EN 1886	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air - Performances mécaniques	03/2008

ARTICLE C11. PAR. 1. DÉFINITIONS

1. Humidificateur

Un humidificateur est un appareil destiné à augmenter le taux d'humidité dans l'air des locaux traités, soit pour assurer le confort des personnes, soit pour assurer le bon conditionnement des matériaux stockés ou manipulés.

Dans le présent article ne sont considérés que les humidificateurs qui sont intégrés dans les systèmes de traitement d'air, soit placés dans la section d'humidification d'un caisson de traitement d'air, soit placés dans les réseaux de conduits d'air.

2. Humidificateur à pulvérisation d'eau

Ce type d'humidificateur pulvérise de l'eau en fines particules par l'intermédiaire d'une (de) rampe(s) à gicleurs.

Mélangées à l'air à humidifier, ces fines particules passent de l'état liquide (eau) à l'état gazeux (vapeur) en puisant la chaleur nécessaire à ce changement de phase dans l'air traité.

3. Humidificateur à évaporation

Dans ce type d'humidificateur on fait circuler l'air à humidifier sur une surface mouillée (surfaces de ruissellement, fils tendus, etc.).

En fonction de la température et du taux d'humidité de l'air, celui-ci est humidifié par évaporation de l'eau au niveau de la surface mouillée.

Dans ce cas la chaleur nécessaire au changement de phase est retirée à l'air traité.

4. Humidificateur à vapeur non autonome

Ce type d'humidificateur est constitué d'une rampe d'injection de vapeur, raccordée à un réseau externe de distribution de vapeur alimenté par une chaudière vapeur ou un générateur de vapeur.

5. Humidificateur à vapeur autonome

Ce type d'humidificateur est constitué d'une rampe d'injection de vapeur, raccordée à un générateur de vapeur compact placé à proximité du point d'injection.

6. Efficacité (« rendement ») d'un humidificateur

Pour les humidificateurs adiabatiques (à pulvérisation et à évaporation) la NBN EN 13053 + A₁ (2011) définit une efficacité d'humidification η_h comme suit

$$\eta_h = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3}$$

où t_1 = température moyenne de l'air à l'entrée de l'humidificateur

t_2 = température moyenne de l'air après l'humidificateur

t_3 = température de saturation de l'air aux conditions d'entrée

7. Parcours minimal d'humidification

Le parcours minimal d'humidification est la distance minimale entre le point où s'effectue la pulvérisation de l'eau ou l'injection de vapeur et le point où soit les aérosols produits par la pulvérisation sont totalement évaporés, soit où la vapeur sèche injectée est totalement absorbée par l'air.

8. Distance libre d'humidification

Ce terme couvre la longueur libre effective dans la section d'humidification d'un caisson de traitement d'air entre les rampes de pulvérisation ou d'injection de vapeur et tout obstacle dans le flux d'air (séparateur de gouttelettes, batteries, ...)

ARTICLE C11. PAR. 2. DOMAINES D'APPLICATION

Pour les installations industrielles et pour les installations courantes de confort il sera le plus souvent fait appel à des humidificateurs à eau (à pulvérisation ou à évaporation).

Là où un réseau de vapeur est prévu pour d'autres applications et/ou pour des installations importantes avec de nombreux groupes de traitement d'air, où l'installation d'un générateur de vapeur dédié à l'humidification est justifié, les humidificateurs à vapeur « non autonomes » présentent des avantages au point de vue hygiénique.

De plus, pour les établissements de santé et les laboratoires biologiques ou biochimiques l'humidification doit être du type à vapeur sèche.

Les humidificateurs à vapeur autonomes sont à réserver pour des applications localisées avec des demandes limitées d'humidification.

ARTICLE C11. PAR. 3. EXIGENCES GÉNÉRALES

1. Choix des matériaux

Le choix des matériaux à utiliser dans l'humidificateur doit être fait en tenant compte de la résistance à la corrosion, de l'hygiène, de l'effet des surfaces bactéricides ou bactériostatiques, la capacité des microbes à métaboliser la matière, la résistance aux désinfectants, la capacité à être nettoyé et, si possible, la résistance à tout processus de désinfection respectif. Les plastiques utilisés ne doivent contenir aucune source de nutriments favorisant un développement microbologique.

Les matériaux d'étanchéité utilisés doivent être composés d'un type cellulaire fermé et ne doivent absorber aucune humidité.

2. Distance libre d'humidification

En fonction des caractéristiques de l'humidificateur proposé, l'installateur calcule la distance libre d'humidification.

Il remet à l'administration la méthode de calcul utilisée pour déterminer cette longueur exacte, et l'utilise comme longueur définitive si elle dépasse les valeurs minimales mentionnées ci-après dans les exigences constructives spécifiques pour les différents types d'humidificateurs.

ARTICLE C11. PAR. 4. HUMIDIFICATEUR À PULVÉRISATION D'EAU

1. Exigences constructives

- Les humidificateurs à pulvérisation (également dénommés « laveurs d'air ») doivent être du type « à contre-courant »
- L'humidificateur est composé de rampes de pulvérisation constituées de tuyaux en matière synthétique (voir art. C.6. pour matériaux admis) et de gicleurs également en matière synthétique ou en bronze.
- Les gicleurs ou pulvérisateurs doivent être facilement démontables et interchangeables. Les modèles à étrier clipsable sont à cet effet à privilégier. L'angle de pulvérisation doit être adaptable en fonction de la dimension de la section d'humidification.
- La volute et la roue de la pompe de circulation doivent être en acier inoxydable ou en matériaux synthétiques. La pompe génère une pression adaptée aux gicleurs utilisés, se situant entre 0,3 et 2,8 bars.

2. Efficacité

L'efficacité d'humidification doit être au minimum de 85 %.
Elle doit être mesurée comme spécifié au point 6.8.4. de la norme NBN EN 13053 + A₁ (2011).

3. Distance libre d'humidification

L'installateur choisit le nombre de lignes et de têtes de pulvérisation en fonction des exigences du cahier spécial des charges et de l'exigence de rendement minimal imposé au point 2. ci-dessus. La distance libre d'humidification des humidificateurs à pulvérisation est d'au moins 1,2 m. Les humidificateurs à contre-courant disposent d'une distance libre d'au moins 10 cm entre la dernière rangée de pulvérisateurs et l'éliminateur de gouttelettes placé à la sortie de la section.

4. Schéma de principe

La figure C11.4.-1 ci-après reprend les accessoires à prévoir pour un humidificateur à pulvérisation et pour la section d'humidification dans laquelle il est intégré (voir également l'art.C12 PAR. 6)

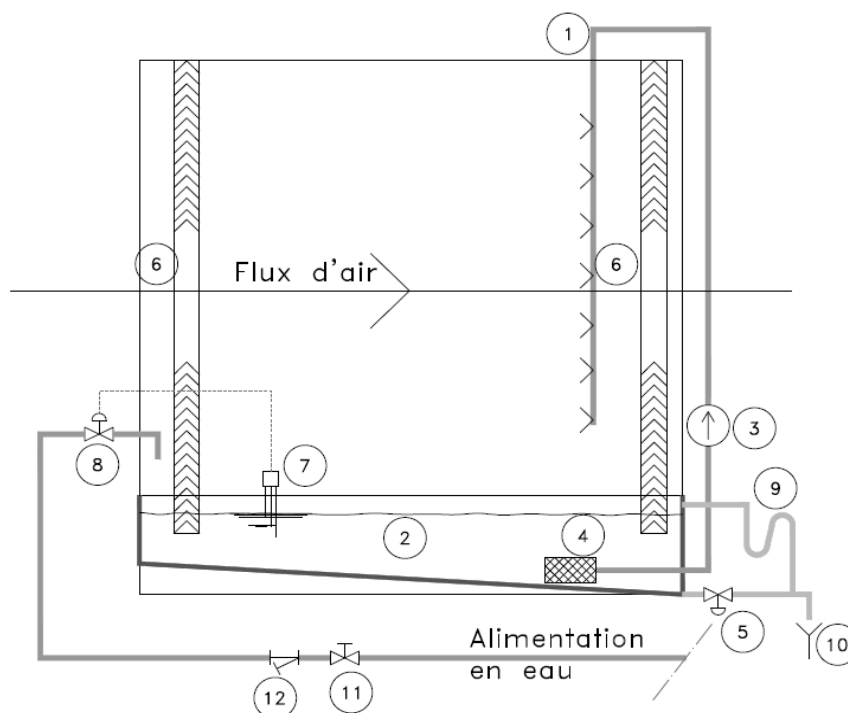


Fig. C11.4.-1

Légende :

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 – rampe de pulvérisation | 7 – détecteur de niveau pour alimentation en eau |
| 2 – bac de récolte | 8 – robinet motorisé pour l'alimentation en eau |
| 3 – pompe de circulation | 9 – trop plein |
| 4 – filtre d'aspiration | 10 – raccordement à l'égout (voir Fig. C12.6-1 à C12.6-3) |
| 5 – robinet de vidange automatique | 11 – robinet d'isolement sur l'alimentation en eau |
| 6 – séparateur de gouttelettes | 12 – filtre |

5. Exigences pour l'eau d'alimentation

Les humidificateurs à pulvérisation sont à alimenter à partir du réseau de distribution d'eau potable du bâtiment.

Cette eau doit le cas échéant être traitée pour répondre aux exigences minimales suivantes :

- | | |
|--|--------------------------------------|
| – Dureté totale | $\leq 0,7 \text{ mol/m}^3$ |
| – Dureté carbonatée | $\leq 0,5 \text{ mol/m}^3$ |
| – Chlorures | $\leq 5 \text{ mol/m}^3$ |
| – Sulfates | $\leq 3 \text{ mol/m}^3$ |
| – pH | entre 6,5 et 8,5 |
| – Conductivité électrique (sans exigences spécifiques) | $\leq 1.000 \text{ } \mu\text{S/cm}$ |

ARTICLE C11. PAR. 5. HUMIDIFICATEURS À ÉVAPORATION

1. Exigences constructives

- La masse de ruissellement est constituée d'un média en matière synthétique à structure ondulée pour obtenir une surface de contact optimale entre l'air et l'eau.
Ce média doit avoir une réaction au feu correspondant au moins à la catégorie A2 suivant l'A.R. du 2012-07-12 modifiant l'A.R. du 1994-07-07 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie.
La masse de ruissellement doit être aisément démontable et interchangeable.
- Les rampes de distribution d'eau en partie supérieure de la masse de ruissellement et leurs tuyaux d'alimentation sont en matière synthétique.
- La volute et la roue de la pompe de circulation doivent être en acier inoxydable ou en matériaux synthétiques.
La pompe doit être munie d'une protection contre la marche à sec.

2. Efficacité

L'efficacité d'humidification doit être au minimum de 80 %.

Elle doit être mesurée comme spécifié au point 6.8.4. de la norme NBN EN 13053 + A₁ (2011)

3. Distance libre d'humidification

L'installateur détermine les caractéristiques de la masse de ruissellement en fonction des exigences du cahier spécial des charges et de l'exigence d'efficacité d'humidification minimale imposée au point 2. ci-dessus.

De plus, une distance d'au moins 10 cm est laissée libre entre la masse d'humidification et l'éliminateur de gouttelettes.

4. Schéma de principe

La figure C11.5.-1 ci-après reprend les accessoires à prévoir pour un humidificateur à évaporation et pour la section d'humidification dans laquelle il est intégré (voir également l'art. C12. PAR. 6)

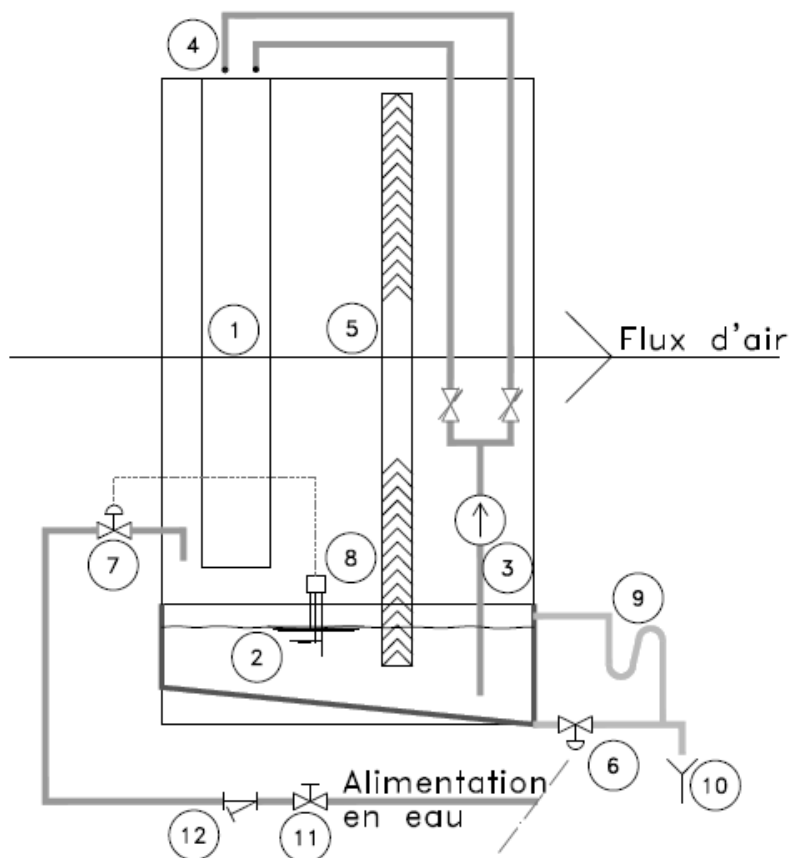


Fig. C11.5.-1

Légende :

- 1 – masse de ruissellement
- 2 – bac de récolte
- 3 – pompe
- 4 – rampe(s) de distribution d'eau
- 5 – séparateur de gouttelettes (le cas échéant)
- 6 – robinet de vidange automatique
- 7 – robinet motorisé pour alimentation en eau
- 8 – détecteur de niveau pour alimentation en eau
- 9 – trop plein
- 10 – évacuation à l'égout (voir Fig. C12.6-1 à C12.6-3)
- 11 – robinet d'isolement sur l'alimentation en eau
- 12 – filtre

5. Exigences pour l'eau d'alimentation

Mêmes impositions que celles reprises sous le point 5 du PAR 4. ci-dessus.

ARTICLE C11. PAR. 6. HUMIDIFICATEUR À VAPEUR NON AUTONOME

1. Exigences constructives

- Les humidificateurs à vapeur sont principalement constitués d'un séparateur air-eau, d'un robinet de régulation motorisé, d'une (ou des) rampe(s) d'injection de vapeur et des accessoires pour l'évacuation des condensats.
- Dans le séparateur doit s'opérer une totale séparation de la phase vapeur et liquide (condensats éventuellement encore présents dans la vapeur) par passage sur des déflecteurs mécaniques et/ou de type cyclonique.
- La vapeur injectée doit être supplémentaiement séchée par le chauffage du tube d'injection par de la vapeur (soit tout le débit, soit une partie dédiée du débit total) circulant dans une enveloppe concentrique autour du tube d'injection.
Le condensat formé dans la double enveloppe doit être éliminé soit par le purgeur en aval du séparateur, soit par un purgeur thermostatique spécifique.
La rampe d'injection doit être conçue pour une distribution équilibrée sur tous les orifices de sortie de vapeur.
- Le robinet de régulation et son servomoteur doivent être montés en usine sur l'humidificateur.
Le robinet doit être spécialement conçu pour obtenir une bonne modulation du débit ; et ce jusqu'à au moins 5% du débit nominal de l'humidificateur.
Le robinet de régulation doit automatiquement se mettre en position fermée en cas de manque de courant.
- Les condensats qui se forment dans le séparateur doivent être évacués par l'intermédiaire d'un purgeur de condensats mécanique à flotteur inversé ouvert.
Les condensats de démarrage à froid doivent être évacués avant le fonctionnement de l'humidificateur.
A cette fin un thermostat de contact doit être placé en amont du purgeur, qui empêche que le robinet de réglage ne s'ouvre avant qu'une température minimale ne soit atteinte (100°C).
- L'injection de vapeur doit toujours s'effectuer à contre-courant du flux d'air.
- La vapeur d'alimentation aura une pression de maximum 4 bars ; tout en étant de préférence supérieure à 2 bars.
Les instructions des fabricants des humidificateurs sont à respecter scrupuleusement à ce sujet.
En cas de raccordement sur un réseau de vapeur de pression supérieure au maximum admis, il incombe à l'installateur de prévoir un poste de détente de vapeur pour chaque alimentation.
- Les circuits de commande sont prévus de telle façon que l'arrivée de vapeur à l'humidificateur se ferme automatiquement ou reste fermée par :
 - absence de flux d'air ;
 - réaction d'un hygrostat de limite haute (réglable) dans l'air pulsé ;
 - température en amont purgeur < 100 °C.

2. Efficacité

Comme l'humidification par injection de vapeur est un processus isotherme, et non adiabatique comme pour les humidificateurs à eau, la définition de l'efficacité d'humidification donnée au point 6 du PAR 1. ci-dessus n'est pas d'application.

Pour les humidificateurs vapeur la conception doit être telle que 100% de la vapeur injectée soit absorbée par l'air.

3. Distance libre d'humidification

Pour les humidificateurs à vapeur la distance libre d'humidification doit coïncider avec le parcours minimal d'humidification, tel que défini au point 7. du PAR 1. ci-dessus.

Pour les humidificateurs à vapeur intégrés dans une section d'humidification d'un caisson de traitement d'air ou placés dans des conduits d'air de grandes dimensions, il se peut que l'humidificateur doive être constitué de rampes multiples.

La sélection du nombre de rampes à installer est à faire par le fabricant et doit impérativement tenir compte de :

- La température et l'humidité relative au droit des rampes de distribution ;
- La vitesse de l'air dans le groupe ou le conduit d'air ;
- Les dimensions de l'environnement immédiat des rampes ;
- Le débit de vapeur maximum de l'humidificateur ;
- La distance libre avant le premier obstacle rencontré dans le flux d'air en aval de l'humidificateur.

4. Schéma de principe

La figure C11.6.-1 ci-après reprend les accessoires à prévoir pour un humidificateur à vapeur raccordé sur un réseau externe de vapeur.

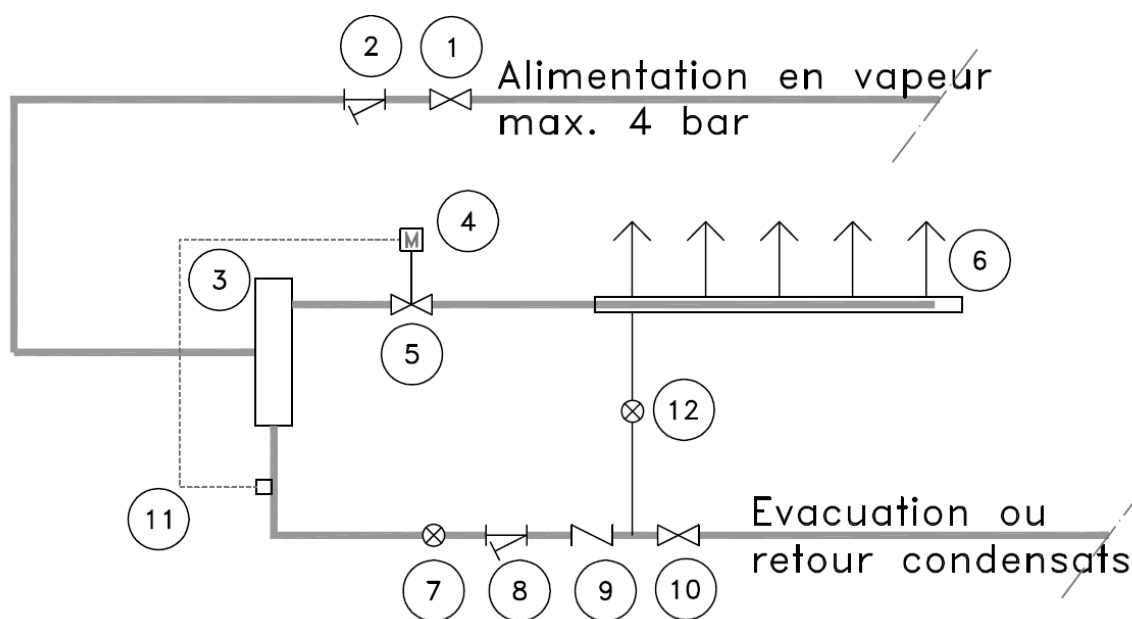


Fig. C11.6.-1

Légende :

- 1 – robinet d'isolement sur amenée de vapeur
- 2 – filtre sur amenée de vapeur (avec tamis en acier inoxydable)
- 3 – séparateur d'eau
- 4 – servomoteur de régulation
- 5 – robinet de régulation
- 6 – rampe d'injection
- 7 – purgeur de condensats (*)
- 8 – filtre sur évacuation des condensats (*)
- 9 – clapet anti-retour (*)
- 10 – robinet d'isolement sur évacuation des condensats

(*) les éléments 7, 8 et 9 peuvent être remplacés par un purgeur avec filtre et clapet anti-retour intégrés.

5. Montage

La pose des rampes d'humidification et des accessoires doit se faire de manière strictement conforme aux règles de l'art précisées par le constructeur.

5.1. Montage en conduit d'air

En conduit d'air les rampes d'injection de vapeur se placent de préférence en position horizontale. Dans des cas exceptionnels un montage vertical est envisageable.

Entre la rampe d'injection et toute pièce spéciale (telle que déviation ou coude) ainsi que tout obstacle, il doit être prévu un tronçon libre de conduit droit de longueur égale à au moins la longueur libre d'humidification (LLH).

Toute sonde d'humidité ou hygromètre de limite haute sera de préférence placé à une distance à partir de la rampe d'injection égale à 5 fois LLH.

5.2. Montage en caisson de traitement d'air

En section d'humidification des caissons de traitement d'air les rampes d'injection de vapeur se placent en position horizontale.

Distances libres à respecter entre la (les) rampe(s) d'injection et les éléments suivants :

- Ventilateur : 1 x LLH
- Filtre F9 : 2 x LLH
- Filtre absolu : 3 x LLH

ARTICLE C11. PAR. 7. HUMIDIFICATEUR À VAPEUR ÉLECTRIQUE AUTONOME

1. Exigences constructives

1.1. Principes techniques

Les humidificateurs à vapeur sont du type générateur autonome à résistances électriques.

Dans ce type d'humidificateurs, la mise en température et la vaporisation de l'eau s'effectuent soit à la pression atmosphérique, soit en légère surpression au moyen de résistances immergées du type barre ou serpentín.

La vapeur est générée dans une cuve à vapeur en acier inoxydable, équipée d'un système d'alimentation en eau automatique.

1.2. Alimentation en eau

La tuyauterie d'alimentation en eau de l'appareil doit être équipée d'un filtre et d'un robinet d'arrêt (ou d'un élément combiné filtre – robinet d'arrêt).

Le niveau d'eau dans la cuve à vapeur est continuellement surveillé par une unité de régulation automatique de niveau.

Cette unité est équipée d'un interrupteur de niveau de sécurité qui interrompt l'alimentation des résistances et active une alarme en cas de niveau insuffisant.

1.3. Drainage automatique

Suite au phénomène d'évaporation la teneur en minéraux de l'eau de la cuve à vapeur s'accroît.

Pour limiter cette concentration une partie de l'eau contenue dans la cuve à vapeur doit être évacuée automatiquement et remplacée par de l'eau fraîche avec des intervalles qui varient automatiquement en fonction de la production de vapeur et de la teneur en minéraux de l'eau d'alimentation (p. ex. mesurée au moyen d'électrodes de mesure de la conductivité).

Indépendamment de la concentration des minéraux dans l'eau d'alimentation, le module de contrôle du système de drainage automatique prévoit au moins un cycle de drainage sur base d'un délai maximum, basé sur la quantité de vapeur produite ; ceci est valable également dans le cas de l'alimentation de l'appareil en eau déminéralisée.

1.4. Evacuation des dépôts de calcaire

Quand les appareils sont alimentés en eau de ville non traitée – même avec le système de drainage automatique – il se forme des dépôts de sels minéraux dans le fond de la cuve à vapeur.

Cette cuve est à équiper d'éléments permettant d'éliminer et d'évacuer ces dépôts (p. ex. collecteur de calcaire placé en-dessous de la cuve à vapeur).

1.5. Régulation

La production de vapeur doit pouvoir être réglée de façon modulante de 0% à 100% de la puissance nominale.

A cette fin l'humidificateur est doté d'un module de régulation et de contrôle équipé de microprocesseurs, qui permet les deux modes de régulation suivants :

- Soit une régulation modulante "autonome" sur base d'une sonde de régulation de l'humidité relative (HR) et d'une sonde HR "limite haute" ; ce régulateur interne doit être de type PI.
- Soit la liaison avec un signal de régulation provenant d'un régulateur externe (sous un mode standard, tel que 0-5 V, 0-10 V, 4-20 mA, ...)

Le module de régulation et de contrôle doit pouvoir maintenir l'eau de la cuve à une température minimale, afin de réduire le temps de réponse de l'humidificateur après une période sans demande.

Toutes les fonctions de contrôle et de régulation doivent être rassemblées sur un panneau frontal comprenant :

- Un compteur horaire d'exploitation pour gérer la programmation des opérations de maintenance ;

- Les lampes-témoins pour affichage de production de vapeur ou d'un éventuel dérangement et les touches marche/arrêt et rinçage manuel ;
- Un portillon qui donne accès aux éléments électroniques de l'appareil pour le réglage des différents microprocesseurs et contient les bornes de raccordement pour un circuit de sécurité externe (un asservissement à la ventilation et un hygrostat à maxima)
- Un système de diagnostic de dérangement donnant le code référant l'explication du dérangement ;
- Une sécurité "manque d'eau" ;
- Une sécurité de débordement et un système de régulation de niveau d'eau auto-adaptif comportant des contacts ;
- Un contact d'alarme "général" pour le report à distance ;
- Si le cahier spécial des charges le demande, toutes les fonctionnalités du régulateur doivent être accessibles à distance à l'aide des protocoles MODBUS, BACnet ou LonWorks.

1.6. Armoire

L'ensemble des éléments constituant de l'humidificateur doit être intégré dans une armoire métallique, revêtue d'une peinture adéquate et équipée de portes avec clef, pour éviter tout accès par des personnes non qualifiées.

2. Distance libre d'humidification

Les exigences sont identiques à celles reprises sous le point 3 du PAR 6. ci-dessus pour les humidificateurs à vapeur non autonomes.

3. Montage

3.1. Généralités

La distribution de vapeur en conduit d'air ou en caisson de traitement d'air se fait à l'aide d'une (de) rampe(s) d'injection en acier inoxydable, conçue(s) pour une diffusion uniforme sur toute la longueur de la rampe.

Les rampes doivent être disponibles en diverses longueurs pour reprendre toute la largeur du conduit d'air dans lequel elles sont placées.

La liaison entre l'humidificateur et la (les) rampes(s) d'injection doit être réalisée avec des tuyaux flexibles conçus à cet effet. Le tracé de cette tuyauterie doit se faire de manière à éviter toute accumulation de condensats. Il est nécessaire d'éviter la formation de points bas ou de siphons dans lesquels les condensats pourraient stagner.

Les condensats qui se forment dans le tuyau de transport de vapeur et dans la rampe d'injection doivent être évacués. Cela se fait par gravité à l'aide d'un tuyau flexible conçu à cet effet.

Pour éviter tout échappement de vapeur non condensée à travers le tuyau d'évacuation des condensats, il est nécessaire de réaliser un siphon dans celui-ci (p. ex. en créant une boucle sur une partie du tuyau de drainage).

Tous les accessoires de distribution de la vapeur (rampes, tuyaux flexibles pour vapeur et pour condensats, ...) doivent provenir du fournisseur de l'humidificateur et être placés selon ses recommandations.

3.2. Emplacement des rampes d'injection

Pour l'emplacement de montage des rampes d'injection dans les conduits d'air ou dans les caissons de traitement d'air, il est renvoyé aux points 5.1. et 5.2. du PAR 6. ci-dessus.

4. Exigences pour l'eau d'alimentation

Les humidificateurs à vapeur du type générateur autonome à résistances sont à alimenter :

- Soit avec de l'eau potable non traitée
- Soit avec de l'eau totalement déminéralisée.

ARTICLE C12. CAISSONS DE TRAITEMENT D’AIR**CONTENU**

ARTICLE C12. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES	4
ARTICLE C12. PAR. 1. DEFINITIONS.....	6
ARTICLE C12. PAR. 2. CONSTRUCTION	11
1. TYPE DE CONSTRUCTION.....	11
1.1 STRUCTURE	11
1.2 PONT THERMIQUE	11
1.3 ASSEMBLAGE	11
1.4 PAROIS DOUBLES	11
1.5 ACOUSTIQUE.....	11
1.6 INSTITUTIONS DE SANTÉ.....	11
2. RÉSISTANCE MÉCANIQUE	12
2.1 RIGIDITÉ ET DÉFORMATION.....	12
2.2 FIXATION ET RACCORDEMENT DES CENTRALES DE TOITURE	13
3. ETANCHÉITÉ.....	13
3.1 OUVERTURES D’INSPECTION ET PANNEAUX DÉMONTABLES	13
3.2 JOINTS.....	13
3.3 L’ÉTANCHÉITÉ À L’EAU ENTRE LA CENTRALE DE TOITURE ET LE TOIT	14
3.4 PERCEMENTS POUR CONDUITS D’AIR	14
4. DIMENSIONS.....	14
4.1 PÉRIMÈTRE LIBRE.....	14
4.2 RÉNOVATION OU MODIFICATION D’INSTALLATION	14
4.3 CHEVAUCHEMENT	15
5. CLASSIFICATION ET PERFORMANCES DU CAISSON DE TRAITEMENT D’AIR.....	16
5.1 GÉNÉRALITÉS	16
5.2 VITESSES D’AIR DANS LE CAISSON	16
6. EXIGENCES EN MATIÈRE D’HYGIÈNE POUR DES APPLICATIONS SPÉCIALES	17
6.1 GÉNÉRALITÉS	17
6.2 ACCESSIBILITÉ	17
6.3 RÉGULARITÉ DES SURFACES.....	17
7. CENTRALES DE TOITURE.....	17
8. ÉCLAIRAGE DES SECTIONS ET FENÊTRE D’INSPECTION.....	17
8.1 GÉNÉRALITÉS.....	17
8.2 L’ÉCLAIRAGE.....	17
8.3 LA FENÊTRE D’INSPECTION.....	18
8.4 EXIGENCES.....	18
ARTICLE C12. PAR. 3. LA SECTION VENTILATEUR	19
1. EMBLACEMENT DU VENTILATEUR ET DU MOTEUR.....	19
1.1 LE VENTILATEUR.....	19
1.2 LE MOTEUR.....	19
2. LES MATÉRIAUX CONSTITUANT LE VENTILATEUR.....	19
3. TYPE DE VENTILATEUR	19
3.1 GÉNÉRALITÉS	19
3.2 DISTANCE LIBRE D’ASPIRATION.....	19
4. LA SECTION VENTILATEUR	20

4.1	ASPECTS DE MAINTENANCE.....	20
4.2	SÉCURITÉ.....	20
4.3	ECLAIRAGE.....	21
4.4	PLACEMENT.....	21
5.	EXIGENCES ACOUSTIQUES.....	21
ARTICLE C12. PAR. 4. LA SECTION FILTRE.....		22
1.	MATÉRIAUX ET STABILITÉ.....	22
1.1	CORROSION.....	22
1.2	BY-PASS.....	22
1.3	CADRE.....	23
2.	ACCÈS ET CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES.....	23
2.1	ACCÈS.....	23
2.2	CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES.....	23
ARTICLE C12. PAR. 5. LA SECTION BATTERIE.....		24
1.	MATÉRIAUX ET MODES DE CONSTRUCTION.....	24
2.	RÉPARTITION DE L'AIR.....	24
3.	DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LES BATTERIES DE REFROIDISSEMENT ET DE DÉSHUMIDIFICATION.....	24
ARTICLE C12. PAR. 6. LA SECTION D'HUMIDIFICATION.....		26
1.	GÉNÉRALITÉS.....	26
1.1	TYPES D'HUMIDIFICATEURS.....	26
1.2	EXIGENCES GÉNÉRALES.....	26
2.	MATÉRIAUX.....	26
2.1	EXIGENCES GÉNÉRALES.....	26
2.2	MATÉRIAUX ADMIS POUR LES PAROIS DE LA SECTION.....	27
3.	CONSTRUCTION DE LA SECTION.....	27
3.1	LA SECTION D'HUMIDIFICATION PROPREMENT DITE.....	27
3.2	ÉLIMINATEUR DE GOUTTELETTES ET STABILISATEUR DE FLUX.....	28
3.3	LE BAC DE RÉCOLTE.....	28
ARTICLE C12. PAR. 7. LA SECTION REGISTRE, SECTION DE MÉLANGE D'AIR ET SECTION D'ASPIRATION OU DE REFOULEMENT D'AIR.....		31
1.	EXIGENCES FONCTIONNELLES.....	31
1.1	LES FONCTIONS.....	31
1.2	LES EXIGENCES FONCTIONNELLES.....	31
1.3	CARACTÉRISTIQUES À SOUMETTRE À L'APPROBATION.....	33
1.4	SENS DE ROTATION D'APRÈS LA FONCTION.....	34
2.	RÉGULATION.....	34
3.	CARACTÉRISTIQUES CONSTRUCTIVES DES REGISTRES.....	34
3.1	GÉNÉRALITÉS.....	34
3.2	LA LAMELLE.....	34
3.3	SURFACE D'APPUI ET DISPOSITIF DE COMMANDE.....	35
4.	CONSTRUCTION DE LA SECTION.....	36
4.1	SECTION REGISTRE.....	36
4.2	LA SECTION DE MÉLANGE.....	36
4.3	LA SECTION VIDE.....	37
4.4	LES SECTIONS D'ASPIRATION ET DE REFOULEMENT.....	37
ARTICLE C12. PAR. 8. L'ASSEMBLAGE.....		38
1.	LES FONCTIONS DE SÉCURITÉ.....	38
1.1	FONCTION DE SECOURS.....	38
1.2	LA PROTECTION CONTRE LE GEL.....	38
2.	UTILISATION DE SECTIONS VIDES.....	38

2.1	SECTION D'ACCÈS	38
2.2	SECTION DE TRANSFORMATION	38
2.3	SECTION D'HUMIDIFICATION LIBRE	38
2.4	SECTION DE MESURE	38
2.5	SECTION DE RÉCUPÉRATION DE PRESSION.....	39
3.	PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	39
4.	RACCORDEMENTS	39
4.1	RACCORDEMENTS HYDRAULIQUES	39
4.2	RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES.....	39
5.	ASSEMBLAGE DES SECTIONS	39
ARTICLE C12. PAR. 9. SECTION DES RECUPERATEURS DE CHALEUR		40
1.	EXIGENCES GÉNÉRALES.....	40
2.	EXIGENCES SPÉCIFIQUES.....	40
ARTICLE C12. PAR. 10. PERFORMANCES THERMIQUES		41
1.	ISOLATION THERMIQUE.....	41
1.1	GÉNÉRALITÉS	41
1.2	COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE.....	41
1.3	PONTS THERMIQUES.....	41
1.4	RISQUES DE CONDENSATION.....	42
1.5	EXIGENCES POUR LE MATÉRIAU.....	42
2.	FUITES.....	43
2.1	GROUPES DE TRAITEMENT D'AIR FONCTIONNANT SOUS PRESSION NÉGATIVE.....	43
2.2	GROUPES DE TRAITEMENT D'AIR FONCTIONNANT SOUS PRESSION NÉGATIVE ET POSITIVE....	44
2.3	EXIGENCES DE RÉSULTATS	44
ARTICLE C12. PAR. 11. PERFORMANCES ACOUSTIQUES		45
1.	BRUIT AÉRIEN.....	45
1.1	LES APPAREILS COMME SOURCES DE BRUIT	45
1.2	LE CAISSON DE TRAITEMENT D'AIR COMME SOURCE DE BRUIT.....	46
2.	VIBRATIONS.....	46
2.1	EXIGENCES CONCERNANT LES ENSEMBLES MOTEUR-VENTILATEUR	46
2.2	EXIGENCES CONCERNANT LES CAISSONS DANS LEUR ENSEMBLE.....	46
2.3	RACCORDEMENT AUX CONDUITS D'AIR.....	47
3.	IMPLANTATION CRITIQUE	47
ARTICLE C12. PAR. 12. PERFORMANCES VIS-A-VIS DE LA CORROSION		48
1.	EXIGENCES GÉNÉRALES.....	48
2.	EXIGENCES PARTICULIÈRES	48
ARTICLE C12. PAR. 21. DISPOSITIONS DEVANT FIGURER AU CAHIER SPECIAL DES CHARGES ET INFORMATIONS A FOURNIR PAR L'ENTREPRENEUR		50
1.	DISPOSITIONS DEVANT FIGURER AU CAHIER SPÉCIAL DES CHARGES.....	50
2.	INFORMATIONS À FOURNIR PAR L'ENTREPRENEUR.....	50

ARTICLE C12. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
ISO 13348	Ventilateurs industriels — Tolérances, méthodes de transposition et présentation des données techniques.	2007
ISO 1940-1	Vibrations mécaniques -- Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage pour les rotors en état (rigide) constant -- Partie 1: Spécifications et vérification des tolérances d'équilibrage	2005
NBN EN 1216+A1	Échangeurs thermiques — Batteries à ailettes à circulation forcée — Procédures d'essai pour la détermination des performances	02/2003
NBN EN 13053+A1	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air - Classification et performance des unités, composants et sections	08/2011
NBN EN 13284-1	Emissions de sources fixes - Détermination de la faible concentration en masse de poussières - Partie 1 : Méthode gravimétrique manuelle	02/2002
NBN EN 13284-2	Emissions de sources fixes - Détermination de la faible concentration en masse de poussières - Partie 2: Systèmes automatiques de mesure	10/2004
NBN EN 13779	Ventilation dans les bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation	09/2007
NBN EN 1717	Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour	02/2001
NBN EN 1751	Ventilation des bâtiments - Bouches d'air - Essais aérodynamiques des registres et clapets	05/1999
NBN EN 1886	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air - Performances mécaniques	03/2008
NBN EN 1991-1-4	Euro code 1 : Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale	12/2010
NBN EN 308	Échangeurs thermiques — Procédures d'essai pour la détermination de la performance des récupérateurs de chaleur air/air et air/gaz	02/1997
NBN EN 60034-30	Machines électriques tournantes - Partie 30 : Classes de rendement pour les moteurs à induction triphasés à cage, mono vitesse (Code IE)	2009
NBN EN 60079-0	Atmosphères explosives - Partie 0: Matériel - Exigences générales	12/2012
NBN EN 60079-1	Atmosphères explosives - Partie 1: Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes "E"	2007
NBN EN 61310-1	Sécurité des machines - Indication, marquage et manœuvre - Partie 1 : Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles	2009
NBN EN 779	Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules — Exigences, essais, marquage	05/2012
NBN EN ISO 12100	Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque et réduction du risque (ISO 12100:2010)	12/2010
NBN EN ISO 1461	Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai (ISO 1461:2009)	10/2009

CAHIER DES CHARGES TYPE N° 105

NBN EN ISO 14713-1	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion (ISO 14713-1:2009)	02/2010
NBN EN ISO 14713-2	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 2: Galvanisation à chaud (ISO 14713-2:2009)	02/2010
NBN EN ISO 14713-3/AC	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 3: Shérardisation (ISO 14713-3:2009)	02/2010
NBN EN ISO 2063	Projection thermique - Revêtements métalliques et inorganiques - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux (ISO 2063:2005)	05/2005
NBN EN ISO 291	Plastiques - Atmosphères normales de conditionnement et d'essai (ISO 291:2008)	06/2008
NBN EN ISO 5167-1	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 1 : principes généraux et exigences générales (ISO 5167-1:2003).	05/2003
NBN EN ISO 5801	Ventilateurs industriels — Essais aérauliques sur circuits normalisés.	03/2009
NBN EN ISO 844	Plastiques alvéolaires rigides - Détermination des caractéristiques de compression (ISO 844:2007)	09/2009
NBN EN ISO 9223	Corrosion des métaux et alliages - Corrosivité des atmosphères - Classification, détermination et estimation	03/2012
NBN P 21-001	Aluminium et alliages d'aluminium d'usage courant pour produits corroyés	1985
NBN S 01-401	Acoustique - Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments	1987
NBN S 21-207	Protection contre l'incendie dans les bâtiments - Bâtiments élevés - Equipements thermiques et aérauliques	1987
VDI 2066	Particulate matter measurement - Dust measurement in flowing gases - Gravimetric determination of dust load	11/2006
STS 62	Tuyauteries sanitaires	1966
A.R. du 2012-07-12	Arrêté royal fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire.	MB 2012-09-21
Directive 1999/92/CE du Parlement européen et du conseil – ATEX 137	Concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives (quinzième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE)	1999-12-16 + mise à jour du 2007-06-27
Directive 94/9/CE du Parlement européen et du conseil - ATEX 95	Concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles	1994-03-23 + mise à jour du 2003-10-31
ISO 14644-1	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Partie 1: Classification de la propreté de l'air	1999
NBN 576-11	Acoustique – Courbes d'évaluation du bruit	1970
NBN EN 13501-1+A1	Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1: Classement à partir des données d'essais de réaction au feu	01/2010

ARTICLE C12. PAR. 1. DEFINITIONS

1. Le traitement d'air

Le traitement d'air comprend :

- la ventilation
- la climatisation

1.1 La ventilation

L'air déplacé peut être réchauffé, ou réchauffé et humidifié, ou même non traité après filtration (free-cooling) ; la ventilation peut éventuellement être prévue pour récupérer l'énergie.

1.2 Climatisation

La climatisation est une extension de la ventilation : en plus elle assure le refroidissement de l'air.

2. Les systèmes de traitement d'air

2.1 Le caisson de traitement d'air

Le caisson de traitement d'air est construit en plusieurs modules, ou en une seule pièce. Il contient les éléments nécessaires pour traiter l'air, de manière à ce que les exigences relatives au climat intérieur soient satisfaites. Le caisson comme tel comprend l'habillage des appareils ainsi que leurs points de support.

L'isolation thermique, l'isolation acoustique et les dispositifs d'amortissement des vibrations des appareils font également partie du caisson. Si le cahier spécial des charges prescrit un amortissement des vibrations du caisson lui-même, l'ensemble des amortisseurs et de la masse d'inertie éventuelle (à l'exclusion de tout autre dispositif antivibratoire) appartient au caisson.

Appartiennent aussi au caisson de traitement d'air : la cuve de récolte des condensats de la batterie de refroidissement et celle de l'humidificateur, y compris tous les accessoires nécessaires à l'approvisionnement et à l'évacuation de l'eau, à l'éclairage intérieur, et tous les éléments nécessaires au bon fonctionnement de l'installation (compteurs, ...).

Un caisson de climatisation est un caisson destiné au traitement d'air défini au point 1.2 ci-dessus.

2.2 Le groupe de traitement d'air

Le groupe est un ensemble comprenant le caisson et les appareils (y compris la récupération d'énergie) placés dans celui-ci.

Font également partie du groupe de traitement d'air : le système de commande électrique et de réglage des appareils et les protections électriques éventuelles, si celles-ci sont incorporées dans le caisson.

Le groupe multizone est un groupe de traitement d'air équipé d'une section de répartition d'air particulière, qui permet de répartir l'air traité entre différentes zones, chacune ayant ses conditions de confort propres. Les conditions inhérentes à chaque zone sont réalisées à l'aide de batteries secondaires de traitement, et à l'aide d'humidificateurs à vapeur éventuels, incorporés dans les conduits de pulsion des zones.

Un groupe de climatisation permet d'assurer la climatisation, telle que le définit au point 1.2 ci-avant.

2.3 L'installation de traitement d'air

Une installation de traitement d'air comprend un ou plusieurs groupes de traitement d'air, une unité de production calorifique (centrale), y compris le système de commande et de régulation, et/ou une unité de production frigorifique (centrale), équipée d'un système de commande et de régulation, pour autant que l'unité de production calorifique et/ou frigorifique fonctionne exclusivement pour alimenter les groupes de traitement d'air.

Lorsque les deux unités de production sont présentes, on parle d'une installation de climatisation.

2.4 Le système de traitement d'air

Le système de traitement d'air comprend un ou plusieurs groupes de traitement d'air, ou installations, le réseau de conduits, les unités intermédiaires et terminales, y compris les systèmes de commande et de réglage correspondants.

Si les conditions du point 1.2. sont remplies, on parle d'un système de climatisation.

2.5 Alarmes, commande centrale

Les alarmes inhérentes au bon fonctionnement du groupe, de l'installation ou du système en font intégralement partie.

Ni un système d'alarme centralisé, ni un système de commande ou de réglage à partir d'un tableau de contrôle centralisé, n'appartiennent aux ensembles mentionnés ci-dessus.

3. La centrale de toiture

La centrale de toiture est un groupe (ou une installation) de traitement d'air, conçu pour être placé à l'extérieur d'un bâtiment et posé sur la toiture.

La centrale de toiture est reliée au réseau de conduits d'extraction et/ou de pulsion soit directement (type I), soit par l'intermédiaire d'un ou plusieurs conduits installés en plein air (type II). Voir Fig. C12.1.-1 et Fig. C12.1.-2.

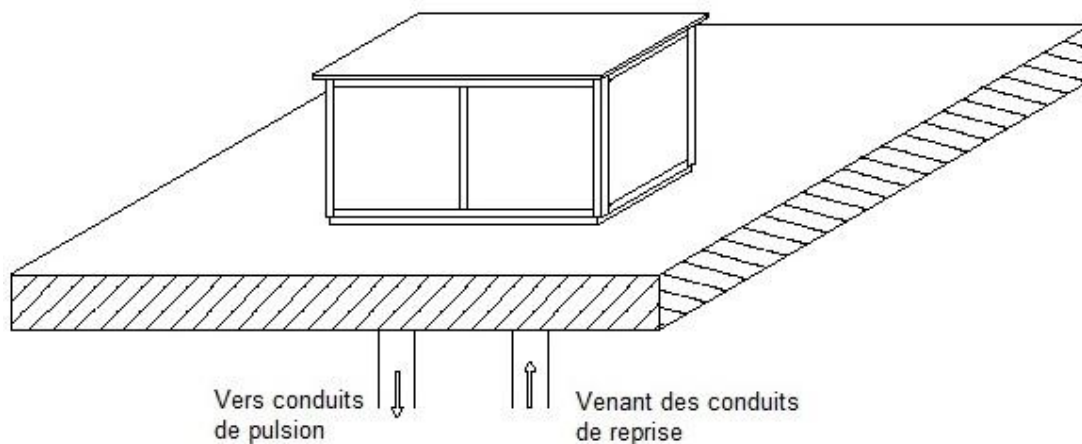


Fig. C12.1.-1 : Centrale de toiture type I

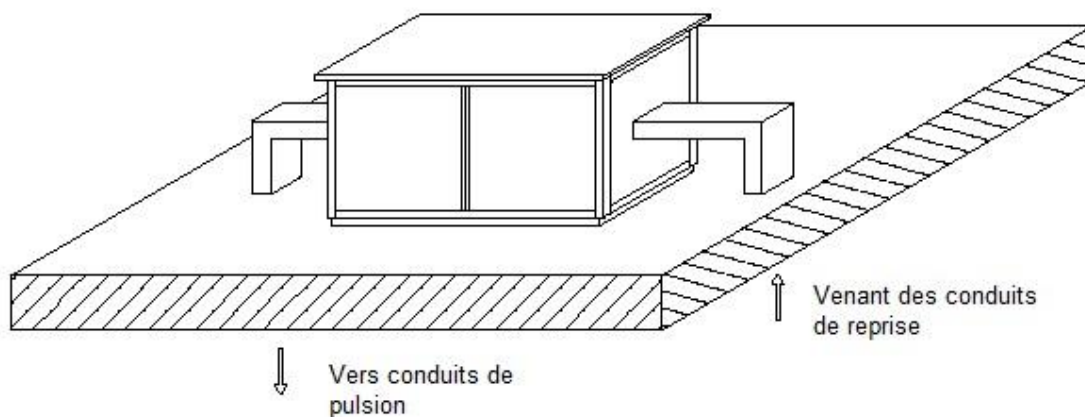


Fig. C12.1.-2 : Centrale de toiture type II

4. Implantation critique

On parle d'une "implantation critique" lorsqu'un local technique se trouve adjacent à un local où un confort acoustique très élevé est exigé.

Une centrale de toiture est dite "implantée de manière critique" lorsque l'onde sonore aboutit, quasiment non affaiblie, sur une paroi d'un local avec un indice d'évaluation du bruit \leq NR 35.

5. Le bloc ventilateur

Le bloc ventilateur est l'ensemble du ventilateur, du moteur et de la transmission éventuelle.

Dans le cadre des présentes prescriptions, le ventilateur et le moteur sont montés sur le même châssis lorsqu'il est question d'un bloc ventilateur.

6. Filtres

En ce qui concerne les définitions des filtres et leur classification voir art. C16. Par. 2 et 3.

Il faut noter que dans le texte ci-après, le châssis qui est fixé dans le groupe est appelé "châssis fixe". La structure portante du filtre est appelée "cadre du filtre". Les dimensions du châssis fixe correspondent donc aux dimensions brutes des filtres.

7. By-pass et facteur de by-pass

7.1 Facteur de by-pass (BF)

Le facteur de by-pass est une caractéristique propre aux batteries d'échange. Le résultat de l'échange calorifique est influencé par :

1. les caractéristiques physiques de la batterie
2. la vitesse de l'air au travers de la batterie
3. la fuite interne éventuelle autour des batteries

On obtient le BF en comparant les échanges calorifiques réel et théorique (quand l'air a atteint la température de surface moyenne de la batterie). La différence exprimée en pourcentage par rapport à la valeur théorique est égale au BF.

7.2 By-pass (BP) ou fuite interne

Le 3e phénomène cité en 7.1. ci-avant (fuite interne) n'est pas une caractéristique particulière des batteries. On le retrouve dans les autres équipements d'un groupe.

L'air peut en effet suivre dans un groupe un autre cheminement que celui qui le conduit au travers des appareils de traitement d'air. Le BP est le pourcentage d'air qui n'est pas traité.

8. Registres & Clapets

Les registres permettent d'arrêter le flux d'air et/ou d'en régler le débit.

8.1 Le registre

Le registre comprend une ou plusieurs lamelles, un cadre et un système mécanique de commande des lamelles.

8.2 Section à registres

La section à registres est un module du caisson de traitement d'air où se trouvent des registres.

8.3 Clapet de réglage

Le clapet de réglage est un registre qui permet d'ajuster le débit d'air ou la pression de l'air dans le système de traitement d'air suivant les demandes.

Le clapet de réglage est souvent à commande automatique, mais peut être également à commande manuelle.

Les clapets de réglage se présentent tant dans les groupes de traitement d'air que dans les conduits.

8.4 Registre de contournement (ou de by-pass)

Le registre de contournement est un registre qui permet de dériver une fraction du débit d'air à travers une partie du groupe dépourvue d'équipements, de façon telle que cette fraction ne soit pas traitée. Il a pour but de réaliser, en aval, un mélange dans des proportions déterminées, sans que la distribution de pression dans le caisson ne soit perturbée.

Le registre de contournement est donc un cas particulier du registre de réglage. On le retrouve uniquement dans les groupes de traitement d'air. Le réglage est toujours automatique.

8.5 Registre d'équilibrage

Le registre d'équilibrage est un clapet à commande manuelle placé dans un conduit afin d'y créer une perte de pression "artificielle", pour équilibrer le réseau.

Le registre d'équilibrage peut à la limite être constitué d'une tôle fixe qui, formant obstacle dans le conduit d'air, y réalise une perte de pression supplémentaire. Ceci n'est pas recommandé, vu que d'une part les caractéristiques d'un tel organe ne sont pas connues avec précision, la tôle étant fabriquée "sur mesure", et que d'autre part il n'existe pas de possibilité de réglage ultérieur. Ce type ne peut être appliqué que si le cahier spécial des charges le prescrit ou l'autorise explicitement.

8.6 Registre d'isolement

Le registre d'isolement est un registre qui permet de couper le flux d'air dans un système de traitement d'air.

Une application particulière est celle des registres d'entrée et de sortie d'air.

Le registre d'isolement peut être commandé manuellement ou automatiquement. On le trouve soit dans un groupe de traitement d'air, soit dans les conduits.

8.7 Clapet résistant au feu

Le clapet résistant au feu est un registre à commande automatique et autonome, ayant une résistance au feu déterminée.

En principe, les clapets coupe-feu sont placés dans le réseau de conduits.

8.8 Section, passage

On appelle "section" du caisson la superficie de sa section droite. La « section brute » est donc cette superficie, abstraction faite des appareils.

La « section nette » s'obtient en déduisant de la section brute la superficie occupée par les appareils.

Le « passage net du registre » est la superficie du passage libre offerte à l'air dans un clapet ; il dépend de l'angle d'ouverture.

9. Section d'air

Les "sections d'air" comprennent les sections vides, les sections de pulsion et d'aspiration et les sections de mélange.

9.1 Section vide

La section vide peut assurer l'une des fonctions suivantes

- créer ou favoriser un mode de courant
- réaliser une qualité de mélange d'air
- abriter un appareil de mesure et de contrôle
- permettre l'accès aux équipements

9.2 La section d'aspiration et la section de pulsion d'air

La section d'aspiration d'air canalise l'air aspiré. Elle comprend, dans le sens du flux d'air, des registres d'isolement et de réglage, éventuellement incorporés dans le conduit d'aspiration d'air.

La section de pulsion d'air dirige l'air vers la sortie du groupe. Elle comprend soit des registres d'isolement et de réglage, dans cet ordre, dans le sens du flux, soit uniquement des registres d'isolement.

9.3 Section de mélange

La section de mélange est un module du caisson de traitement d'air dans lequel sont mélangés l'air frais et l'air recyclé avant le traitement.

10. Le stabilisateur de flux

Le stabilisateur de flux est un appareil qui permet d'obtenir, en aval, un flux d'air uniforme. Le fonctionnement est fondé sur l'effet favorable du passage de l'air d'une section donnée à un grand nombre de sections plus petites, dont la somme est inférieure à la section initiale.

11. Institutions de santé

Une institution de santé est une institution qui a pour but d'améliorer la santé physique et/ou psychique de l'homme et/ou de la maintenir. Cette définition comprend également l'hospitalisation de longue durée, voire définitive, justifiée par des problèmes physiques ou psychiques.

12. Laboratoires

Dans le présent texte, cette appellation recouvre les bâtiments ou parties de bâtiments affectés à des expériences, recherches ou préparations scientifiques, ainsi que, par extension, les bâtiments ou parties de bâtiments dont la fonction requiert une qualité d'air supérieure, tels que les salles d'ordinateur, salles propres, etc.

13. Fonction de secours

La fonction de secours est celle décrite dans l'A.R. du 2012-07-12 (MB 2012-09-21) et ses adaptations.

14. Silencieux

Les silencieux sont des dispositifs qui limitent le bruit véhiculé par le système de traitement d'air dans les conduits, à des limites acceptables.

14.1 Silencieux à absorption

Ces silencieux agissent grâce au coefficient d'absorption élevé du matériau utilisé.

14.2 Silencieux à résonance

Ces silencieux amortissent le bruit du fait que les ondes sonores mettent en vibration le matériau qui les constitue et/ou l'air qu'il emprisonne. L'amortissement le plus élevé s'obtient au voisinage de la fréquence de résonance du matériau.

Ces silencieux sont donc appropriés au cas où le bruit à amortir présente une fréquence prédominante.

14.3 Silencieux à résonance et absorption

Ces silencieux combinent les avantages des deux types précédents. Les parties mises en résonance se trouvent du côté de la source sonore, le matériau absorbant étant disposé en seconde position.

ARTICLE C12. PAR. 2. CONSTRUCTION

1. Type de construction

Le caisson de traitement d'air est livré en une pièce, ou en plusieurs éléments.

Les centrales de toiture sont normalement en une seule pièce.

Le caisson d'une centrale de toiture peut être livré en éléments séparés, si le transport et/ou les caractéristiques du lieu d'implantation le nécessitent. Une attention particulière est consacrée au montage afin de limiter les fuites (voir Par. 10./2.). L'assemblage est effectué selon les instructions de montage du fabricant (voir L'assemblage Par. 8./5.).

1.1 Structure

Lorsque le caisson est livré en une seule pièce, sa construction est telle qu'une manipulation mécanique soit possible, sans dommage. Dans ce cas, le caisson est du type autoportant. Les prescriptions de manutention du constructeur doivent évidemment être respectées.

Chaque élément d'un caisson de traitement d'air modulaire est également autoportant.

1.2 Pont Thermique

Le caisson entier, de même que chaque élément, en cas de construction modulaire, est construit de telle façon qu'il n'existe pratiquement aucun pont thermique. Les ponts thermiques admis sont définis au Par. 10./1.3.

1.3 Assemblage

L'assemblage des caissons se fait boulonnage, ou rivetage, et à l'aide de joints souples. Ceci est valable tant pour la construction d'un élément que pour l'assemblage de ceux-ci (voir également le Par. 8 ci-après).

Une attention particulière est demandée pour les aspects de corrosion par contact et pour les percements, voir art. C40..

1.4 Parois doubles

Les parois des caissons doivent obligatoirement être de type double. Elles sont réalisées en tôles d'acier ou d'aluminium et l'espace entre parois est rempli d'un matériau isolant thermique. Les critères relatifs à l'isolation thermique sont définis au Par. 10./1.

La fabrication des parois doubles est réalisée de manière à ce qu'elles satisfassent aux exigences de l'amortissement phonique propres aux groupes de traitement d'air ; le cahier spécial des charges fixe les limites admises pour le niveau sonore produit ; les parois doubles doivent répondre à ce critère. Il va de soi que les prescriptions du point 2. - Résistance mécanique doivent être satisfaites.

Les épaisseurs minimales des tôles sont de 1 mm pour l'aluminium et de 0,7 mm pour les tôles en acier non traité et pour l'acier inoxydable.

Des parois doubles en matière synthétique armée sont autorisées, à condition qu'une épaisseur minimale de 1 mm soit respectée.

1.5 Acoustique

Sans préjudice de ce qui précède, la conception est telle qu'elle satisfasse aux impositions du chapitre D. du présent cahier des charges type.

1.6 Institutions de santé

Pour les institutions de santé, la finition intérieure des caissons doit être lisse, et l'assemblage réalisé de telle manière qu'aucune irrégularité n'apparaisse sur cette paroi intérieure (Voir Par. 2./6.3.).

2. Résistance mécanique

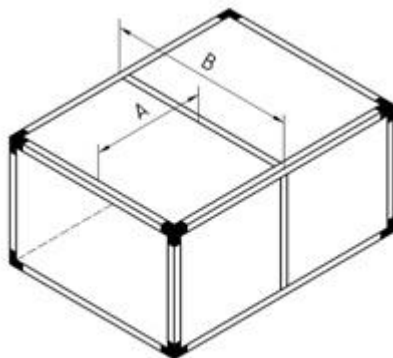
Le caisson de traitement d'air est fabriqué de telle manière qu'il possède une rigidité de forme satisfaisante vis-à-vis des surpressions ou dépressions, du poids d'un homme et des efforts dus au vent.

2.1 Rigidité et déformation

Le caisson est composé soit d'une ossature et de tôles, soit d'une tôle avec profilés de renfort, indépendants ou obtenus par pliage des tôles.

L'ensemble doit satisfaire aux exigences et classification de la NBN EN 1886 : 2008 §5.

La classe est déterminée par la plus grande des flexions mesurées sous pression.



A = Flexion du panneau & B = Flexion du cadre.

Fig. C12.2.-1: Rigidité et déformation.

La flèche maximale entre deux raidisseurs est limitée aux valeurs reprises dans le tableau C12.2.-1, sous la pression d'essai P_u de 1.000 Pa selon l'application en surpression ou en dépression (cfr NBN EN 1886 : 2008 – tableau 3 – pressions d'essai).

2.1.1 Classification de l'enveloppe

Classe d'enveloppe	Flexion relative maximale mm/m
D1	4
D2	10
D3	> 10
Note : L'essai de fuite doit être réalisé après l'essai de résistance.	

Tableau C12.2.-1: Classification de la résistance de l'enveloppe.

2.1.2 Exigences

La classe est spécifiée dans le cahier spécial des charges ; si celui-ci ne spécifie rien, la classe D2 est d'application.

Elle est de toute façon de Classe D1 pour les institutions de santé et les laboratoires.

La classe D3 n'est certainement pas autorisée.

Les enveloppes des classes D1 à D3 doivent résister à la pression maximale générée par le ventilateur à la vitesse de fonctionnement nominale du ventilateur. Aucune déformation permanente (hystérésis max $\pm 2,0$ mm par m de distance entre le panneau et le cadre) de la structure (structures et supports) ni aucun dommage à l'enveloppe ne doivent se produire.

En ce qui concerne les essais, ceux-ci sont décrits dans la norme NBN EN 1886 : 2008 §5.2..

L'entrepreneur doit fournir un certificat de contrôle délivré par un organisme de contrôle européen indépendant concernant la performance mécanique des caissons. (Voir Par. 21./0.).

La stabilité d'une centrale de toiture autoportante vis-à-vis des manipulations est contrôlée indépendamment de ce qui précède.

2.2 Fixation et raccordement des centrales de toiture

Le caisson d'une centrale de toiture et sa fixation à la toiture doivent être calculés en fonction des sollicitations dues au vent, conformément à la norme NBN EN 1991-1-4 ANB : 2010.

Le raccordement d'une centrale du type I à la toiture doit être absolument étanche à l'air. Ceci vaut également pour le raccordement d'une centrale de toiture de type II aux conduits d'air, et des conduits d'air à la toiture.

3. Etanchéité

3.1 Ouvertures d'inspection et panneaux démontables

Le caisson de traitement d'air est pourvu d'un certain nombre d'ouvertures d'inspection et d'accès. La forme et le nombre minimal de ces ouvertures sont donnés par section. Les ouvertures sont obturées au moyen de portes ou panneaux démontables.

En fonction de la qualité d'étanchéité à obtenir (voir Par. 10./2.), on prévoira éventuellement un dispositif de compression des joints.

3.2 Joints

Les présentes prescriptions traitent des joints entre sections -construction du caisson - et des joints autour des ouvertures dans les sections - construction des sections. En outre, l'attention est portée sur l'étanchéité des centrales de toiture.

3.2.1 Joint d'étanchéité

L'inétanchéité admise est précisée ci-après (Par. 10./2.). Si l'on peut satisfaire à ces exigences sans faire usage d'un joint, les prescriptions qui suivent deviennent sans objet. Si les sections sont rendues étanches à l'air par l'interposition d'un joint, avec ou sans dispositif de compression du joint, ce matériau répond aux prescriptions ci-dessous.

Ces joints :

- Sont du même type que celui avec lequel le test d'étanchéité à l'air a été réalisé;
- Doivent présenter la densité requise pour garantir l'étanchéité;
- Doivent être livrés par le fabricant des caissons de traitement d'air;
- Sont installés, autant que possible à l'usine;
- Sont fixés à l'installation sur place selon les instructions du fabricant de la caisson;
- Ne créent pas de pont thermique supplémentaire;
- Ne présentent pas de traces de vieillissement;
- Sont élastiques;
- Ne présentent pas de plastifiants qui peuvent être emportés par l'air;
- Sont en élastomère (par exemple EPDM);
- N'absorbent pas l'humidité;
- Ne sont pas un terrain fertile pour les micro-organismes;
- Ne sont pas une source d'attraction pour les oiseaux / la vermine;
- Ne sont pas électrostatiques, et donc n'attirent pas la poussière;
- Sont nettoiables;
- Ne dégagent pas de fumées toxiques lorsque chauffés;
- N'émettent pas de particules dans le courant d'air, quelle que soit la vitesse de l'air;
- Supportent des températures de -10°C à 120°C;
- Doivent être inertes aux poussières contenues dans le milieu en mouvement. (une attention particulière doit y être portée lorsque le milieu en mouvement contient des particules d'huile ou des hydrocarbures.)

3.2.2 Couvre joint pour centrales de toiture

Pour les centrales de toiture, il est obligatoire d'utiliser de l'EPDM qui répond à toutes les caractéristiques du point 3.2.1. ci-avant.

En outre, tous les joints (horizontaux et verticaux) visibles de l'extérieur d'une centrale de toiture modulaire sont couverts d'un couvre-joint métallique (composé de la même matière que le caisson et d'un joint en caoutchouc naturel ou synthétique), ceci pour protéger le joint d'étanchéité contre les influences extérieures (intempéries, UV, les dommages mécaniques, etc.).

Ces couvre-joints ont une sur-largeur sur tous les côtés et ne peuvent donner lieu, en aucun cas, à des fuites d'air supplémentaires au travers des parois de la centrale.

Le couvre-joint en caoutchouc ou en matériau synthétique est appliqué sur le joint et résiste aux influences atmosphériques et aux rayons ultra-violets.

3.3 L'étanchéité à l'eau entre la centrale de toiture et le toit

L'étanchéité à l'eau entre la centrale de toiture et le toit est assurée à deux niveaux.

Il y a tout d'abord l'étanchéité entre le socle de fondation et la toiture. S'il n'y a pas de socle de fondation séparé, cette étanchéité s'opère entre le châssis du caisson et la toiture. Le revêtement d'étanchéité de la toiture n'est pas enlevé, excepté au droit des ouvertures servant aux prises d'air du type I.

Une seconde couche d'étanchéité est mise en place suivant les méthodes conventionnelles de recouvrement des toitures, autour du châssis ou du caisson - de manière telle qu'elle forme un joint parfaitement étanche à l'eau. Le cahier spécial des charges stipule les dimensions et la qualité de cette couche.

Le joint entre le châssis et le caisson est protégé par un cadre en encorbellement monté sur la totalité du pourtour du groupe. Le cadre se prolonge au moins 1,5 cm plus bas que le bord inférieur du joint et sa projection horizontale est également d'au moins 1,5 cm.

3.4 Percements pour conduits d'air

L'étanchéité à l'eau entre les conduits du type II et la toiture est assurée suivant le même procédé que celui décrit pour l'étanchéité entre le socle de fondation et la toiture (voir point 3.3 ci-dessus).

Si le cahier spécial des charges prévoit que les conduits passent dans un manchon, le revêtement d'étanchéité remonte autour du manchon assurant ainsi l'étanchéité entre le conduit et le manchon.

4. Dimensions

Afin de permettre les travaux d'entretien, il est indispensable que l'entrepreneur indique les zones d'accès (périmètre libre) en fonction des prescriptions mentionnées ci-après.

4.1 Périmètre libre

On obtient le périmètre libre en reportant latéralement, sur le plan d'implantation du caisson, au droit des ouvertures des portes, la largeur de la section, ceci des deux côtés pour les sections du caisson disposant d'une ouverture de chaque côté.

A ces zones d'entretien ainsi définies, on ajoute une zone périphérique de 0,70 m de large. La figure ainsi obtenue détermine le périmètre libre qui doit être inclus dans le local technique.

Dans le local technique il est permis de limiter le périmètre libre, si celui-ci est adjacent à un autre local à doubles portes de façon telle que la zone d'entretien soit située complètement ou en partie dans le local adjacent et que l'appareillage soit accessible porte ouverte.

Voir également les figures C12.2.-2 et C12.2.-3 ci-après. Ces figures n'entraînent aucune obligation en ce qui concerne la possibilité de prévoir des ouvertures sur les deux faces. Elles indiquent tout au plus la disposition préférentielle.

4.2 Rénovation ou modification d'installation

Dans le cas de rénovation, de renouvellement ou de modification des installations, il est admis de supprimer le passage périphérique à condition de garder au moins la largeur de la section de la

caisson du côté des portes d'inspection. Si la largeur de la caisson est inférieure à 0,7m, une largeur hors tout de 0,70 m devrait suffire.

4.3 Chevauchement

Il est admis que le périmètre libre d'un équipement recouvre le périmètre libre d'un équipement ou caisson adjacent sans toutefois chevaucher la projection horizontale de cet autre équipement ou caisson.

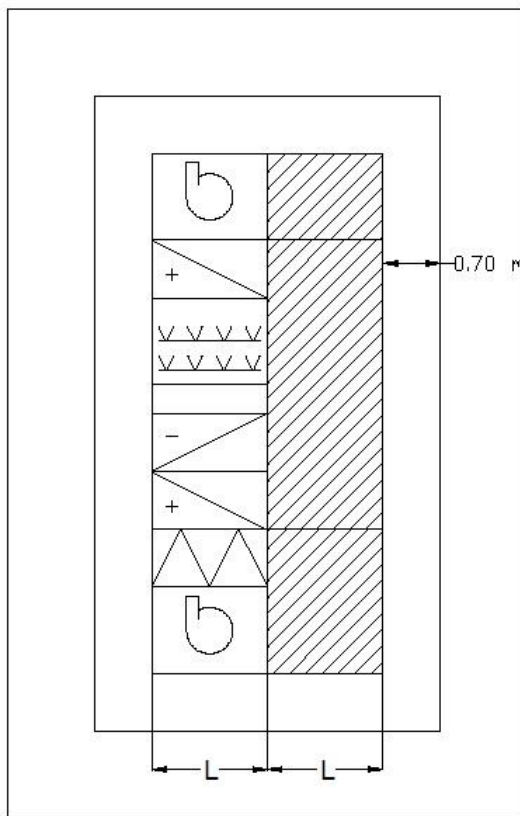


Fig. C12.2.- 2 Périmètre libre : cas normal

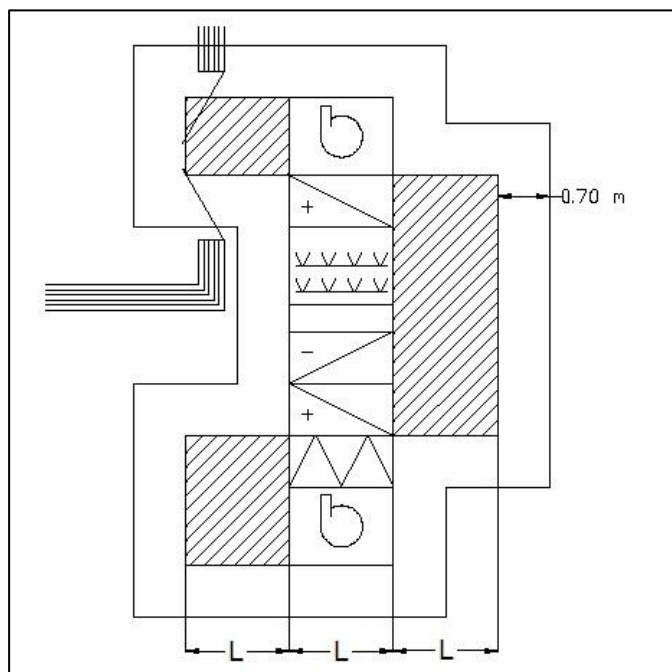


Fig. C12.2.- 3 Périmètre libre : cas spécial

5. Classification et performances du caisson de traitement d'air.

5.1 Généralités

Dans les paragraphes suivants les différentes sections du caisson de traitement d'air sont décrites sur la base de la norme NBN EN 13053+A1 : 2011.

La performance du caisson de traitement d'air doit être considérée dans son ensemble ; elle ne peut être définie comme la somme des performances de ses composants et sections individuels.

5.2 Vitesses d'air dans le caisson

La vitesse de l'air dans le caisson a une grande influence sur la consommation d'énergie.

La vitesse est basée sur la surface nette de la section de filtration du caisson, ou si aucun filtre n'est installé, elle est basée sur la surface nette de la section du ventilateur (cfr. NBN EN 13053 §6.3.).

La classe de vitesse de l'air dans le caisson doit être indiquée dans la fiche technique (voir Par. 21/0) selon le tableau C12.2.-2 ci-après.

Classe	Vitesse de l'air (m/s)
Classe V1	maximum 1,6
Classe V2	> 1,6 à 1,8
Classe V3	> 1,8 à 2,0
Classe V4	> 2,0 à 2,2
Classe V5	> 2,2 à 2,5
Classe V6	> 2,5 à 2,8
Classe V7	> 2,8 à 3,2
Classe V8	> 3,2 à 3,6
Classe V9	> 3,6

Tableau C12.2.-2 : Classe de vitesse d'air

La classe de vitesse d'air dans le caisson découle des impositions du chapitre B concernant le SFP, le rendement des récupérateurs de chaleur et les pertes de charges maximales pour certains éléments spécifiques des groupes de traitement d'air.

Sans préjudice de ces dispositions, il y a lieu de respecter les exigences suivantes :

- Pour les groupes de climatisation (Voir 1.2. Par. 1.) et pour les groupes de ventilation avec récupération d'énergie, la classe de vitesse maximale est limitée à la classe V4.
- Pour les groupes de ventilation sans récupération d'énergie, la classe de vitesse maximale est limitée à la classe V5.
- Pour un groupe d'extraction d'air sans autre section que le ventilateur, la classe de vitesse maximale est limitée à la classe V7.

Le cas échéant la classe de vitesse maximale doit être adaptée à la baisse pour respecter les impositions prioritaires du chapitre B.

L'entrepreneur renseigne dans les fiches techniques du groupe proposé la classe de vitesse. (voir Par.21./2.10)

6. Exigences en matière d'hygiène pour des applications spéciales

6.1 Généralités

Les caissons de traitement d'air soumis à des exigences élevées en matière d'hygiène (institutions de santé et laboratoires) doivent répondre aux exigences définies dans le présent paragraphe.

Il est renvoyé à ce sujet aux impositions de la norme NBN EN 13053+A1 : 2011.

6.2 Accessibilité

Les éléments des caissons de traitement d'air doivent être accessibles en amont ou en aval via des trappes ou portes pour les opérations de nettoyage, ou ils doivent pouvoir être retirés facilement et en toute sécurité.

6.3 Régularité des surfaces

Les profilés ou joints semi-ouverts susceptibles d'accumuler des matières polluantes et de la poussière, et difficiles à nettoyer ne sont pas acceptés, en particulier sur le plancher de la centrale. Tous les matériaux fibreux et poreux, excepté les composants pouvant être remplacés, tels que des cartouches de filtre, doivent être protégés au moyen d'un matériau souple approprié pouvant supporter des nettoyages fréquents. Des percements de la paroi interne doivent être évités autant que possibles ; dans tous les cas, l'étanchéité à l'air devra être assurée.

7. Centrales de toiture.

La prise d'air neuf et le rejet d'air ne peuvent pas être situés de manière adjacente, sur le même côté de la centrale. Dans ce cas, il y a lieu de prévoir un caisson permettant la prise d'air latéralement à la centrale et de rejeter l'air latéralement sur la face opposée.

Les directives contenues dans les points A.2.1 "Généralités" (dans lequel le tableau A.1 reprend les classes REP pour l'air repris et RJT pour l'air rejeté) et A.2.2 «Emplacement des prises d'air » et A.2.3 "Emplacement des prises d'air rejeté "de l'annexe A « lignes directrices de bonnes pratiques » de la norme NBN EN 13779 doivent toujours être respectées.

8. Eclairage des sections et fenêtre d'inspection.

En référence à la norme NBN EN 13053+A1 : 2011 § 6 l'entrepreneur doit prévoir les dispositions reprises ci-après.

8.1 Généralités.

Les sections suivantes doivent être équipées de fenêtres d'inspection et d'un éclairage interne permettant de contrôler :

- les filtres,
- les humidificateurs,
- les ventilateurs
- Les section d'accès si elles sont spécifiées au Cahier Spécial des Charges (Voir Par.8./**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

8.2 L'éclairage.

L'éclairage est commandé depuis l'extérieur du caisson de traitement d'air. Les lampes sont du type à basse consommation d'énergie à allumage rapide. Le degré de protection est au moins IP65.

Il ne peut pas gêner la pose / dépose des filtres. Il doit permettre d'éclairer l'ensemble de la section.

Le câblage entre l'éclairage et l'interrupteur doit être réalisé par le fabricant du caisson de traitement d'air.

La pose des presse-étoupes doit garantir l'étanchéité et ne peut pas créer de pont thermique supplémentaire.

8.3 La fenêtre d'inspection.

La fenêtre d'inspection est à prévoir pour toutes les caissons de traitement d'air dont la hauteur intérieure est > à 900 mm. Elle couvre au moins la surface d'un disque d'un diamètre de 150 mm et son coefficient de transmission thermique (U) est $\leq 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Elle est posée dans la porte d'accès de manière à assurer l'étanchéité à l'eau et à l'air et à empêcher les vibrations.

8.4 Exigences.

L'entrepreneur doit présenter au fonctionnaire dirigeant la fiche technique de la fenêtre et de l'éclairage pour approbation.

ARTICLE C12. PAR. 3. LA SECTION VENTILATEUR

1. Emplacement du ventilateur et du moteur

1.1 Le ventilateur

L'emplacement du ventilateur dans le caisson est déterminé par le cahier spécial des charges.

1.2 Le moteur

- Pour les fluides non corrosifs et non explosifs le moteur se trouve dans le flux d'air.
- Pour des mélanges de gaz explosifs, le cahier spécial des charges précise l'analyse de risque, la classification de la zone conformément à la directive 1999/92/CE du Parlement européen et du conseil (ATEX) et la catégorie d'appareils à installer.

Le fabricant doit joindre le certificat de conformité de l'appareil EEX qui satisfera au marquage ATEX.

- Si le moteur se trouve en dehors du flux, il y a lieu de veiller à la limitation des fuites d'air par la transmission (voir point 4.4.2. ci-après).
- Les prescriptions relatives à l'emploi des caissons de traitement d'air en milieu corrosif sont, en ce qui concerne les caissons eux-mêmes reprises au Par.12. du présent article.

2. Les matériaux constituant le ventilateur

Les matériaux constituant le ventilateur déterminent les précautions à prendre pour le montage du ventilateur dans le caisson.

- Tout contact entre métaux différents doit être évité (cfr. art. C40.).
- Une attention particulière est apportée aux perforations, spécialement lorsque la couche protectrice de l'appareil et/ou du caisson est du type non galvanique (cfr.art. C40.).

3. Type de ventilateur

3.1 Généralités

Pour le choix du type de(s) ventilateur(s) et pour les impositions techniques correspondantes il est renvoyé à l'art. C13. du présent cahier des charges type.

3.2 Distance libre d'aspiration

3.2.1 Ventilateurs centrifuges

La distance libre (dans l'axe du ventilateur) entre une ouïe d'aspiration et une paroi du caisson ou tout autre obstacle est au moins égale à 50% du diamètre extérieur de la roue.

La distance libre (dans l'axe du ventilateur) entre les ouïes d'aspiration de deux ventilateurs juxtaposés est au moins égale au diamètre extérieur de la roue la plus grande.

3.2.2 Ventilateurs à roue libre

La distance libre (dans l'axe du ventilateur) entre la roue du ventilateur et une paroi du caisson ou tout autre obstacle est au moins égale à $0,5 \times D$ (diamètre extérieur de la roue).

La distance libre (dans l'axe du ventilateur) entre le refoulement et tout obstacle est au moins égale à D .

La dimension de la section (hauteur – largeur) est au moins égale à $1,8 \times D$.

4. La section ventilateur

4.1 Aspects de maintenance

La construction de la section permet un entretien facile :

- a) La construction de la section ventilateur est telle que l'alignement du ventilateur après montage ou remplacement puisse s'effectuer facilement.
- b) Le moteur et le système de transmission sont conçus "sans graissage".
- c) Si le ventilateur aspire de l'air fortement pollué (corrosif ou non), le Cahier Spécial des Charges décrit les mesures permettant de faciliter l'entretien périodique. Si l'air doit être considéré comme fortement pollué en tant que tel, il est stipulé par le concepteur dans le Cahier Spécial des Charges. Au minimum le fond de la section ventilateur est réalisé en pente vers un point muni d'une ouverture d'évacuation. L'évacuation est raccordée aux égouts suivant les règles de la technique sanitaire et est munie d'un bouchon fileté étanche (NBN EN 1717).
- d) La section ventilateur doit pouvoir être ouverte au moins sur une face, celle de la transmission moteur-ventilateur. Il y a au moins une porte d'accès de 55cm de large et maximum deux panneaux démontables afin de pouvoir extraire le moteur et le ventilateur.

Le remontage des panneaux ne peut occasionner aucune augmentation de la fuite (cfr Par. 10./2.)

4.2 Sécurité

- a) En ce qui concerne les prescriptions de sécurité, il y a lieu de se référer à la NBN EN 1886 : 2008 § 10 Protection contre l'incendie et § 11 Sécurité Mécanique.
Au niveau de la sécurité mécanique des ventilateurs, les dispositions à prendre doivent être conformes à celles de l'EN ISO 12100 -2: 2010.
- b) En ce qui concerne la section ventilateur, les exigences suivantes doivent être appliquées :
 - toutes les portes, permettant d'accéder à la section du ventilateur ne doivent pouvoir être ouvertes qu'au moyen d'un outil spécialement conçu (exemple clé hexagonale) ou d'une clé;
 - une signalisation, à fixer sur la (les) porte(s) d'accès à la section du ventilateur, doit avertir qu'il faut débrancher le ventilateur et le laisser s'arrêter avant d'ouvrir la porte. La signalisation d'avertissement doit être conforme à la NBN EN 61310-1.
 - Un interrupteur de sécurité verrouillable, lequel coupe l'alimentation du ventilateur, doit être placé à l'extérieur du caisson, près de la porte d'accès à la section du ventilateur.

Le commutateur de sécurité doit être monté et câblé en usine. Il est au minimum de classe IP54.

Le commutateur comprend un contact auxiliaire pour la coupure du signal de commande du variateur lorsque celui –ci est présent (coupure anticipée) et deux contacts (NO & NF) pour le report sur le système de gestion centralisée afin d'être exploité dans l'armoire électrique de commande du caisson de traitement d'air.

- Si l'une des exigences mentionnées précédemment ne peut pas être satisfaite, il convient d'équiper de protections, la (les) commande(s) et l'orifice d'entrée (ou les orifices d'entrée) du ventilateur situés du côté de l'accès.
- Les portes situées du côté de la pression positive doivent être dotées de dispositifs offrant une protection contre toute blessure pouvant être causée par l'ouverture des portes d'accès (mécanisme d'immobilisation ne pouvant être désactivé ou portes à la française).

4.3 Eclairage

L'éclairage est commandé par un interrupteur placé à l'extérieur du caisson (voir Par. 2./8.2).

4.4 Placement

Le ventilateur et le moteur sont fixés sur un seul et unique support. Le montage du moteur sur la volute du ventilateur est interdit.

4.4.1 Type de transmission

Le type de transmission est déterminé conformément à l'art. C13.. En cas de transmission par courroies, un dispositif d'ajustement de la tension est obligatoire.

4.4.2 Fuites d'air – refroidissement moteur

Dans le cas où le moteur ne se trouve pas dans le flux d'air, voir 1.2. (troisième tiret) du présent paragraphe, une attention particulière est apportée à la limitation des fuites d'air. Il ne peut être dérogé aux prescriptions du Par. 10./2. à ce sujet.

En cas de transmission directe, ce résultat est obtenu par la pose d'un roulement à billes étanche fixé dans la paroi.

Le moteur peut se trouver, soit en dehors du caisson de traitement d'air, soit dans un compartiment séparé de la section ventilateur, dans ce dernier cas on doit prendre toutes les précautions nécessaires pour le refroidissement du moteur.

5. Exigences acoustiques

Le montage du ventilateur dans le caisson est réalisé de manière à limiter de façon optimale la production de vibrations et de bruit. Voir à ce sujet le Par. 11..

ARTICLE C12. PAR. 4. LA SECTION FILTRE

1. Matériaux et stabilité

1.1 Corrosion

Les points de support des filtres doivent être choisis ou exécutés de telle manière que la corrosion, suite au contact de deux métaux différents, soit exclue.

Une attention particulière s'impose dans les cas où la couche protectrice du métal du caisson ou de l'appareil n'est pas à base de zinc, et si des percements sont à réaliser.

Voir à ce sujet l'art. C40.

1.2 By-pass

Les by-pass d'air entre le caisson et le cadre fixe, entre celui-ci et le cadre du filtre, doivent être très limités. Dans toutes les installations, ces by-pass correspondent à la classe du filtre.

La rigidité de la section et les fuites par by-pass, sont maintenues même dans le cas où la perte de pression à travers le filtre est maximale.

La norme NBN EN 1886 :2008 §7 définit les exigences et les essais. L'entrepreneur doit fournir un certificat délivré par un organisme de contrôle européen indépendant à ce sujet (Voir Par. 21./0.).

1.2.1 Généralités

La dérivation de l'air autour des cellules du filtre diminue l'efficacité effective de ce dernier, puisque l'air dérivé n'est pas filtré.

1.2.2 Fuite de dérivation de filtre admissible

Le Tableau C.12.4.-1 donne les débits de fuite de dérivation admissibles correspondant aux différentes classes de filtres, en pourcentage du débit volumique spécifié ou nominal du caisson de traitement d'air à soumettre à l'essai.

Le débit global de fuite de dérivation admissible q_{va} est spécifié par la formule :

$$q_{va} = k \times q_{vnom}/100$$

Ou :

q_{va}	Débit global de fuite de dérivation admissible	m^3/s
k	Débit de fuite de dérivation de filtre maximal admissible en pourcentage du débit volumique nominal	%
q_{vnom}	Débit volumique nominal de la section de filtration	m^3/s

L'essai est réalisé sur une unité modèle avec un débit qui correspond à une vitesse frontale de 2,5 m/s sur une section de filtration de 610 mm x 610 mm sous une pression de 400 Pa.

Classe de filtre	G1 à M5	M 6	F 7	F 8	F 9
Débit de fuite de dérivation de filtre maximal k (%)	6	4	2	1	0,5

Tableau C12.4.- 1 : Fuite de dérivation de filtre admissible.

1.2.3 Plusieurs filtres

Si le caisson de traitement d'air comprend deux ou plus de deux sections de filtration, la fuite de dérivation du filtre doit être soumise à l'essai séparément pour chaque section de filtration.

1.3 Cadre.

- a) Le cadre fixe peut être exécuté comme suit :
- En acier galvanisé à chaud suivant NBN EN ISO 1461 : 2009 ou métallisé suivant NBN EN ISO 2063 : 2005. Voir art. C40. .
 - En acier peint (cfr. art. C40.), la peinture satisfaisant aux exigences "climat extérieur".
 - En aluminium ou en alliage d'aluminium pour autant qu'il soit mentionné dans la norme NBN P 21-001 avec comme premier chiffre caractéristique 6 ou 7 et comme état de livraison T.
- b) Les exigences spéciales inhérentes aux cadres des filtres sont reprises dans le texte de l'article correspondant (art. C16.).
- c) L'utilisation de cadres fixes qui reçoivent le cadre amovible du filtre est obligatoire.
- d) Les joints utilisés doivent être du type "à cellules fermées", ne doivent pas absorber d'humidité et ne doivent pas constituer un substrat nutritif pour les micro-organismes cfr. NBN EN 13053+A1 :2011§6.2..

2. Accès et caractéristiques spécifiques

2.1 Accès

La section filtre est facilement accessible pour entretien et remplacement des filtres au moyen d'une porte ou d'un panneau aisément démontable.

La norme NBN EN 13053+A1 : 2011 § 6.9.1 définit les exigences générales et notamment l'accès.

- La longueur et la hauteur de la trappe ou porte doivent être supérieures aux dimensions externes des éléments amovibles du filtre.
- Il doit y avoir un espace libre en amont des filtres pour permettre le retrait et le remplacement du filtre.
- Les filtres doivent être accessibles par la face avant (côté sale).
- Les filtres ne peuvent pas être placés immédiatement après une batterie de déshumidification ou après un humidificateur.

2.2 Caractéristiques spécifiques

- La section de filtration doit être équipée de deux prises de pression, l'une disposée en amont, l'autre en aval des filtres. Un manomètre différentiel est installé et permet la lecture à tout moment, de la perte de charge des filtres.
- La section doit être équipée d'un éclairage (voir Par. 2/8.2.).
- Les données suivantes doivent être affichées sous une forme claire, visible (par exemple, étiquette indélébile, plaquette gravée ...) sur la section de filtre : classe du filtre, type de medium filtrant et perte de charge finale. Lors du changement de filtre, le technicien chargé de la maintenance doit vérifier et mettre à jour cette information.

ARTICLE C12. PAR. 5. LA SECTION BATTERIE

1. Matériaux et modes de construction

- a) La batterie est placée sur des glissières pour permettre un démontage latéral sans démontage du sol et/ou du plafond du groupe.
- b) L'ensemble des tubes est monté dans un cadre profilé en forme de U qui entoure complètement la batterie de manière à réduire au maximum le by-pass ou fuite interne. (voir Par. 1./7.2.)
La batterie ainsi constituée est raccordée aux tuyauteries de fluide. Les raccordements et les coudes qui assurent le flux complet sont soit situés complètement à l'intérieur du caisson, soit situés complètement à l'extérieur de celui-ci.
L'étanchéité au droit des piquages au travers des parois du groupe est assurée au moyen de joints en EPDM caoutchouc collés sur la face intérieure.
- c) Lorsque les tuyauteries d'alimentation et de distribution et leurs accessoires se trouvent à l'intérieur du caisson (raccords intérieurs), la section nette de passage de l'air est réduite de manière plus conséquente qu'au point b ci-dessus.
L'espace entre la batterie et l'enveloppe intérieure du caisson doit être obturée par une ou plusieurs tôle(s) de fermeture.
La section du groupe de traitement d'air doit être choisie de manière à respecter les pertes de charge maximales admises sur les batteries côté air. Celles-ci sont définies à l'art. B5. Par. 1. du présent cahier des charges type.
- d) Lorsque les tuyauteries d'alimentation et de distribution et leurs accessoires se trouvent à l'extérieur du caisson (raccords extérieurs), il y a lieu d'empêcher le passage de l'air au travers du collecteur de la batterie par une tôle de fermeture.
Cette tôle constitue également l'élément démontable de la section batterie.
- e) Le cadre de chaque échangeur de chaleur doit être muni de joints qui assureront l'étanchéité entre les glissières et l'échangeur et entre l'échangeur et les tôles de fermeture.
La fuite d'air (BP) autour de la batterie ne peut dépasser 2 %.
- f) La batterie doit pouvoir être extraite de son emplacement par le retrait d'un panneau latéral de l'enveloppe. Ce panneau doit être dimensionné afin qu'il permette de sortir la batterie sans difficulté.
L'élément de fermeture est pourvu de joints spéciaux et d'un système de compression de ceux-ci (voir Par. 2./3.2.1.).
- g) Le matériau des glissières est identique à celui du caisson, ou est constitué de plastique solide inerte. Le matériau des supports et de la tôlerie est, au choix, celui du caisson ou des tubes de la batterie (voir art. C10. et art. C40.).
La section batterie utilisée pour le refroidissement, et chaque section de batterie montée après une section d'humidification, doit recevoir le même traitement anticorrosion que la section d'humidification (voir Par. 12./2.).

2. Répartition de l'air

La profondeur de la batterie, de même que la disposition des tubes dans l'ensemble, garantit un rendement élevé de l'échange de chaleur.

3. Dispositions particulières pour les batteries de refroidissement et de déshumidification

Ces spécifications sont extraites de la NBN EN 13053+A1 :2011 §6.4.4

- a) Aucune trace d'humidité ne peut apparaître sur les composants ou sections en aval de la batterie.
- b) Pour des raisons d'hygiène, les batteries avec fonction de déshumidification ne doivent pas être disposées immédiatement avant les filtres à air ou les silencieux. Les ventilateurs ou les batteries chaudes doivent être placés entre pour réduire l'humidité relative.

- c) Les sections des batteries de refroidissement doivent être équipées d'un fond en acier inoxydable (min. AISI 304), ou alliage d'aluminium résistant à la corrosion, ou matière synthétique armée ou autre matériau inerte (ex : Polypropylène); qui possède une pente pour permettre une évacuation sans entrave des condensats (voir Par. 6./3.3.). Si la batterie de refroidissement se situe à proximité immédiate de l'humidificateur, il peut être suffisant de réaliser un fond en pente vers la section d'humidification. (voir aussi le Par. 6./ 3.3.2 pour les accessoires.)
- d) Les tuyaux de raccordement doivent être isolés lorsqu'ils passent à travers l'enveloppe, de façon à ne pas provoquer de condensation.
- e) En aval de chaque batterie de refroidissement un éliminateur de gouttelettes doit être prévu. Les éliminateurs de gouttelettes doivent être conçus de façon à être facilement retirés et démontés sans que cela touche les composants d'autres éléments.
- f) Il doit être possible de nettoyer la batterie de refroidissement d'air des deux côtés sans démontage.
- g) Pour pallier tout risque de corrosion, un collecteur en cuivre est recommandé dans le cas d'une exécution cuivre/cuivre ou cuivre/aluminium.

ARTICLE C12. PAR. 6. LA SECTION D'HUMIDIFICATION

1. Généralités

1.1 Types d'humidificateurs

Les systèmes d'humidification autorisés dans le traitement d'air sont :

- humidification par pulvérisation
- humidification par évaporation
- humidification par injection de vapeur sèche ou humide

Il est renvoyé à l'article C11. du présent cahier des charges type pour les définitions, le domaine d'application et les impositions techniques concernant ces humidificateurs.

Le cahier spécial des charges spécifie le type à prévoir en tenant compte des exigences de performances.

1.2 Exigences générales

1.2.1 Longueur de la section

L'entrepreneur remet au pouvoir adjudicateur la méthode de calcul utilisée pour déterminer la longueur de la section en tenant compte des valeurs minimales pour la distance libre d'humidification spécifiées à l'article C11. et de la nature du premier obstacle dans le flux d'air.

1.2.2 Eliminateur de gouttelettes

Dans une section d'humidification à pulvérisation ou à évaporation d'eau, le dernier élément est un éliminateur de gouttelettes.

De plus, en cas d'humidification par pulvérisation à contre-courant, la section commence par un éliminateur de gouttelettes.

1.2.3 Qualité de filtration

Pour des raisons hygiéniques, la filtration en amont de tous les types d'humidificateurs doit être de la classe F7 (voir NBN EN 13053+A1 : 2011 / §6.8.1).

1.2.4 Fonctionnement

Les humidificateurs à pulvérisation ou à évaporation d'eau sont équipés d'un système qui assure une vidange complète automatique du bac de récolte à l'arrêt du groupe (sur base de sa programmation de fonctionnement horaire).

L'arrêt de l'humidification ne peut jamais coïncider avec l'arrêt de l'écoulement de l'air.

L'écoulement de l'air ne peut être arrêté au plus tôt que 5 minutes après l'arrêt de l'humidification, afin d'assurer un séchage de la section d'humidification.

L'humidification ne peut démarrer que lorsque le ventilateur a atteint sa vitesse normale de rotation, telle que demandée par le système de régulation.

2. Matériaux

2.1 Exigences générales

Le choix des matériaux à utiliser dans la section d'humidification doit être fait en tenant compte de la résistance à la corrosion, de l'hygiène, de l'effet des surfaces bactéricides ou bactériostatiques, de la capacité des microbes à métaboliser la matière, de la résistance aux désinfectants, de la capacité à être nettoyé et, si possible, de la résistance à tout processus de désinfection. Les plastiques utilisés ne doivent contenir aucune source de nutriments favorisant un développement microbologique. Les matériaux d'étanchéité utilisés doivent être d'un type cellulaire fermé et ne doit absorber aucune humidité. (cfr. NBN EN 13053+A1 : 2011 §6.8.1.)

2.2 Matériaux admis pour les parois de la section

Pour les humidificateurs à pulvérisation le matériau constituant l'enveloppe intérieure du caisson doit être :

- L'acier inoxydable
- La fibre de verre à revêtement plastique
- Plastique pour autant que les exigences du point 2.1. soient respectées

Pour les humidificateurs par évaporation et humidificateurs vapeur :

- l'acier inoxydable
- Plastique pour autant que les exigences du point 2.1. soient respectées

Le cahier spécial des charges détermine, le cas échéant, le type d'acier inoxydable ou ses caractéristiques (voir art. C40.).

3. Construction de la section

La section d'humidification diffère des autres sections par le fait qu'à sa fonction principale s'ajoutent des fonctions "secondaires": éviter que de l'eau, présente sous forme liquide dans l'air, quitte la section, capter l'eau en surplus et l'évacuer.

3.1 La section d'humidification proprement dite

3.1.1 Accessibilité

Les éléments constituant de l'humidificateur doivent être facilement accessibles par une trappe ou panneau pour le nettoyage et pour les besoins de maintenance. La trappe doit avoir au moins 60 cm de diamètre ou de côté.

Pour les caissons de largeur > 1,2 m, et dans le cas d'humidificateurs à évaporation, ceci implique un accès par une face démontable.

La fermeture de l'accès est étanche à l'eau et à l'air.

3.1.2 Moyens d'inspection

Les moyens d'inspection sont définis au Par. 2./8. .

Dans le cas des humidificateurs à pulvérisation, la fenêtre d'inspection doit être obturée (par ex : volet à clapet), afin qu'aucune source de lumière ne puisse pénétrer dans la section d'humidification lorsque l'éclairage est éteint.

3.1.3 Hauteur de la section

Dans le cas des humidificateurs à pulvérisation et de certains humidificateurs à évaporation, la section est plus haute que les autres, suite à la présence d'un bac de récolte.

Dans le cas d'humidificateurs à évaporation par ruissellement la section nette de l'humidificateur est parfois plus petite que celle de l'ensemble des autres sections.

On veillera à ce que cette diminution de la section nette de passage de l'air n'ait aucune influence sur le fonctionnement de l'humidificateur (voir également le Par. 8./2.3.).

La meilleure solution consiste toutefois à concevoir la section d'humidification de telle manière que la section nette d'humidification soit égale à celle de la section des caissons montés en amont et en aval.

3.1.4 Montage

Tous les éléments constituant de l'humidificateur (rampes de pulvérisation d'eau ou d'injection de vapeur, séparateurs de gouttelettes, équipements du bac de récolte, etc.) sont montés de préférence en usine, lors de la fabrication des caissons. Si le montage de l'humidificateur dans le caisson est réalisé sur site, l'assemblage doit être conforme aux instructions de montage des fabricants (humidificateur et caisson de traitement d'air).

3.2 Eliminateur de gouttelettes et stabilisateur de flux

3.2.1 Le stabilisateur de flux

Dans le cas des humidificateurs à pulvérisation un stabilisateur de flux doit être prévu à l'entrée de la section d'humidification.

Il est en matériau synthétique. Les stabilisateurs sont constitués de lamelles en forme de zigzag avec au moins deux changements de direction d'au moins 30°, montées verticalement ou horizontalement.

Dans le cas d'humidification par pulvérisation à contre-courant, le stabilisateur est constitué comme un séparateur de gouttelettes, mais monté de telle manière à ce que la séparation de gouttelettes s'opère de manière optimale vers l'amont du flux d'air (à contre-courant).

Le coefficient de perte de pression du stabilisateur de flux est aussi faible que possible sauf si l'on recherche comme effet secondaire la perte de pression.

3.2.2 Eliminateur de gouttelettes

3.2.2.1 Domaine d'application

Un éliminateur de gouttelettes est prévu à la sortie de la section d'humidification. Il en est également placé un à l'entrée dans le cas de l'humidification par pulvérisation à contre-courant (dans le cas, il sert également comme stabilisateur de flux).

L'éliminateur est réalisé en matière synthétique. La construction est identique à celle du stabilisateur, mais l'implantation est toujours verticale; de plus, les plaques constituant l'éliminateur sont pourvues de profilés (appliqués sur les plaques ou dessinés dans celles-ci) favorisant la captation efficace des gouttelettes et assurant l'évacuation de l'eau récoltée vers le bac collecteur.

La section nette et le nombre de changements de direction sont déterminés par l'entrepreneur de manière à satisfaire aux exigences de rendement.

3.2.2.2 Exigences techniques

L'éliminateur est incorporé dans le caisson en tenant compte des règles suivantes :

- Le by-pass admissible autour de l'éliminateur de gouttelettes est égal au maximum à la fuite de dérivation admissible du filtre.
- L'éliminateur est posé au-dessus du bac de récolte des condensats de manière à éviter l'entraînement de l'eau et la fuite d'air dans la partie basse.
- Le rendement de l'éliminateur de gouttelettes s'exprime en mg d'eau par m³ d'air en aval de l'éliminateur. Il ne peut jamais se trouver plus de 50 mg d'eau par m³ d'air après l'éliminateur, le diamètre maximal des gouttelettes étant de 30 micromètres.
- L'entrepreneur détermine les caractéristiques de l'éliminateur de manière à respecter ces exigences.

3.2.2.3 Essais

A la demande du fonctionnaire dirigeant, l'entrepreneur fournit un rapport d'essai prouvant que dans les conditions de fonctionnement prévues, le rendement exigé est obtenu.

L'essai est effectué soit par un laboratoire agréé soit par un laboratoire indépendant spécialisé en cette matière. La mesure s'opère sur base de la directive VDI 2066 comme pour la mesure des poussières.

3.3 Le bac de récolte

La fonction du bac de récolte est d'évacuer le surplus d'eau.

Pour les humidificateurs à pulvérisation et à évaporation, il est également utilisé pour stocker une réserve d'eau de recyclage suffisante.

3.3.1 Construction du bac de récolte

3.3.1.1 Matériaux

Le bac de récolte est, de préférence, construit en matière synthétique armée ou autre matériau inerte (ex : Polypropylène). Il peut également être construit en acier inoxydable (min. AISI 304) ou alliage d'aluminium résistant à la corrosion.

3.3.1.2 Mode de construction

Le bac de récolte possède un fond en triple pente vers un point se trouvant dans les environs immédiats de l'accès à la section d'humidification. L'ouverture d'évacuation ménagée en ce point est de préférence située dans la partie la plus basse du fond du bac. Si cela n'est pas réalisable, l'ouverture est prévue dans la paroi latérale aux environs du point le plus bas. La forme du bac et l'implantation de l'ouverture d'évacuation doivent permettre un drainage complet du bac.

Le bac de récolte des humidificateurs à pulvérisation ou à évaporation est équipé d'un trop plein raccordé à la tuyauterie d'évacuation et ayant le même diamètre intérieur que celle-ci.

3.3.1.3 Cas spécifique des humidificateurs vapeur

La récolte d'eau d'un humidificateur à vapeur n'a pas nécessairement la forme d'un bac. Il suffit que le fond de l'humidificateur à vapeur soit incliné vers un point bas où se trouve l'ouverture d'évacuation. Pour les humidificateurs à vapeur une ouverture d'évacuation dans la paroi latérale n'est pas admise ; ceci est également valable pour un bac de récolte d'une section de refroidissement. Dans ces deux cas (humidificateur à vapeur et section de refroidissement), un trop plein n'est pas nécessaire, la tuyauterie d'évacuation est directement reliée à l'égout sans interposition d'un robinet mais bien avec siphon selon le point 3.3.2.2 ci-après.

3.3.1.4 Maintenance

Par mesure d'hygiène et de prévention contre la corrosion, le nettoyage régulier des bacs de récolte des humidificateurs à eau et, dans une moindre mesure, des autres, est nécessaire.

L'entrepreneur fournit au pouvoir adjudicateur toutes les indications et instructions concernant la fréquence de nettoyage et les produits à utiliser.

3.3.2 Les accessoires du bac de récolte

Les accessoires du bac de récolte sont soumis aux exigences suivantes. Le cahier spécial des charges peut imposer d'autres accessoires que ceux décrits ci-dessous.

3.3.2.1 Les ouvertures d'évacuation et de trop-plein

Les ouvertures d'évacuation et de trop-plein sont raccordées aux égouts au moyen d'une conduite d'évacuation.

Le diamètre intérieur de la conduite permet, par circulation naturelle, l'évacuation d'un débit (l/h) égal au débit d'alimentation du bac dans le cas d'humidification à pulvérisation ou à évaporation (pour l'éventualité de défaut à la vanne d'alimentation) et au débit de vapeur nominal (kg/h) dans le cas d'humidification à vapeur.

Pour un humidificateur à pulvérisation ou à évaporation, la quantité d'eau à évacuer normalement est égale à la quantité maximum (l/h) qui peut être fournie en une heure par le circuit d'alimentation au bac de récolte. Cette quantité est la somme du débit d'eau absorbé par l'air et du débit de purge.

La grandeur du débit de purge est déterminée par le cahier spécial des charges ou est limité à 1/3 de la quantité d'eau (l/h) qui peut être absorbée par l'air en une heure. L'auteur de projet peut, en cas de nécessité, porter le débit de purge à 100 % maximum de la quantité d'eau absorbée par l'air.

Le bac indépendant de récolte d'une section de refroidissement possède une ouverture d'évacuation et une tuyauterie d'évacuation, dont le diamètre est choisi en fonction de la puissance de refroidissement avec un minimum de DN10.

3.3.2.2 Raccordement aux évacuations d'eaux usées

Sur la tuyauterie d'évacuation, un siphon est placé à la sortie du bac ou directement après le robinet de réglage pour les humidificateurs alimentés indirectement.

Le siphon est conforme aux exigences suivantes :

- En cas de dépression dans la section, la hauteur totale de la colonne d'eau dans le siphon est égale à $2,5xH$ dans la partie longue du siphon et $1,5xH$ dans la partie courte vers l'évacuation, ceci afin d'éviter le désamorçage du siphon.
- De même en cas de surpression dans le caisson, la partie située vers l'évacuation doit être de $1,5 H$ et la partie longue de $2xH$.

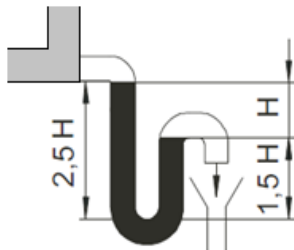


Fig. C12.6.- 1 : Siphon en dépression

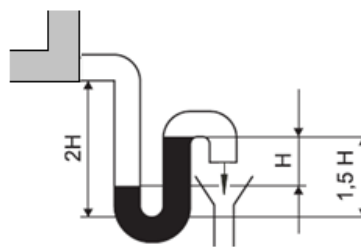


Fig. C12.6.- 2 : Siphon en surpression

Pour les sections en dépression, l'utilisation de siphon à bille est autorisée afin de piéger les odeurs. La présence de ce siphon à bille nécessite une colonne d'eau minimale, comme le montre la Fig. C12.6 - 1.

Il est impératif d'avoir une séparation physique entre l'évacuation du siphon et la mise à l'égout. Voir figure C12.6.- 3, où la distance d doit correspondre à $d=2c$, avec un minimum de 20 mm.

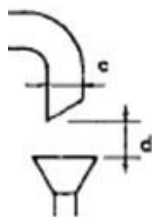


Fig. C12.6.- 3 : Séparation physique entre la mise à l'égout et l'évacuation.

3.3.2.3 Raccordement au réseau de distribution d'eau

Pour un humidificateur à stockage d'eau de recyclage, le niveau d'eau dans le bac de récolte est maintenu constant par un raccordement au réseau de distribution d'eau, le cas échéant traité.

Le niveau d'eau est maintenu entre $3/4$ et $1/3$ de la hauteur utile du bac de récolte, mais compte tenu de 3.3.1.2..

La tuyauterie d'alimentation permet de compenser le volume d'eau absorbé par l'air et le débit de purge. Le cahier spécial des charges détermine la fréquence de renouvellement de l'eau. Sur ces bases l'entrepreneur détermine le diamètre de la tuyauterie.

Pour les accessoires à prévoir sur le raccordement au réseau de distribution d'eau il est renvoyé à l'article C11. .

3.3.2.4 Tuyauteries de raccordement

Les circuits d'alimentation et d'évacuation répondent, en ce qui concerne les matériaux utilisés (sans occasionner de corrosion au caisson) et leur montage aux impositions de la STS 62.

ARTICLE C12. PAR. 7. LA SECTION REGISTRE, SECTION DE MELANGE D'AIR ET SECTION D'ASPIRATION OU DE REFOULEMENT D'AIR

1. Exigences fonctionnelles

1.1 Les fonctions

Les exigences imposées aux registres sont déterminées par les fonctions demandées.

Si plusieurs fonctions sont imposées, le registre est soumis aux exigences les plus sévères.

Le rôle des registres d'un groupe de traitement d'air peut être subdivisé fonctionnellement comme suit :

1.1.1 Fonction de réglage :

Le registre permet le passage du débit demandé ou crée la pression voulue.

1.1.2 Fonction d'isolement :

Le registre permet ou ne permet pas le passage de l'air.

1.1.3 Fonction de contournement (ou fonction de by-pass) :

Le registre est disposé dans une dérivation. Une proportion prédéterminée de l'air est dérivée, et ne traverse donc pas les appareils de traitement d'air. Le registre règle d'une part (débit dans les appareils) et isole d'autre part (lorsque le débit dérivé doit être nul).

1.1.4 Fonction de secours :

Le registre isole certaines parties du caisson de traitement d'air afin d'obtenir une évacuation adéquate des fumées (voir l'A.R. du 2012-07-12 (MB 2012-09-21) et ses adaptations).

1.2 Les exigences fonctionnelles

Les exigences fonctionnelles des registres sont : isoler et permettre le passage d'une manière réglable. L'exigence fonctionnelle pour la fonction de secours est un cas particulier de la fonction d'isolement. Les exigences décrites ci-après sont :

- l'étanchéité
- les caractéristiques de fonctionnement
- la fonction de secours

1.2.1 L'étanchéité

1.2.1.1 Mesure et classification

La fuite d'air d'un registre est déterminée par le débit mesuré, registre en position fermée, sous une différence de pression de 100 à 2.000 Pa.(cfr à la NBN EN 1751:1998).

La mesure est réalisée en conditions d'utilisation, ce qui signifie que le registre est équipé de ses organes de commande normaux.

Les caractéristiques de fuite sont :

Classe	Caractéristiques		Différence de pression en Pa				
	Étanchéité		100	200	500	1.000	2.000
1	Moyenne	Fuite maximale (l/sm ²)	200	300	500	750	1100
2	Bonne		40	60	100	150	220
3	Très bonne		8	11	20	30	45
4	Complète ⁽¹⁾		1,5	2,5	4	6	9

⁽¹⁾ Suivant DIN 1946, Teil 4, eis 2.4.2 : 04/2005

Tableau C.12.7. – 1 : Étanchéité des registres et classification

Un certificat concernant la classe d'étanchéité doit être fourni par l'entrepreneur. (Voir Par. 21./0.)

1.2.1.2 Exigences

Un registre placé sur la recirculation de l'air et les registres de by-pass destinés aux sections de récupération de chaleur doivent être de classe 2.

Pour les registres d'air neuf et d'air extrait l'étanchéité est toujours de classe 3.

Les registres d'isolement pour les groupes de traitement d'air des laboratoires de biologie, dans le sens le plus large, et dans les institutions de santé, sont conformes à l'exigence d'étanchéité complète (classe 4).

1.2.2 Les caractéristiques de fonctionnement

1.2.2.1 Caractéristique d'ouverture

Une première caractéristique de fonctionnement est la caractéristique d'ouverture.

Celle-ci donne, en fonction de l'angle d'ouverture ($\alpha = 0^\circ$: registre fermé ; $\alpha = 90^\circ$: registre complètement ouvert), le rapport du passage net à la section nette du registre. Pour obtenir une bonne régulation, il est conseillé de fixer le rapport entre la largeur de la lamelle "b" (la plus grande dimension d'une section de lamelle) et l'épaisseur de lamelle "d" (dimension prise dans l'axe, perpendiculairement à "b") à :

$$\frac{b}{d} \geq 4$$

Les lamelles avec un rapport b/d aussi grand que possible sont préférées.

Cependant, on doit également tenir compte de la limitation du bruit.

1.2.2.2 Perte de pression

Une deuxième caractéristique est le coefficient de perte de pression (ζ).

Registre ouvert, c.à.d. $\alpha > 80^\circ$, celui-ci ne peut dépasser 0,5.

Ce coefficient est défini comme suit :

$$\zeta = \frac{\Delta p_{ka}}{\frac{\rho}{2} v_a^2}$$

ζ	coefficient de perte de pression du registre	(-)
ρ	masse volumique de l'air	(Kg/m ³)
Δp_{ka}	perte de pression, dépendant de l'angle d'ouverture	(Pa)
v_a	vitesse dans le registre, dépendant de l'angle d'ouverture	(m/s)

1.2.2.3 Courbe d'écoulement

La troisième et la plus importante caractéristique est la courbe d'écoulement.

Celle-ci est une courbe donnant, en fonction de l'angle d'ouverture, le débit obtenu exprimé comme pourcentage du débit maximal, à perte de pression constante.

La courbe d'écoulement du registre en situation de fonctionnement, c.à.d. installé dans le caisson comme prévu doit être pratiquement linéaire.

1.2.3 La fonction de secours

Si le caisson doit remplir une fonction de secours, les registres concernés sont conformes à l'A.R. du - 2012-07-12 (MB 2012-09-21) et ses adaptations.

1.3 Caractéristiques à soumettre à l'approbation

1.3.1 Registres de réglage

Pour les registres de réglage les données suivantes doivent être communiquées pour chaque type :

- la caractéristique d'ouverture,
- le coefficient de perte de pression
- la courbe d'écoulement
- la classe d'étanchéité
- Le couple total en fonction de la classe d'étanchéité pour une pression d'essai de 1000 Pa

1.3.2 Registres d'équilibrage

Pour les registres d'équilibrage les données suivantes doivent être communiquées :

- celles indiquées au point 1.3.1.
- le rapport d'essai d'étanchéité (voir 1.2.1.1.)

1.3.3 Registres d'isolement

Pour les registres d'isolement les données suivantes doivent être communiquées :

- rapport d'essai d'étanchéité (voir 1.2.1.1.)
- coefficient de perte de pression (pour α de 80 à 90°) (voir 1.2.2.2.)

1.3.4 Fonction de secours

Pour les registres ayant une fonction de secours une attestation prouvant la conformité à l'art. C24. doit être fournie.

1.3.5 Généralités

Pour autant que les caractéristiques dépendant de l'angle d'ouverture soient demandées, et à moins que le cahier spécial des charges n'en dispose autrement, elles sont fournies pour les angles d'ouverture suivants :

- 0° (ou légèrement ouvert)
- 10°
- 30°
- 60°
- 80°
- 90°(ou complètement ouvert)

1.4 Sens de rotation d'après la fonction

L'utilisation de registre avec lamelles à rotation, parallèles ou de sens opposés est déterminée comme suit :

Fonction	Sens de rotation
De réglage	Sens opposés
D'isolement	Parallèles ou sens opposés
De contournement	Parallèles ou sens opposés
- Registre sur le conduit de contournement	Parallèles ou sens opposés
- Registre placé devant l'appareil de traitement d'air	Sens opposés

Tableau C.12.7. – 2 : Sens de rotation des lamelles en fonction de l'application.

2. Régulation

La régulation est déterminée par le cahier spécial des charges. Les exigences suivantes sont à respecter.

2.1

Si en raison de la grande dimension d'une section (aspiration ou refoulement par exemple) plusieurs registres sont utilisés pour la même fonction, toutes les commandes sont parfaitement synchronisées.

2.2

La commande pour l'exécution des fonctions de secours a priorité sur les autres commandes.

2.3

Les registres d'isolement sont ouverts avant que le ventilateur concerné ne démarre. Ils ne sont fermés que lorsque le ventilateur est à l'arrêt.

Les registres isolant de l'air extérieur des éléments présentant un risque de gel, ne peuvent s'ouvrir à une température inférieure à 3°C que lorsque d'une manière ou d'une autre le danger de gel a été éliminé (voir Par. 8./1.2.).

3. Caractéristiques constructives des registres

3.1 Généralités

3.1.1 La forme de la lamelle ne peut créer qu'une résistance minimum à la circulation de l'air.

D'autre part, elle doit être suffisamment rigide afin d'éviter toute déformation, de sorte que le mouvement du registre ne soit pas perturbé ou qu'il ne se transforme en un mouvement oscillant ou bruyant.

3.1.2 La section nette de passage d'air d'un registre à 100% d'ouverture est d'au moins 75 % de la section brute.

3.2 La lamelle

3.2.1 Chaque lamelle est fixée à son axe de manière rigide. L'axe tourne sans jeu par rapport à la transmission, dans le cas d'un registre à lamelle unique.

3.2.2 Si le registre est constitué de plusieurs lamelles, le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** reste d'application, mais un faible jeu entre l'axe et la transmission est toléré. Ce jeu ne peut pas être à l'origine de bruit. De plus, dans chaque position d'utilisation, l'écart de l'angle d'ouverture de chaque lamelle doit être identique.

3.2.3 Les dimensions sont limitées à 2.000 mm parallèlement à l'axe et à 175 mm de largeur totale, donc perpendiculairement à l'axe.

Si la longueur des lamelles dépasse 2.000 mm, deux ou plusieurs registres sont placés côte à côte sans que pour autant la fuite d'air tolérée soit augmentée (voir 3.3. ci-après). Toutes les lamelles situées à la même hauteur sont alors disposées sur un axe commun, à moins que le mouvement soit suffisamment synchronisé pour que le point **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessus soit respecté.

3.2.4 Afin de limiter la fuite d'air, les lamelles peuvent être pourvues d'un joint semi-rigide ou rigide, en matière synthétique.

3.2.4.1 La largeur du joint est comprise dans la largeur totale si le joint est rigide. Pour le joint semi-rigide, elle constitue une surlargeur.

3.2.4.2 Les joints satisfont aux exigences du Par. 2./3.2.1..

On peut toutefois déroger à celles-ci à condition que l'entrepreneur fournisse la preuve que le matériel satisfait aux exigences d'étanchéité du point 1.2.1.1. ci-avant.

3.2.5 Le matériau constituant les lamelles est l'aluminium, une matière synthétique résistant à la température, l'acier revêtu (NBN EN ISO 2063 : 2005) ou galvanisé à chaud (NBN EN ISO 14713-1 : 2010 + NBN EN ISO 1461 : 2009).

3.3 Surface d'appui et dispositif de commande

3.3.1 La surface d'appui et les lamelles sont assemblées de telle manière qu'aucune fuite latérale ne soit possible.

Lors du montage du registre contre la paroi du caisson ou sur un cadre d'assemblage, il ne peut y avoir aucune fuite entre le cadre du registre et le cadre d'assemblage ; il faut de plus veiller à ce que le montage de l'assise du cadre d'assemblage ne provoque aucune fuite.

3.3.2 La position du registre doit pouvoir être contrôlé de l'extérieur du caisson de traitement d'air.

L'état des lamelles doit pouvoir être contrôlé de l'intérieur du caisson de traitement d'air via une porte ou trappe d'inspection.

3.3.3 Le dispositif de commande des lamelles doit fonctionner silencieusement. L'utilisation d'éléments synthétiques durs et résistants à la température est tolérée, à condition qu'il n'y ait pas de vieillissement dû au cycle chaud/froid.

3.3.4 Chacune des lamelles repose via l'axe sur deux paliers. Les paliers et l'axe résistent à la corrosion.

Les paliers sont étanches à l'air.

3.3.5 Le dispositif de commande ne peut en aucun cas constituer une cause d'érosion, ni de corrosion galvanique. (Voir art. C40.)

4. Construction de la section

Dans cette partie sont décrites la section des registres, la section de mélange, la section vide et les sections d'aspiration et de pulsion d'air.

4.1 Section registre

4.1.1 La section registre ne réduit pas la section brute. Si toutefois cette réduction ne peut être évitée, une section vide doit être prévue, avant et après la section registre, de sorte que le changement de section ne se fasse pas brutalement.

Un angle d'entrée $\alpha = 25^\circ$ au minimum et un angle de sortie $\beta = 35^\circ$ au minimum sont à respecter (cfr. NBN EN 13053+A1:2011).

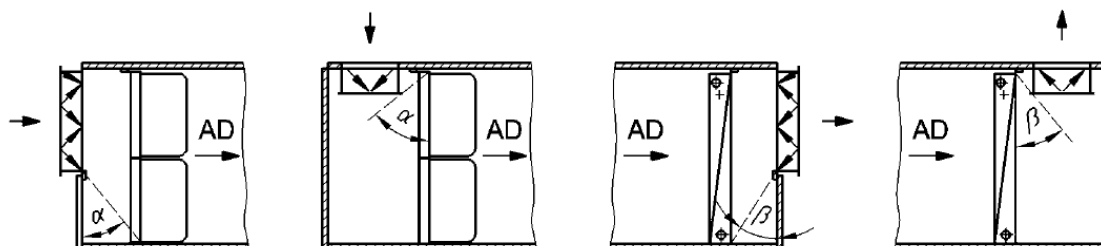


Fig. C12.7 - 1: Angles d'entrée et de sortie.

4.1.2 L'accès aux registres est assuré à partir d'une des sections voisines. Si ceci n'est pas réalisable, une section vide, avec ouverture ou porte d'accès, est prévue de l'un ou de l'autre côté (voir Par. 8./**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

4.1.3 La fuite maximale admissible autour des lamelles est liée aux classes d'étanchéité du réseau de conduits d'air. (Classe A, B et C cfr NBN EN 1751 annexe C)

4.1.4 Les matériaux composant la section registre ou les registres appartenant à une même section, permettent leur assemblage sans risque de corrosion. L'utilisation de matériaux identiques pour les registres et les caissons est recommandée.

Les points de contact entre métaux différents sont toujours réalisés conformément à l'art. C40..

4.2 La section de mélange

4.2.1 Les flux d'air entrant dans cette section se déplacent de préférence de manière non parallèle.

4.2.2 La section de mélange doit être aussi petite que possible. Les dimensions sont déterminées, par les dimensions du caisson et par celles des registres, augmentées d'une surlongueur pour obtenir un mélange parfait. L'entrepreneur détermine ces dimensions.

4.2.3 Les registres sont placés dans la section de mélange d'une manière étanche. Une fuite ne peut être admise qu'au travers des fentes entre les lamelles.

4.2.4 Les matériaux de la section et des registres sont assemblés sans danger de corrosion (voir art. C40.).

4.3 La section vide

La section vide est une partie de caisson sans appareils de "traitement" d'air.

Cette section répond donc aux exigences imposées pour le caisson (Par. 2) et aux exigences générales concernant les caractéristiques thermiques (Par. 10) et de protection contre la corrosion (Par. 12).

Pour les dimensions on se réfère aux règles d'assemblage des caissons (Par. 8).

4.4 Les sections d'aspiration et de refoulement

Les registres d'isolement d'une section de refoulement peuvent être des clapets du type anti-retour, s'il ne s'agit pas d'établissements de santé ou de laboratoires. Ils sont conformes à la fonction d'isolement et à l'exigence d'étanchéité comme décrites précédemment.

Les prescriptions concernant les vitesses d'air définies au Par. 2./5.2 sont à respecter.

ARTICLE C12. PAR. 8. L'ASSEMBLAGE

Dans ce paragraphe, les règles d'assemblage des différentes sections formant le caisson de traitement d'air, sont décrites. Complémentairement quelques fonctions non spécifiques à l'une ou à l'autre section sont définies.

1. Les fonctions de sécurité

1.1 Fonction de secours

1.1.1 Le cahier spécial des charges peut exiger que le système de traitement d'air soit également utilisé pour assurer une fonction de secours : d'une part pour l'évacuation de fumée en cas d'incendie, d'autre part pour la mise en surpression des chemins d'évacuation en cas d'incendie ; ou les deux fonctions simultanément.

Les exigences spécifiques sont définies dans l'A.R. du 2012-07-12 (MB 2012-09-21) et ses adaptations.

1.1.2 L'attention est attirée sur le fait que la fonction de secours implique des dispositions de sécurité particulières et donc que la sélection du caisson et des conduits doit tenir compte de cette fonction de secours.

1.2 La protection contre le gel

Toute batterie de chauffe placée comme première batterie du groupe dans le sens du flux d'air est protégée contre le gel. Le principe et le fonctionnement de cette protection antigel sont explicités à l'art. C21..

2. Utilisation de sections vides

2.1 Section d'accès

2.1.1 Une section vide, pourvue d'une porte d'accès étanche doit être prévue là où un accès supplémentaire est nécessaire pour l'entretien ou le contrôle.

2.1.2 Les dimensions de la section d'accès permettent d'y placer un trou d'homme d'un diamètre de 60 cm, ou d'une porte de 60 cm de largeur.

2.2 Section de transformation

Idéalement toutes les sections d'un même caisson ont une section brute égale. Si cela ne peut être le cas pour l'une ou l'autre raison, la transition est réalisée d'une manière uniforme : deux sections inégales sont reliés les unes aux autres par une pièce de transition dans laquelle le flux d'air subit un angle maximal de 30°.

2.3 Section d'humidification libre

Si l'auteur de projet considère que les appareils placés en aval d'un séparateur de gouttelettes (voir Par. 6./3.2.2.1.) ne peuvent être en contact avec de l'eau sous forme liquide, il est installé en aval du séparateur de gouttelettes une section vide ayant une dimension minimale égale à 1/3 de la distance libre d'humidification.

2.4 Section de mesure

Une section de mesure est prévue aux endroits demandés dans cet article ou dans le cahier spécial des charges.

La construction de cette section est telle que les instruments de mesure incorporés ne soient pas influencés défavorablement par les sections voisines du caisson de traitement d'air.

La longueur de la section de mesure est déterminée par le cahier spécial des charges ; par défaut elle est égale à 200 mm.

2.5 Section de récupération de pression

Lorsque le ventilateur est suivi d'une autre section (batterie, filtres, etc.) il est nécessaire de récupérer une partie de la pression dynamique du ventilateur.

Dans ce cas il y a lieu de prévoir une section de récupération de pression.

Cette section doit avoir pour longueur droite minimale 2 x la hauteur de la section de refoulement du ventilateur avant tout obstacle.

Si le ventilateur est à la dernière place du caisson de traitement d'air, la section de récupération de pression peut être remplacée par un conduit d'air ayant les mêmes dimensions que celles décrites ci-avant.

3. Principes généraux

Si des portes d'accès sont prévues, au lieu de panneaux, un mécanisme d'ouverture est à prévoir du côté intérieur, pour les caissons dans lesquels on peut pénétrer.

4. Raccordements

4.1 Raccordements hydrauliques

Pour les raccordements hydrauliques au groupe de traitement d'air, les raccords à brides doivent être utilisés pour des diamètres supérieurs à DN50. Pour les raccords inférieurs à DN 50, les raccords 3 pièces filetés peuvent être utilisés.

4.2 Raccordements électriques

Les précautions doivent être prises pour que les câbles électriques, les boîtes de dérivation pour l'alimentation et/ou la régulation des composants dans le groupe de traitement d'air, soient aussi peu que possible montés sur l'enveloppe du caisson.

Les éléments précités doivent être montés autant que possible dans des goulottes à câbles qui sont fixées dans le socle du groupe (hors enveloppe et structure du caisson) et/ou au plafond du local.

Des percements au travers du caisson sont en tout cas à éviter.

Les goulottes et les raccordements vers les appareils sont agencés de telle sorte qu'ils n'interfèrent pas sur la fonctionnalité et l'ouverture des portes ou trappes d'accès.

L'entrepreneur doit soumettre une proposition pour la fixation des goulottes à câbles pour approbation par le fonctionnaire dirigeant.

5. Assemblage des sections

En raison de l'encombrement du caisson de traitement d'air, des règlements en matière de transport et/ou des dimensions des chemins d'accès au local technique, le caisson peut être livré en différents modules regroupant plusieurs sections. L'assemblage de ces modules doit par conséquent être réalisé sur site.

Le constructeur doit fournir le plan d'assemblage afin d'éviter des inversions de modules.

Il doit aussi fournir la méthodologie d'assemblage (séquence des opérations, pose des joints, serrage entre modules, isolation, plaques de finition, etc.) afin de garantir le respect de la classe du caisson de traitement d'air selon la NBN EN 1886 § 6 (Étanchéité à l'air de l'enveloppe).

Le cahier spécial des charges précise si un test d'étanchéité doit être réalisé sur site. Le fonctionnaire dirigeant identifiera le caisson de traitement d'air à soumettre à l'essai, après l'assemblage. Ce test doit être effectué en présence du maître d'ouvrage conformément à la NBN EN 1886 § 6.2 à 6.4. (Voir également Par. 10/2.3.)

ARTICLE C12. PAR. 9. SECTION DES RECUPERATEURS DE CHALEUR

1. Exigences générales

La section de récupération de chaleur est conforme aux exigences de la section batterie (voir Par.5); le côté de l'air frais du récupérateur de chaleur est considéré comme une batterie de chauffe, le côté de l'air vicié comme une batterie de refroidissement.

Le bac de récolte pour l'eau de condensation n'est pas nécessaire dans le cas d'un échangeur rotatif.

Le séparateur de gouttelettes n'est pas nécessaire dans le cas d'un échangeur rotatif.

Le séparateur de gouttelettes est nécessaire lorsqu'il y a condensation et que la vitesse de l'air au passage du récupérateur risque d'entraîner des gouttelettes en aval de la section. Cette exigence est sous la responsabilité du fabricant du caisson de traitement d'air. Il doit fournir au fonctionnaire dirigeant une note technique justifiant son choix.

Les exigences concernant le récupérateur de chaleur proprement dit sont reprises à l'art. C17. du présent cahier des charges type.

2. Exigences spécifiques

La section doit être construite de telle manière qu'une distribution homogène de l'air soit obtenue sur l'échangeur de chaleur.

La section doit comprendre 4 prises de pression, une sur chaque côté (amont/aval de l'échangeur tant sur l'air neuf que sur l'air repris) cfr NBN EN 13053 § 6.5.2.a..

ARTICLE C12. PAR. 10. *PERFORMANCES THERMIQUES*

1. Isolation thermique

1.1 Généralités

Les caissons de traitement d'air sont toujours isolés.

Quel que soit le mode de réalisation, le matériau d'isolation utilisé ne peut être altéré par l'érosion. (voir 1.5. ci-après)

1.2 Coefficient de transmission thermique

1.2.1 Classification

Suivant la norme NBN EN 1886:2008, les caissons de traitements d'air sont classifiées en fonction du coefficient de transmission thermique U (W/m²K). Les classes sont au nombre de 5 (voir Tab. C12.10.- 1).

Classe	Coefficient de transmission thermique U (W/m ² .K)
T1	$U \leq 0,5$
T2	$0,5 < U \leq 1,0$
T3	$1,0 < U \leq 1,4$
T4	$1,4 < U \leq 2,0$
T5	Pas d'exigence

Tableau C12.10.- 1: Coefficient de transmission thermique

1.2.2 Exigences

Pour les groupes de climatisation situés à l'extérieur d'un bâtiment, la classe sera au moins T2.

Pour les groupes de traitement d'air qui alimentent des locaux à température négative, la classe doit être T1.

Pour les autres applications, la classe T3 est au minimum d'application sauf disposition particulière dans le cahier spécial des charges.

Un certificat basé sur la méthode d'essais de la NBN EN 1886 § 8.3 concernant le coefficient de transmission thermique des caissons doit être fourni par l'entrepreneur. (Voir Par. 21./0.)

1.3 Ponts thermiques

1.3.1 Classification

Suivant la norme NBN EN 1886 : 2008 les caissons de traitement d'air sont classifiées également en fonction du coefficient de pont thermique (K_b). Les classes sont au nombre de 5. (Voir Tab. C12.10.- 2)

Dans les conditions d'essai, quand la différence de température moyenne entre les températures extérieure et intérieure est stabilisée à 20 K, la valeur la plus basse de la différence de température entre n'importe quel point de la surface externe et la température moyenne de l'air interne doit être établie. Le rapport entre la différence la plus basse de température et la différence moyenne de température de l'air interne et de l'air externe détermine le facteur de pont thermique.

Le facteur de pont thermique k_b est déterminé comme suit :

$$k_b = \Delta t_{min} / \Delta t_{air}$$

Où :

Δt_{\min}	est la plus petite différence de température,	$\Delta t_{\min} = t_i - t_{s_{\max}}$
Δt_{air}	est la différence de température d'air,	$\Delta t_{\text{air}} = t_i - t_a$
t_i	est la température moyenne de l'air interne	
t_a	est la température moyenne de l'air externe	
$t_{s_{\max}}$	est la température maximale de la surface externe	

Classe	Facteur de pont thermique (k_b)
TB1	$0,75 < k_b < 1,00$
TB2	$0,60 \leq k_b < 0,75$
TB3	$0,45 \leq k_b < 0,60$
TB4	$0,30 \leq k_b < 0,45$
TB5	Pas d'exigences

Tableau C12.10.- 2 : Classification du facteur de pont thermique de l'enveloppe

NOTE

Toute surface accessible en contact avec l'air en dehors de l'encoffrement est considérée comme une surface externe. Toutefois dans les classes TB3 et TB4, 1 % de la surface externe peut avoir un facteur de pont thermique inférieur dû aux vis, charnières, etc.

1.3.2 Exigences

Les conditions particulières imposent la classe.

S'il n'y a pas d'exigences dans le cahier spécial des charges, il y a lieu d'appliquer pour les centrales de toiture les classes TB2 au minimum et TB3 pour les autres cas.

Pour les groupes de traitement d'air alimentant des chambres froides à température négative, il y a lieu d'appliquer la classe TB1.

Un certificat basé sur la méthode d'essais de la NBN EN 1886 § 8.3 concernant le facteur de pont thermique de l'enveloppe doit être fourni par l'entrepreneur. (Voir Par. 21./0.)

1.4 Risques de condensation.

Pour les caissons de traitement d'air comportant une section d'humidification et/ou une section avec batterie de froid, l'isolation satisfait à la plus sévère des deux exigences suivantes :

- 1) Aucune condensation ne peut se produire, quelles que soient les conditions,
 - a) à l'extérieur du caisson, dans le cas des batteries de froid et des humidificateurs à eau
 - b) à l'intérieur du caisson, dans le cas des humidificateurs à vapeur
- 2) Les prescriptions selon les points 1.2. et 1.3. ci-avant.

1.5 Exigences pour le matériau

Dans les cas où le matériau d'isolation est exposé au flux d'air, celui-ci y compris le revêtement anti-érosion éventuel, satisfait à l'art. C41..

Les caractéristiques suivantes doivent être renseignées dans la fiche technique (voir Par. 21./0.):

- Type d'isolant,
- Coefficient de transmission thermique
- Réaction au feu (classification Euro suivant NBN EN 13501-1+A1)

2. Fuites

En ce qui concerne le test de fuite admissible, la procédure d'essai et le calcul de celle-ci est conforme à la NBN EN 1886 §6.

Une distinction est faite entre les groupes de traitement d'air fonctionnant uniquement sous pression négative et les groupes de traitement d'air fonctionnant sous pression négative et sous pression positive.

L'importance des pertes thermiques étant directement liée au débit de ces fuites, celles-ci font l'objet des exigences ci-dessous.

2.1 Groupes de traitement d'air fonctionnant sous pression négative

2.1.1 Classe d'étanchéité

Les essais d'étanchéité à l'air sur les unités modèles (caissons de traitement d'air destinés à la certification) doivent être réalisés à une pression négative de 400 Pa. Les valeurs mesurées ne peuvent pas dépasser les valeurs reprises dans le tableau ci-dessous. (cfr NBN EN 1886 : 2008 §6.1.1)

Pression d'essai	-400 Pa
Classe d'étanchéité	Débit de fuite maximum f_{400} (l/sm ²)
L1	0,15
L2	0,44
L3	1,32

Tableau C12.10.- 3 : Etanchéité de l'enveloppe à l'air.

Dans le cas de caissons soumis à une pression d'essai différente de 400 Pa, le débit de fuite mesuré doit être converti en une valeur à la pression de référence, en utilisant la formule suivante :

$$f_{400} = f_m \left(\frac{400}{\text{pression d'essai}} \right)^{0,65}$$

où

f_m est le débit de fuite mesuré à la pression d'essai réelle en l/sm²;

f_{400} est le débit de fuite à 400 Pa, voir tableau C12.10.- 3

2.1.2 Exigences.

Les conditions particulières imposent la classe.

S'il n'y a pas d'exigences dans le cahier spécial des charges, il y a lieu d'appliquer pour toutes les groupes la classe L3 au minimum.

La classe L1 est imposée dans les applications suivantes :

- Présence de filtres E10, E11, E12, H13 ou H14 dans le caisson de traitement d'air,
- Caissons de traitement d'air à température négative,
- Caissons de traitement d'air destinées à des locaux classifiés (classes ISO selon ISO 14644-1)

2.2 Groupes de traitement d'air fonctionnant sous pression négative et positive

2.2.1 Classe d'étanchéité

Les essais d'étanchéité à l'air sur les unités modèles (caissons de traitement d'air destinés à la certification) doivent être réalisés à la pression négative de 400 Pa et à la pression positive de 700 Pa.

Les valeurs mesurées ne peuvent pas dépasser les valeurs reprises dans le tableau ci-dessous cfr NBN EN 1886 : 2008 §6.1.2.

Pression d'essai	+700 Pa
Classe d'étanchéité	Débit de fuite maximum f_{700} (l/sm ²)
L1	0,22
L2	0,63
L3	1,90

Tableau C12.10.- 4 : Etanchéité de l'air à l'enveloppe.

Dans le cas de caissons soumis à l'essai à une pression d'essai différente de 700 Pa, le débit de fuite mesuré doit être converti en une valeur à la pression de référence, en utilisant la formule suivante :

$$f_{700} = f_m \left(\frac{700}{\text{pression d'essai}} \right)^{0,65}$$

où

f_m est le débit de fuite mesuré à la pression d'essai réelle en l/sm²;

f_{700} est le débit de fuite converti à 700 Pa, voir Tableau C12.10.- 4.

2.2.2 Exigences

La classe imposée est reprise au point 2.1.2. ci-avant.

2.3 Exigences de résultats

Un certificat basé sur la méthode d'essais de la NBN EN 1886 § 6.2 concernant les performances d'étanchéité des caissons doit être fourni par l'entrepreneur (voir Par. 21./0.).

Dans le cadre d'une entreprise, le fonctionnaire dirigeant peut exiger de l'entrepreneur un test d'étanchéité sur un caisson de traitement d'air de son choix. L'entrepreneur fait réaliser ce test par un organisme de contrôle européen indépendant. Si les résultats du test sont satisfaisants, les coûts sont à charge du pouvoir adjudicateur. Si les résultats de ce test ne correspondent pas aux valeurs annoncées par le fabricant, un test complémentaire sera effectué sur tous les caissons de traitement d'air concernés par l'entreprise. Dans ce cas, tous les tests sont à charge de l'entrepreneur. Les caissons de traitement d'air qui ne satisfont pas aux exigences sont adaptés et / ou remplacés, puis re-testés, et cette procédure est répétée jusqu'à ce que les essais donnent des résultats satisfaisants; ceci à charge de l'entrepreneur.

ARTICLE C12. PAR. 11. *PERFORMANCES ACOUSTIQUES*

Le présent paragraphe fixe les exigences auxquelles doivent satisfaire le caisson de traitement d'air et les appareils qu'il contient afin de limiter à la source le bruit et les vibrations.

Le bruit résultant dans les locaux traités n'est pas considéré ici. Il s'agit uniquement de limiter la nuisance à l'emplacement de l'installation, de telle manière que le problème du bruit et des vibrations résultants dans les locaux desservis puisse être résolu avec un minimum de frais.

Les silencieux ne sont considérés ici que dans la mesure où ils sont incorporés au caisson de traitement d'air.

1. Bruit aérien

On considère tout d'abord les appareils placés dans le caisson comme sources de bruit. Ensuite on considère le caisson dans son ensemble et on fixe les exigences qui le concernent.

1.1 *Les appareils comme sources de bruit*

1.1.1 Le bruit aérien transmis aux conduits

La puissance acoustique transmise par le groupe de traitement d'air dans les conduits d'entrée et de sortie doit être mesurée comme spécifié dans la NBN EN 13053+A1: 2011.

Le résultat est communiqué par l'entrepreneur et détermine la sélection des silencieux. Indépendamment des exigences relatives aux silencieux, le cahier spécial des charges peut imposer une courbe maximale de la puissance acoustique, mesurée suivant la norme précitée.

1.1.2 Les silencieux

Les impositions qui suivent concernent uniquement les silencieux placés dans les caissons de traitement d'air.

- Les silencieux appartiennent à l'un des types suivants :
 - silencieux à absorption,
 - silencieux à résonance,
 - silencieux à absorption et à résonance

Le choix est fait en fonction des exigences acoustiques du cahier spécial des charges et en fonction des exigences du chapitre D du présent cahier des charges type. L'entrepreneur soumet ce choix à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

- Du point de vue du comportement au feu et de la résistance à l'érosion le matériau assurant l'atténuation acoustique satisfait aux conditions suivantes:
 - Le matériau d'isolation, y compris le revêtement anti-érosion éventuel, satisfait à l'art. C41.; de plus, ces matériaux ne dégagent aucun gaz toxique jusqu'à 1.200°C.
 - Le matériau d'isolation, y compris le revêtement anti-érosion éventuel ne peut se briser, s'effiloquer ou montrer des traces d'érosion continue lors d'un essai où l'air est véhiculé à travers des éléments types, à une vitesse égale à 1,5 fois la vitesse maximale en service, sans que cette vitesse ne soit jamais inférieure à 18 m/s.
- De plus, le matériau satisfait aux exigences suivantes :
 - La pression régnant dans la section "silencieux" ne peut détériorer le matériau ni affecter ses performances acoustiques. Les tests à ce sujet sont effectués, selon la nature du matériau, d'après la norme NBN EN ISO 844 : 2009.
- Pour des raisons d'hygiène, les silencieux ne doivent pas être placés juste après les refroidisseurs avec déshumidification ou après les autres dispositifs d'humidification sans séparateurs de gouttelettes

- Afin d'assurer un débit d'entrée et de sortie sans entrave, une distance minimale entre les silencieux et les autres composants, de 1 x (entrée) et/ou 1,5 x (sortie) l'épaisseur maximale des baffles doit être prévue.
- Il convient que les baffles individuels puissent être retirés pour être nettoyés, et soient fabriqués uniquement de matériaux présentant une résistance permanente à l'érosion; et cela pour des raisons de santé.

1.2 Le caisson de traitement d'air comme source de bruit

Le bruit produit par le groupe de traitement d'air se propage non seulement par les conduits, mais également vers le local technique et, de là, vers les locaux voisins. Une centrale de toiture constitue quant à elle une source directe pour les locaux situés à proximité.

Les prescriptions ci-après traitent de cet aspect du problème acoustique.

1.2.1 Valeurs limites des niveaux de bruit

Les exigences du chapitre D du présent cahier des charges type sont respectées.

1.2.2 Traitement acoustique du caisson de traitement d'air

La paroi des caissons de traitement d'air est obligatoirement constituée d'une double paroi, comme imposé dans les règles générales du présent article Par. 2./1.4..

L'épaisseur des tôles dépend à la fois des exigences acoustiques et de celles en matière de stabilité ; le critère le plus contraignant est déterminant pour le dimensionnement.

Le matériau acoustique – en même temps isolation thermique – qui remplit les panneaux sandwich doit satisfaire aux prescriptions de l'art. C41..

Les qualités (entre autres l'épaisseur) retenues pour le matériau isolant sont les meilleures de celles que requièrent les exigences du paragraphe précédent (Par. 10.) et du présent paragraphe.

L'entrepreneur précise la composition des parois des caissons.

2. Vibrations

Les présentes prescriptions fixent des limites aux vibrations transmises par le caisson de traitement d'air à la structure du bâtiment.

Les exigences ci-après ne concernent que les ventilateurs placés dans les caissons de traitement d'air et sont exprimées en termes de niveaux de vibrations du caisson.

Les mesures complémentaires à prendre éventuellement pour limiter les vibrations dans le local technique et les autres locaux ne relèvent pas du présent article.

2.1 Exigences concernant les ensembles moteur-ventilateur

En ce qui concerne l'isolation des vibrations de l'ensemble du moteur et du ventilateur, le chapitre D : « Acoustique » et plus particulièrement l'article D5. Par. 5. et les correspondances du tableau D1 sont d'application.

Le déséquilibre du moteur et du ventilateur est limité à la classe G 2,5 de la norme ISO 1940-1 :2003.

2.2 Exigences concernant les caissons dans leur ensemble

2.2.1 Caissons de traitement d'air installés dans les locaux techniques.

Les caissons de traitement d'air sont toujours placés sur une base surélevée :

- Soit sur un socle en béton d'une épaisseur minimale de 8 cm dont le bord est protégé par une cornière 50 x 50 x 5 mm.
- Soit sur une armature métallique à fournir par l'entrepreneur ;
- Soit le caisson de traitement d'air est équipée de pieds avec plots anti-vibratiles.

Dans les deux premiers cas, des bandes en caoutchouc ou en élastomère de polyuréthane cellulaire sont placées entre le socle et la base du caisson de traitement d'air afin d'isoler contre les vibrations. Leurs caractéristiques doivent satisfaire aux impositions du chapitre D : « Acoustique ».

Si le caisson de traitement d'air est équipée de pieds avec plots anti-vibratiles, il appartient à l'entrepreneur de fournir les informations relatives à l'amortissement des vibrations et d'en prouver l'équivalence avec les impositions mentionnées ci-avant.

2.2.2 Centrales de toiture et exposées aux intempéries.

Les centrales de toitures sont toujours montées sur socle (béton ou métallique cfr au § 2.2.1) et jamais sur pieds. Les dispositions concernant les bandes de caoutchouc citées au § 2.2.1 sont d'application. Voir également le Par. 2./ 2.2. et 3.3..

2.3 Raccordement aux conduits d'air

Les raccordements entre le caisson de traitement d'air et les conduits d'air sont réalisés au moyen de manchettes souples. La longueur de celles-ci ne peut être inférieure à 90 mm.

Les manchettes et les conduits d'air doivent être parfaitement alignés et sont de type isolées.

Pour les établissements de soins, laboratoires et d'une manière générale les locaux classifiés au niveau propreté et hygiène, seules des manchettes ne présentant pas de plis sont autorisées.

3. Implantation critique

Dans le cas d'une implantation critique des précautions complémentaires – au niveau de l'isolement acoustique et/ou au niveau de l'atténuation des vibrations – peuvent être nécessaires.

Le cas échéant, l'entrepreneur doit démontrer, sur base d'une étude acoustique et vibratoire dont il a la charge, que les précautions complémentaires proposées permettent de respecter les niveaux de bruit dans les locaux occupés avoisinants.

ARTICLE C12. PAR. 12. **PERFORMANCES VIS-A-VIS DE LA CORROSION**

Le problème de la corrosion, ainsi que les performances requises, sont décrits à l'art. C40. Le présent paragraphe ne reprend que les exigences spécifiques aux caissons de traitement d'air.

1. Exigences générales

1.1

Pour les centrales de toiture, les prescriptions correspondant au climat extérieur s'appliquent tant du côté intérieur du caisson que du côté extérieur.

1.2

Pour les autres caissons (donc ceux qui sont placés à l'intérieur), les règles suivantes s'appliquent :

- côté extérieur du caisson : prescriptions pour la classe de corrosion C2 (« faible ») selon NBN EN ISO 9223 (environnement atmosphérique rural),
- côté intérieur du caisson : prescriptions pour l'environnement atmosphérique régnant sur le site où le bâtiment se trouve,
- côté intérieur d'un groupe ne traitant que de l'air recyclé : prescriptions pour climat intérieur

1.3

En environnement atmosphérique côtier ou industriel (correspondant à la classe de corrosion C4 « élevée » ou C5 « très élevée » selon NBN EN ISO 9223) les prescriptions correspondant à ces environnements s'appliquent tant pour le côté intérieur que pour le côté extérieur de tous les caissons.

1.4 Caissons en acier

1.4.1 L'utilisation d'acier peint ou revêtu d'un coating (et non revêtu d'un métal) n'est pas admise, ni en climat intérieur, ni en climat extérieur.

1.4.2 L'acier revêtu d'un métal n'est admis qu'en climat extérieur du type environnement atmosphérique rural (classe de corrosion C1). Pour tout autre climat extérieur, l'acier doit être revêtu d'un métal et d'une peinture ou d'un coating.

1.4.3 Pour les environnements atmosphériques côtiers et industriels, seuls les revêtements haut de gamme comme l'Al Zn185 et l'acier inoxydable AISI 304, 316, 441 ou 444 sont admis.

1.5 Alliages

Pour les applications avec d'autres alliages il est renvoyé à l'art. C40. pour ce qui concerne leur applicabilité et les impositions techniques éventuelles.

1.6 Caissons non métalliques

D'autres matériaux sont autorisés pour autant qu'ils satisfassent à l'ensemble des exigences de l'art. C12.

2. Exigences particulières

Ces prescriptions concernent les caissons comportant un humidificateur ou une batterie froide, ainsi que le cas des media corrosifs (cités au Par. 3./1.2. quatrième tiret).

2.1

Pour les prescriptions particulières applicables aux sections humidificateur et batterie froide il est renvoyé au Par. 6./2. et Par. 5./1.g du présent article C12..

Dans le cas où le caisson est composé de sections réalisées en métaux différents, il faut être particulièrement attentif aux impositions de l'art. C40. en ce qui concerne la corrosion différentielle.

2.2

En cas de media corrosifs (extraction de laboratoires, hotte, milieux salins, etc), seul un acier inoxydable approprié ou une matière synthétique armée appropriée sont admis.

ARTICLE C12. PAR. 21. DISPOSITIONS DEVANT FIGURER AU CAHIER SPECIAL DES CHARGES ET INFORMATIONS A FOURNIR PAR L'ENTREPRENEUR

Le présent paragraphe final contient les dispositions qui doivent figurer au cahier spécial des charges et les renvois au texte correspondant ainsi qu'un aperçu des documents à fournir par l'entrepreneur.

Il va de soi que ce qui est demandé ci-après s'applique uniquement dans la mesure où le module en question figure au projet.

1. Dispositions devant figurer au cahier spécial des charges

1.1

Le cahier spécial des charges doit indiquer si le groupe de traitement d'air doit ou non remplir une fonction de secours (Par. 1./13., Par. 8./1.1. et Par. 7./1.1.4., 1.2.3. et 1.3.4.).

1.2

Le cahier spécial des charges indique la nature du medium à véhiculer (Par. 3./1.2. deuxième tiret) ainsi que le climat de l'emplacement (Par. 12. et art. C40.).

1.3

Le cahier spécial des charges indique les niveaux sonores qui sont autorisés dans les locaux acoustiquement influencés par le caisson de traitement d'air (Par. 3./5. et Par. 11./1.2.).

1.4

Le cahier spécial des charges fixe le facteur de dérivation ("by-pass") des batteries (Par. 5./2.).

1.5

Le cahier spécial des charges indique le type d'humidificateur à utiliser (Par. 6./1.).

1.6

Le cahier spécial des charges détermine le type d'acier inoxydable à utiliser (Par. 6./2.2.).

1.7

Le cahier spécial des charges définit la classe d'étanchéité des clapets (Par. 7./1.2.1.) ainsi que leur fonction (Par. 7./1.1.).

1.8

Le cahier spécial des charges indique si les possibilités suivantes doivent être prévues :

- Par. 8./**Erreur !** - Eclairage dans le module d'accès
- Source du**
- renvoi**
- introuvable..**
- Par. 8./2.2. - Modules de transformation et type
- Par. 8./2.3. - Section d'humidification libre
- Par. 8./2.4. - Module de mesure et ses dimensions
- Par. 8./2.5. - Module de récupération de pression

2. Informations à fournir par l'entrepreneur

Lors de la remise des fiches techniques pour les groupes de traitement d'air l'entrepreneur doit fournir les informations suivantes :

2.1

L'entrepreneur fournit, au cas où le fonctionnaire dirigeant le demande, le rapport d'essai concernant le fonctionnement du séparateur de gouttelettes (Par. 6./3.2.2.3.).

2.2

Il fournit par ailleurs l'ensemble des données concernant la procédure de nettoyage du module d'humidification de l'air (Par. 6./3.3.1.4.).

2.3

L'entrepreneur confirme la classe d'étanchéité des registres. (Voir Par. 7./1.2.1.2.) et fournit les caractéristiques des registres, comme demandé au Par. 7./1.3..

2.4

L'entrepreneur fournit, la preuve que les joints des clapets répondent aux exigences figurant au Par. 7./**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, ainsi que, le résultat des essais sur les éléments en matière plastique, requis au Par. 7./**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

2.5

L'entrepreneur fournit le résultat des essais sur les matériaux isolants, requis aux Par. 10./1.5. et 11./1.1.2..

2.6

L'entrepreneur propose son choix de silencieux (Par. 11./1.1.2.).

2.7

L'entrepreneur fournit le certificat indiquant le balourd du moteur et du ventilateur ainsi qu'un certificat indiquant "la valeur G" obtenue (DIN 4150 T2) comme demandé au Par. 11./2.1.

2.8

L'entrepreneur délivre les documents décrits au chapitre D - Acoustique, point 6.

2.9

L'entrepreneur fournit les certificats de tests réalisés conformément à la NBN EN 1886 pour les groupes sélectionnés comme demandé aux Par. 2./2.1., Par. 4./1.2., Par. 10./1.2., Par. 10./1.3., Par. 10./2. et Par. 11./1.2.1.3..

2.10

L'entrepreneur confirme la classe de vitesse d'air en section libre comme définie au Par. 2./5.2..

2.11

L'entrepreneur fournit les instructions relatives au fonctionnement, à l'entretien et de sécurité pour les caissons de traitement d'air installés, et notamment les points suivants :

- instructions pour une utilisation sans risque dans des conditions de fonctionnement et d'entretien;
- instructions pour la mise en marche et l'arrêt de l'équipement ;
- instructions pour l'équipement et les instruments de contrôle, les inspections périodiques, la fréquence recommandée quant à ces inspections ;
- description du fonctionnement normal du caisson, les instructions concernant le matériel de protection et de commande, les instructions pour la recherche de défauts ;
- instructions pour l'entretien et le nettoyage, avec schémas ; en ce qui concerne les composants exigeant un entretien ou un renouvellement périodique, il est nécessaire de fournir un échéancier d'entretien indicatif, ainsi qu'une liste des pièces détachées et des accessoires ;

Remarque :

L'entrepreneur doit s'assurer auprès des fournisseurs potentiels de groupes de traitement d'air qu'ils seront capables de lui fournir ces instructions pour l'exploitation et la maintenance dans la langue demandée.

ARTICLE C13. VENTILATEURS

CONTENU

ARTICLE C13. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES.....	2
ARTICLE C13. PAR. 1. CHAMP D'APPLICATION.....	3
ARTICLE C13. PAR. 2. TYPES ADMIS.....	4
1. VENTILATEURS HÉLICOÏDES OU AXIAUX.....	4
2. VENTILATEURS CENTRIFUGES.....	4
3. VENTILATEURS HÉLICO-CENTRIFUGES.....	4
4. VENTILATEURS À ROUE LIBRE.....	4
5. VENTILATEURS TANGENTIELS.....	4
ARTICLE C13. PAR. 3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES GÉNÉRALES.....	5
1. MATÉRIAUX.....	5
2. ROULEMENTS ET ÉQUILIBRAGE.....	5
3. VENTILATEURS CENTRIFUGES.....	5
4. VENTILATEURS À ROUE LIBRE.....	5
5. VENTILATEURS HÉLICOÏDES ET HÉLICO-CENTRIFUGES.....	5
6. TRANSMISSION PAR POULIES ET COURROIES.....	6
7. MOTEURS.....	6
ARTICLE C13. PAR. 4. EXIGENCES CONSTRUCTIVES SUIVANT L'APPLICATION.....	7
1. CAISSONS DE TRAITEMENT D'AIR ET ARMOIRES DE CLIMATISATION.....	7
2. VENTILATEURS D'EXTRACTION DE TOITURE.....	7
3. VENTILATEURS DE CONDUITS.....	7
4. VENTILATEURS DE PAROI.....	7
5. VENTILATEURS POUR TOURS DE REFROIDISSEMENT ET CONDENSEURS À AIR.....	8
6. VENTILATEURS DE PARKING.....	8
6.1. Ventilateurs d'extraction.....	8
6.2. Accélérateurs.....	8
7. VENTILATEURS EFC.....	8
ARTICLE C13. PAR. 5. PERFORMANCES.....	9
1. RENDEMENT.....	9
1.1. Exigences générales.....	9
1.2. Exigences in situ des ventilateurs.....	9
1.3. Rendement transmission moteur-ventilateur.....	9
1.4. Rendement du moteur.....	9
2. COURBES CARACTÉRISTIQUES.....	10
3. EXIGENCES SPÉCIFIQUES POUR VENTILO-CONVECTEURS ET CASSETTES PLAFONNIÈRES.....	10

ARTICLE C13. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
DIN 24166	Fans; technical delivery conditions	01-1989
DIN 7753-1	Endless narrow V-belts for mechanical engineering purposes; dimensions	01-1988
ISO 13348	Ventilateurs industriels — Tolérances, méthodes de conversion et présentation des données techniques	2007
ISO 14694/Amd 1	Ventilateurs industriels -- Spécifications pour l'équilibrage et les niveaux de vibration - Amendement 1	10-2010
ISO 1940-1 ISO 1940-1/Cor 1	Vibrations mécaniques -- Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage pour les rotors en état (rigide) constant -- Partie 1: Spécifications et vérification des tolérances d'équilibrage	2003 2005
ISO 281	Rolling bearings - Dynamic load ratings and rating life	2007
ISO 12759	Ventilateurs – Classification du rendement des ventilateurs	12-2010
NBN EN ISO 12100	Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque et réduction du risque	12-2010
NBN EN ISO 13349	Ventilateurs - Vocabulaire et définitions des catégories	10-2010
NBN EN ISO 5801	Ventilateurs industriels - Essais aérauliques sur circuits normalisés	03-2009
NBN EN 12101-3	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur - Partie 3: Spécifications pour les ventilateurs extracteurs de fumées et de chaleur	05-2002
NBN EN 12101-3/AC	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur - Partie 3: Spécifications pour les ventilateurs extracteurs de fumées et de chaleur	03-2005

ARTICLE C13. PAR. 1. CHAMP D'APPLICATION

Le présent article s'applique aux ventilateurs :

- des installations de ventilation et de traitement d'air
- des tours de refroidissement
- des condenseurs à air
- des tourelles d'extraction
- utilisés pour l'évacuation des fumées et de la chaleur (EFC)
- en caisson, dans les rideaux d'air, dans les ventilo-convecteurs
- utilisés dans les parkings et pour la ventilation des tunnels.

Ne sont pas concernés :

- les ventilateurs des brûleurs
- les ventilateurs pour refroidissement interne des appareils qui n'ont pas une fonction de refroidissement (par exemple convertisseurs de fréquence, ordinateurs etc.).

ARTICLE C13. PAR. 2. TYPES ADMIS

1. Ventilateurs hélicoïdes ou axiaux

Pour ces appareils, le rotor a des pales de forme hélicoïdale ; l'air entre face au rotor parallèlement à l'axe de rotation et en ressort en aval de celui-ci selon le même axe. Le ventilateur peut être équipé d'aubes directrices fixes pour redresser le flux d'air.

2. Ventilateurs centrifuges

Pour ces ventilateurs l'air pénètre dans la roue dans une direction essentiellement axiale et en sort dans une direction sensiblement perpendiculaire à cet axe.

Par rapport au ventilateur hélicoïde le ventilateur centrifuge fournit une pression différentielle plus élevée.

Le ventilateur centrifuge comprend des pieds, une volute, deux flasques, une roue équipée d'aubes directrices, la roue étant montée sur un arbre reposant sur des roulements. Les flasques sont percés latéralement soit sur un côté (ventilateur simple ouïe) ou sur les deux (ventilateur double ouïe) afin d'aspirer l'air. Les roulements sont montés dans l'axe de l'ouïe d'aspiration. La volute se termine par une ouverture (refoulement d'air) avec un cadre de raccordement permettant de monter une manchette souple.

L'orientation des aubes directrices à la périphérie par rapport au sens de rotation détermine le type de ventilateur centrifuge :

- aubes inclinées vers l'arrière : ce type de ventilateur se caractérise par un rendement élevé
- aubes inclinées vers l'avant : ce type a une capacité (débit et pression) supérieure par rapport au type à aubes inclinés vers l'arrière, mais le rendement est moins élevé et le fonctionnement peut être instable

3. Ventilateurs hélico-centrifuges

Pour ces ventilateurs l'air suit une trajectoire à travers la roue intermédiaire entre celle d'un ventilateur centrifuge et celle d'un ventilateur hélicoïde.

4. Ventilateurs à roue libre

Le ventilateur à roue libre est un ventilateur de type centrifuge ou hélico-centrifuge mais sans volute. La roue est montée directement sur l'axe du moteur et est à simple aspiration.

Ces ventilateurs se placent dans un espace fermé, par exemple dans la section ventilateur du caisson de traitement d'air ou dans un plénum.

La transformation de pression dynamique en pression statique est réalisée dans cet espace ; cette transformation est moins performante que dans une volute, ce qui a pour conséquence un rendement moins élevé.

Par contre ces ventilateurs se caractérisent par un niveau sonore plus faible.

5. Ventilateurs tangentiels

La trajectoire de l'air dans la roue se fait dans une direction essentiellement perpendiculaire à son axe tant à l'entrée qu'à la sortie de la roue à sa périphérie, ce qui permet de gagner de la place.

De ce fait, et vu le rendement assez bas, ce type de ventilateur est utilisé pour de petits appareils tels que ventilo-convecteurs et rideaux d'air.

ARTICLE C13. PAR. 3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES GENERALES

1. Matériaux

Sauf indications contraires dans le cahier spécial des charges et dans le par. 4 ci-dessous, les prescriptions suivantes sont d'application.

Les roues et les pales sont construites en :

- acier, revêtu de peinture époxy
- aluminium
- matière plastique renforcée de fibres

Le logement est fabriqué en tôles d'acier galvanisé renforcées afin d'éviter toute déformation.

Les ventilateurs d'un débit inférieur à 500 m³/h peuvent être constitués entièrement de matière plastique.

Toutes les matières plastiques doivent satisfaire à la classe de réaction au feu B-s1,d0 suivant NBN EN 13501-1 :2007

2. Roulements et équilibrage

Les roues sont montées sur des roulements avec paliers auto-alignants et graissés à vie. Les paliers et roulements doivent être dimensionnés pour une durée de vie minimale (L₁₀ selon ISO 281-1) de 40.000 heures de fonctionnement à la vitesse maximale.

Le groupe moto-ventilateur (en cas de transmission directe) ou la roue sont équilibrés statiquement et dynamiquement conformément aux normes ISO 14694:2003/Amd 1:2010 (vibrations) et ISO 1940-1, Classe G : 2,5.

3. Ventilateurs centrifuges

Sauf indications contraires dans le cahier spécial des charges, les ventilateurs sont du type à double ouïe d'aspiration, roue à aubes inclinées vers l'arrière avec accouplement par poulies et courroies.

Pour les emplacements non critiques, des ventilateurs centrifuges à aubes inclinées vers l'avant peuvent être utilisés, pour autant que le débit soit inférieur à 5.000 m³/h et que la pression totale ne dépasse pas 600 Pa.

Pour les ventilateurs centrifuges d'un débit inférieur à 1.000 m³/h, le ventilateur peut être à simple ouïe. Un ventilateur n'assurant que l'évacuation d'air peut toujours être à simple ouïe.

Pour les ventilateurs d'un débit inférieur à 2.500 m³/h ou dont le moteur est alimenté par un convertisseur de fréquence, l'accouplement peut être direct.

4. Ventilateurs à roue libre

Le ventilateur est de type centrifuge ou hélico-centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière.

La roue est montée directement sur l'axe du moteur et est à simple ouïe d'aspiration.

Le ventilateur est équipé d'un cône d'aspiration monté sur le châssis du groupe moto-ventilateur.

Le moteur est toujours alimenté par un convertisseur de fréquence.

Le ventilateur à roue libre est dimensionné afin que la fréquence du moteur au débit nominal ne dépasse pas 75 Hz dans le cas d'un moteur asynchrone.

5. Ventilateurs hélicoïdes et hélico-centrifuges

Les ventilateurs hélicoïdes et hélico-centrifuges sont à accouplement direct ou par poulies et courroies.

Le ventilateur est éventuellement équipé d'aubes directrices fixes et d'un diffuseur à la sortie afin d'atteindre le rendement requis.

Lorsqu'il est à aspiration libre, il est équipé d'un cône d'entrée et d'une grille de protection à l'aspiration.

Lorsqu'il est à expulsion libre, il est équipé grille de protection à la sortie.

6. Transmission par poulies et courroies

Le nombre de poulies/courroies ainsi que le diamètre de poulie minimum est déterminé par le constructeur du ventilateur afin que les contraintes de palier admissibles ne soient pas dépassées.

Lorsqu'il n'y a pas au moins N+1 courroies, où N est le nombre de courroies nécessaires pour assurer le fonctionnement, un dispositif permettant de détecter la rupture d'une courroie doit être prévu.

Les poulies sont fabriquées en fonte grise et doivent être équilibrées statiquement (G16) ou dynamiquement (G 6.3) en fonction de la vitesse circonférentielle. La fixation sur l'arbre du moteur ou du ventilateur doit être effectuée au moyen de douilles de serrage.

Les courroies trapézoïdales doivent résister à la température jusqu'à 80°C, aux huiles minérales et être conductrices au niveau électrostatique (cfr. DIN 7753-1).

Les courroies plates en matière synthétique sont acceptées pour des puissances utiles du ventilateur inférieures ou égales à 5 kW et une vitesse maximale de rotation de 1.500 rpm.

7. Moteurs

Le moteur doit avoir une réserve de puissance de 10% au débit d'utilisation, avec la perte de charge finale maximale du filtre (suivant les clauses de l'art C16 par. 5) si présence de celui-ci dans le circuit d'air ; dans le cas de plusieurs filtres en série, il faut tenir compte de la perte de charge finale maximale du filtre avec la perte de charge finale maximale la plus élevée, et de 75% de la perte de charge finale maximale des autres filtres.

ARTICLE C13. PAR. 4. EXIGENCES CONSTRUCTIVES SUIVANT L'APPLICATION

1. Caissons de traitement d'air et armoires de climatisation

Les ventilateurs sont du type centrifuge ou à roue libre.

L'ensemble moto-ventilateur doit être monté sur un seul châssis. Le châssis est raccordé au caisson par un conducteur jaune-vert pour la mise à la terre. Il doit être monté sur des dispositifs antivibratoires suivant les clauses du chapitre D.

Le montage du moteur avec accouplement par poulies et courroies permet de le positionner facilement selon 2 axes, afin d'aligner et de tendre la transmission avec précision.

Le raccordement de la volute au caisson est prévu par l'intermédiaire d'une manchette souple et d'un cadre de raccordement ; pour les ventilateurs à roue libre le cône d'aspiration est raccordé à la tôle de séparation ou à la paroi du caisson par une manchette souple.

Au niveau de la sécurité mécanique des ventilateurs, les dispositions à prendre doivent être conformes à celles de la norme NBN EN ISO 12100:2010.

Pour les ventilateurs à roue libre un dispositif de mesure de pression différentielle est prévu d'usine afin de comparer la pression statique à l'entrée du cône d'aspiration avec la pression statique mesurée en boucle au point le plus étroit du cône. Cette différence de pression est en relation directe avec le débit volumique et le facteur propre au diamètre de la roue. Les prises de pressions doivent être raccordées à ce dispositif de mesure, et être disponibles sur la face extérieure de la section de ventilation, ou bien la pression différentielle doit être indiquée sur le dispositif de mesure.

Les ventilateurs centrifuges des caissons de traitement d'air réalisent une pression dynamique qui est limitée à 10 % de la pression totale lorsqu'on utilise des aubes inclinées vers l'arrière et à 20 % en utilisant des aubes inclinées vers l'avant.

2. Ventilateurs d'extraction de toiture

La roue du ventilateur est fixée sur l'axe du moteur, l'ensemble moto-ventilateur doit être monté sur des plots antivibratoires en caoutchouc.

Un capot empêche l'infiltration d'eau de pluie dans le conduit d'air et dans l'espace moteur; le moteur doit être protégé contre l'humidité et doit pouvoir fonctionner à basse température.

Des volets ou des persiennes empêchent l'entrée d'air dans les bâtiments sous l'action du vent à l'arrêt de l'appareil et ce sans intervention manuelle. Ils s'ouvrent sous l'effet du flux d'air du ventilateur ou par servomoteur, doivent être de classe SL125 sous l'effet d'une charge due à la neige et pouvoir fonctionner à basse température.

L'ensemble doit être construit en matière inoxydable et être entièrement exempt d'entretien.

Un interrupteur de sécurité doit être monté et câblé en usine. Il est au minimum de classe IP54. Il est monté sur l'extracteur et protégé contre les intempéries.

Un treillis en matière inoxydable du côté du rejet d'air empêche l'intrusion de feuilles etc.

3. Ventilateurs de conduits

Les ventilateurs sont du type hélicoïde ou hélico-centrifuge à accouplement direct ; ils sont montés dans un logement avec des raccords pour conduits d'air circulaires.

4. Ventilateurs de paroi

Les ventilateurs sont équipés d'un dispositif spécialement profilé qui empêche l'entrée d'air dans les bâtiments sous l'action du vent à l'arrêt de l'appareil et ce sans intervention manuelle.

Les ventilateurs de parois doivent également être munis d'une grille de protection des deux côtés pour éviter les contacts fortuits et l'entrée de corps étrangers. Ces grilles peuvent faire partie intégrante du logement du ventilateur.

L'ensemble doit être construit en matière inoxydable et être entièrement exempt d'entretien.

5. Ventilateurs pour tours de refroidissement et condenseurs à air

Voir l'art. C4.

6. Ventilateurs de parking

6.1. Ventilateurs d'extraction

Les ventilateurs sont du type hélicoïde à entraînement direct ou centrifuge.

Les moteurs sont du type à plusieurs vitesses ou prévus pour alimentation par variateur de fréquence.

Lorsque plusieurs ventilateurs fonctionnent en parallèle, ils doivent être équipés d'un clapet anti-retour pour éviter le retour d'air à travers des ventilateurs hors fonctionnement.

Lorsque plusieurs ventilateurs fonctionnent en série, leurs caractéristiques doivent être sélectionnées afin d'éviter la surcharge dans le cas d'un ventilateur hors fonctionnement ou fonctionnant à petite vitesse.

6.2. Accélérateurs

Les ventilateurs sont du type hélicoïde ou centrifuge à entraînement direct.

Ils peuvent être à écoulement d'air monodirectionnel ou bidirectionnel.

L'ensemble est composé:

- d'un caisson enveloppe en tôles d'acier galvanisé.
- de consoles permettant une fixation aisée de l'accélérateur
- d'une grille de protection côté aspiration d'air
- d'un dispositif d'ailettes directionnelles côté refoulement
- de deux éléments silencieux, placés en amont et en aval du ventilateur,

7. Ventilateurs EFC

Les ventilateurs pour l'évacuation des fumées et de la chaleur doivent satisfaire aux exigences supplémentaires suivantes.

L'ensemble moteur-ventilateur (y compris transmission, châssis, câblage, bornier, etc.) est conforme à la norme NBN EN 12101-3; il doit être marqué CE et l'entrepreneur fournit le certificat et la déclaration de conformité.

La classe minimale de résistance à la chaleur est de F300.

Les ventilateurs sont montés selon les exigences du fabricant, conformément à la classe d'application du certificat :

- calorifugé ou non
- immergé ou non dans le réservoir de fumée
- également apte à la ventilation journalière ou non
- amenée d'air frais pour refroidissement interne (moteur, transmission, etc.) nécessaire ou non

Les accessoires (socle, cadre de montage, silencieux, etc.) qui peuvent être en contact avec les gaz chauds doivent résister à la même température pendant le même temps que le ventilateur.

Si le ventilateur est équipé de volets ou persiennes (dans le cas où il est installé dans une paroi extérieure ou dans une toiture), ceux-ci doivent répondre aux exigences d'ouverture sous l'effet du vent, être de classe SL125 sous l'effet d'une charge due à la neige et pouvoir fonctionner à basse température (classe T(-15)) selon NBN EN 12101-3.

ARTICLE C13. PAR. 5. PERFORMANCES

1. Rendement

1.1. Exigences générales

Les ventilateurs doivent répondre aux exigences du règlement (UE) N° 327/2011 portant application de la directive européenne 2009/125/CE établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux ventilateurs entraînés par des moteurs d'une puissance électrique à l'entrée comprise entre 125 W et 500 kW.

Note : ce règlement impose un rendement global de l'ensemble moteur/transmission/ventilateur à son point de rendement optimal.

1.2. Exigences in situ des ventilateurs

Le ventilateur lui-même a au moins le rendement (c.à.d. le rapport de la puissance utile fournie à l'air à la puissance transmise à l'axe du ventilateur) suivant :

Puissance utile	Rendement		
	Ventilateur centrifuge	Ventilateur hélicoïde ou hélico-centrifuge	Ventilateur à roue libre
≥ 15 kW	82 %	80 %	72 %
≥ 7,5 kW et < 15 kW	80 %	77 %	72 %
≥ 5,0 kW et < 7,5 kW	77 %	75 %	72 %
≥ 3,5 kW et < 5,0 kW	75 %	72 %	72 %
≥ 2,0 kW et < 3,5 kW	72 %	70 %	70 %
≥ 1,0 kW et < 2,0 kW	70 %	68 %	68 %

Les rendements susmentionnés sont obtenus au point de fonctionnement.

Pour les ventilateurs à débit variable, il y a lieu d'envisager deux points de fonctionnement, l'un au débit maximal et l'autre à 60% de celui-ci ; dans ce dernier cas, le rendement doit être de 95% du rendement mentionné ci-dessus.

Pour les ventilateurs dont le circuit d'air comprend un filtre, les rendements doivent être donnés au point de fonctionnement avec la prise en compte de l'encrassement moyen des filtres.

Notes :

- Contrairement aux exigences du point 1.1 ces valeurs sont d'application au point de fonctionnement réel
- Ils sont sensiblement plus sévères que ceux du point 1.1, mais ils ne concernent que des puissances utiles à partir de 1 kW

1.3. Rendement transmission moteur-ventilateur

Les valeurs minimales à prendre en considération sont définies dans le tableau ci-après.

Puissance utile du ventilateur (P_{ut})	Rendement	
	Courroies trapézoïdales	Courroies plates
< 1 kW	89 %	94 %
≥ 1 kW et < 5 kW	$(1,75 \times P_{ut} + 87,25) \%$	$(P_{ut} + 93) \%$
≥ 5 kW	96 %	98 %

1.4. Rendement du moteur

Voir art. C22.

2. Courbes caractéristiques

L'entrepreneur fournit les courbes caractéristiques des ventilateurs, c.à.d. les courbes de la pression totale et du rendement en fonction du débit, déterminées selon la norme NBN EN ISO 5801:2009.

Le ventilateur est mesuré dans une « catégorie de mesure » selon la norme NBN EN ISO 5801:2009 correspondante à la situation réelle :

- catégorie de mesure A : aspiration et pulsion libres
- catégorie de mesure B : aspiration libre et pulsion reliée à un conduit d'air
- catégorie de mesure C : aspiration reliée à un conduit d'air et pulsion libre
- catégorie de mesure D : aspiration et pulsion reliées à un conduit d'air

3. Exigences spécifiques pour ventilo-convecteurs et cassettes plafonniers

Suivant le programme de certification EUROVENT- FCU pour ventilo-convecteurs à eau chaude et à eau glacée, les facteurs FCEER et FCCOP sont mesurés et calculés. Ces facteurs permettent de classer les ventilo-convecteurs suivant l'efficacité énergétique en mode de chauffage et de refroidissement.

La classe est déterminée en tenant compte de 3 vitesses (basse, moyenne et haute).

FCEER et FCCOP sont définis de la manière suivante :

$$FCEER = (65\% * P_{C_{Low}} + 30\% * P_{C_{Med}} + 5\% * P_{C_{High}}) / (65\% * P_{eC_{Low}} + 30\% * P_{eC_{Med}} + 5\% * P_{eC_{High}})$$

$$FCCOP = (70\% * P_{h_{Low}} + 25\% * P_{h_{Med}} + 5\% * P_{h_{High}}) / (70\% * P_{eh_{Low}} + 25\% * P_{eh_{Med}} + 5\% * P_{eh_{High}})$$

Où:

P_c = puissance thermique totale fournie en refroidissement (en kW)

P_h = puissance thermique fournie en chauffage (en kW)

P_{ec} = puissance électrique absorbée en mode refroidissement (en kW)

P_{eh} = puissance électrique absorbée en mode chauffage (en kW)

Les classes énergétiques sont définies comme suit :

Classe énergétique	Ventilo-convecteurs non gainés		Ventilo-convecteurs gainés	
	Mode refroidissement	Mode chauffage	Mode refroidissement	Mode chauffage
A	FCEER ≥ 185	FCCOP ≥ 265	FCEER ≥ 85	FCCOP ≥ 85
B	185 > FCEER ≥ 120	265 > FCCOP ≥ 160	85 > FCEER ≥ 60	85 > FCCOP ≥ 60
C	120 > FCEER ≥ 80	160 > FCCOP ≥ 100	60 > FCEER ≥ 40	60 > FCCOP ≥ 40
D	80 > FCEER ≥ 55	100 > FCCOP ≥ 70	40 > FCEER ≥ 25	40 > FCCOP ≥ 25
E	55 > FCEER ≥ 40	70 > FCCOP ≥ 50	25 > FCEER ≥ 15	25 > FCCOP ≥ 15
F	40 > FCEER ≥ 30	50 > FCCOP ≥ 40	15 > FCEER ≥ 10	15 > FCCOP ≥ 10
G	30 > FCEER	40 > FCCOP	10 > FCEER	10 > FCCOP

Seuls les appareils de la classe A, B et C sont autorisés ; toutefois pour les appareils fonctionnant avec de l'eau glacée dont la température de départ est au-dessus de 10°C, la classe C est interdite.

L'entrepreneur fournira pour les appareils sélectionnés la preuve de la certification EUROVENT dans les classes requises, ou bien la preuve d'un essai par un organisme indépendant et un calcul qui démontre que les appareils répondent aux facteurs FCCOP/FCEER de la classe requise.

ARTICLE C14. CONDUITS D'AIR**CONTENU**

ARTICLE C14 PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES.....	3
ARTICLE C14 PAR. 1. CONDITIONS GÉNÉRALES CONCERNANT TOUS LES CONDUITS D'AIR.....	4
1. MATÉRIAUX CONSTITUANT LES CONDUITS.....	4
2. NORMALISATION DES SECTIONS ET DES PIÈCES SPÉCIALES.....	4
3. ÉTANCHEITÉ.....	4
4. POSE DES CONDUITS.....	6
5. REGARDS DE NETTOYAGE.....	6
6. CLAPETS.....	6
6.1. Généralités.....	6
6.2. Clapets rectangulaires.....	7
6.3. Clapets circulaires.....	8
ARTICLE C14 PAR. 2. CONDUITS MÉTALLIQUES.....	10
1. PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES DES MATÉRIAUX MIS EN ŒUVRE.....	10
1.1. Qualité du matériau constituant le conduit.....	10
1.2. Tests de la qualité du zinc pour conduits galvanisés.....	10
1.3. Applications.....	11
1.4. Protections spéciales.....	11
2. RÉSISTANCE MÉCANIQUE.....	12
2.1. Principe.....	12
2.2. Terminologie.....	12
2.3. Méthode d'essai.....	13
2.4. Critères.....	17
2.5. Validité de l'essai pour une entreprise déterminée.....	17
3. MISE EN ŒUVRE ET POSE.....	18
3.1. Construction des singularités.....	18
3.2. Assemblage des éléments de conduits.....	25
ARTICLE C14 PAR. 3. CONDUITS FLEXIBLES.....	26
1. LIMITES D'UTILISATION.....	26
1.1. Qualité de l'air véhiculé ou ambiant.....	26
1.2. Locaux desservis.....	26
1.3. Domaine d'application.....	26
1.4. Température limite.....	26
1.5. Limite de pression statique.....	26
2. PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES.....	26
2.1. Types de conduits flexibles.....	26
2.2. Qualité des conduits flexibles.....	27
2.3. Conduits flexibles isolés.....	27
2.4. Conduits flexibles acoustiques.....	27
2.5. Enveloppe extérieure.....	27
2.6. Diamètres.....	27
2.7. Classement au feu.....	27
2.8. Essais.....	27
3. EXIGENCES FONCTIONNELLES.....	27

3.1. Etanchéité	27
3.2. Raccordement d'un organe de régulation ou d'équilibrage	28
4. POSE DES CONDUITS FLEXIBLES	28

ARTICLE C14 PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Norme	Titre	Date
NBN EN 1505	Ventilation des bâtiments – conduits en tôle et accessoires à section rectangulaire - dimensions	03-1998
NBN EN 1506	Ventilation des bâtiments – conduits en tôle et accessoires à section circulaire - dimensions"	10-2007
NBN EN 1507	Ventilation des bâtiments - Conduits aérauliques rectangulaires en tôle - Prescriptions pour la résistance et l'étanchéité	05-2006
NBN EN 1751	Ventilation des bâtiments - Bouches d'air - Essais aérodynamiques des registres et clapets	05-1999
NBN EN 10143	Tôles et bandes en acier revêtues en continu par immersion à chaud - Tolérances sur les dimensions et sur la forme	10-2006
NBN EN 10346	Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud - Conditions technique de livraison	09-2009
NBN EN 12097	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Exigences relatives aux composants destinés à faciliter l'entretien des réseaux de conduits	03-2007
NBN EN 12237	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Résistance et étanchéité des conduits circulaires en tôle	05-2003
NBN EN 12599	Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation	12-2012
NBN EN 13501-1 + A1	Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1: Classement à partir des données d'essais de réaction au feu	01-2010
NBN EN 13180	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Dimensions et prescriptions mécaniques pour les conduits flexibles	02-2002
DIN 24146	Flexible Lüftungsrohre	1979
NBN EN ISO 12944-2	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture - Partie 2: Classification des environnements	08-1998

ARTICLE C14 PAR. 1. CONDITIONS GENERALES CONCERNANT TOUS LES CONDUITS D'AIR

1. Matériaux constituant les conduits

Seul le métal est autorisé pour la fabrication de conduits d'air, sauf pour les conduits d'air flexibles.

2. Normalisation des sections et des pièces spéciales

Les conduits doivent respecter les normes NBN EN 1505 "ventilation des bâtiments – conduits en tôle et accessoires à section rectangulaire - dimensions" et NBN EN 1506 "ventilation des bâtiments – conduits en tôle et accessoires à section circulaire - dimensions".

Les dispositions complémentaires pour les pièces spéciales sont indiquées dans l'art. C14. par. 2. ci-dessous.

3. Etanchéité

Les réseaux de conduits d'air doivent satisfaire aux exigences suivantes en ce qui concerne leur étanchéité:

Classe A	Non applicable.
Classe B	Les conduits visibles situés dans les locaux qu'ils desservent, lorsque la différence de pression relative à l'environnement ne dépasse pas 150 Pa.
Classe C	Les conduits situés dans d'autres locaux que ceux qu'ils desservent, les conduits invisibles et les conduits pour lesquels la pression relative dépasse 150 Pa. Tous les conduits d'extraction à l'intérieur du bâtiment qui peuvent être en surpression, à l'exception des conduits dans des locaux techniques.
Classe D	Lorsque déterminé dans le cahier des charges spécial.

Tab. C14.1.-1.

On parle de réseaux de conduits d'air basse pression, moyenne pression ou haute pression en fonction de la pression P maximale qui peut survenir dans le réseau.

Ainsi, trois classes de pression sont définies:

Basse pression	$0 \text{ Pa} < P \leq 400 \text{ Pa}$
Moyenne pression	$400 \text{ Pa} < P \leq 1000 \text{ Pa}$
Haute pression	$1000 \text{ Pa} < P$

La pression négative maximale admissible est indépendante de la classe de pression et est de 500 Pa pour les réseaux de conduits de la classe d'étanchéité B, et 750 Pa pour les réseaux de conduits de la classe d'étanchéité C ou D.

Le cahier spécial des charges mentionne pour chaque réseau de conduits d'air la classe de pression exigée.

La figure suivante (Fig. C14.1.-1) indique le débit de fuite admissible en fonction de la pression maximale:

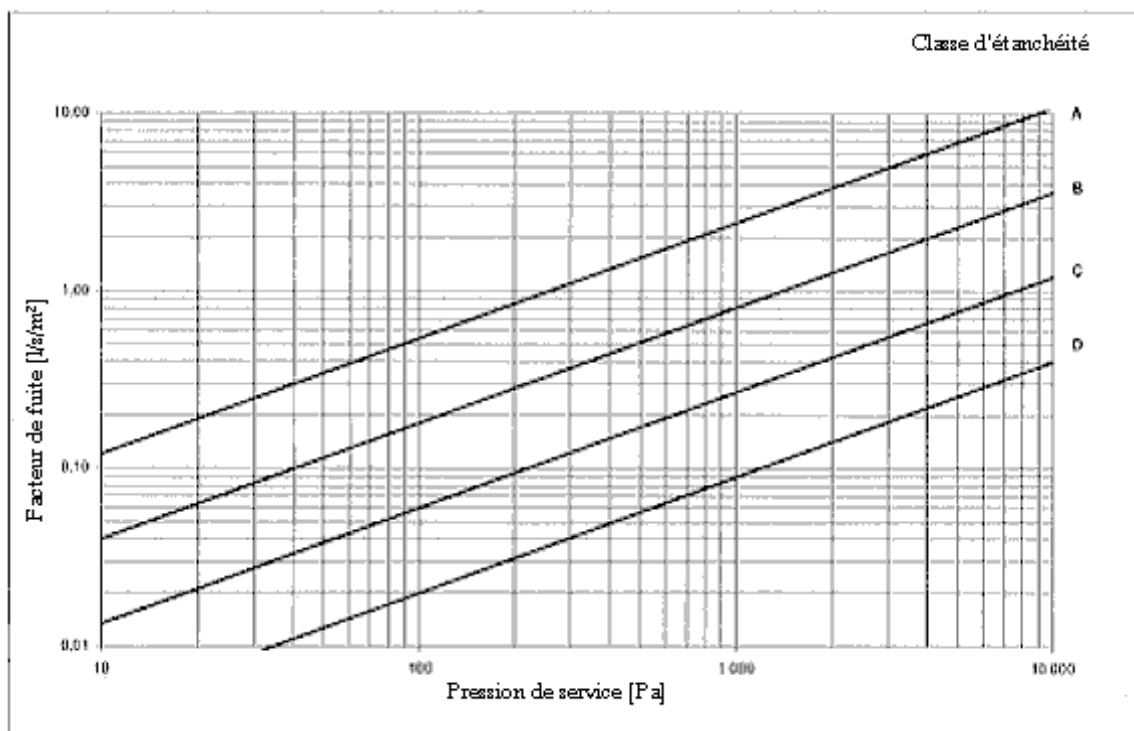


Fig. C14.1.-1

Le débit de fuite admissible de l'ensemble du réseau sous la pression en service doit être ajouté au débit nominal (la somme des débits des unités terminales) du ventilateur.

Tous les réseaux de conduits d'air de classe B, C et D devront être testés pour ce qui concerne l'étanchéité à l'air par l'entrepreneur avant la première réception provisoire, soit en totalité, soit en parties sélectionnées par l'administration. L'entrepreneur effectue le test tel que décrit à l'art.E5.par.5. du présent cahier des charges type et fournit un rapport d'essai selon la norme NBN EN 12237.

Au moins 30% de la surface totale des conduits seront testés. Les sections à tester sont laissées à l'appréciation du pouvoir adjudicateur.

Si ces premiers tests ne donnent pas satisfaction, l'entrepreneur fera, après réalisation des travaux d'amélioration nécessaires, de nouveaux essais sur les parties défectueuses, ainsi que sur une partie supplémentaire de 30% de la surface totale.

Si ce second test n'est toujours pas satisfaisant l'entrepreneur mettra à l'épreuve, après des travaux d'améliorations supplémentaires, la surface totale du réseau.

Si le test de la surface totale n'est toujours pas satisfaisant, l'entrepreneur continuera à appliquer des améliorations suivies par des tests jusqu'à ce que le test de la surface totale soit satisfaisant.

Après les essais de l'entrepreneur des essais de contrôle seront réalisés par l'administration.

Tous ces essais sont supervisés par le fonctionnaire dirigeant qui conserve toujours le droit à faire réaliser des essais supplémentaires par un organisme externe.

Si ces tests supplémentaires ne sont pas satisfaisants, le coût en sera supporté par l'entrepreneur.

4. Pose des conduits

- Les organes de suspension (tiges filetées, profilés, ...) sont en acier galvanisés.
- Lorsque les conduits sont suspendus, les organes de fixation sont constitués par des tiges filetées assemblées par écrous à des profilés horizontaux sur lesquelles les conduits reposent, ou à des colliers appropriés pour le montage des conduits circulaires.
- Les fixations et les suspensions des conduits d'air sont construites de telle sorte qu'elles permettent un démontage facile. Les fixations et les suspensions des conduits devraient permettre un réglage dans les deux directions.
- Lorsque les conduits sont calorifugés, le calorifuge n'est pas interrompu au droit des suspensions.
- Une bande souple est placée entre les supports et les conduits afin d'empêcher la transmission des vibrations, conformément aux exigences du chapitre D acoustique.
- Il est formellement interdit de mettre des conduits d'air en contact avec la maçonnerie, mortier ou béton. Il y a lieu d'interposer un joint inerte et étanche à l'eau.
- Tous les passages dans les parois se font sans contact direct entre le conduit et le bâtiment. A cette fin, les trous de passage dans les parois sont surdimensionnés de 40 mm par rapport aux dimensions extérieures des conduits de façon à ménager un vide d'environ 20 mm tout autour des conduits. Après le montage des conduits, ce vide est rempli soigneusement sur tout le contour et sur toute la profondeur du percement au moyen d'un matériel souple tel que fibre de verre ou laine minérale. Le percement est rendu étanche des deux côtés de la paroi par une couche de mastic non durcissant d'une profondeur d'au moins 20 mm.
- Des dispositions complémentaires sont éventuellement prises en fonction des impositions acoustiques, de résistance au feu, etc.

5. Regards de nettoyage

Afin de pouvoir les nettoyer convenablement, les conduits sont munis de regards avec portes hermétiques, en quantité et de dimensions suffisantes conformément à la NBN EN 12097.

De plus, les prescriptions suivantes sont d'application :

- Les dispositifs de nettoyage sont facilement identifiables et repérés de façon claire et durable sur les conduits. Ils sont indiqués avec leurs repères sur les plans « as built » des techniques mais également sur les plans de parachèvement (faux plafonds, faux planchers, trémies, etc.), où toutes les trappes et portes donnant accès à ces dispositifs sont repris et répertoriés.
- En plus des dispositifs d'accès pour le nettoyage, les conduits destinés à véhiculer de l'air chargé de particules de graisse sont équipés, au point bas des trémies, d'un réceptacle avec robinet à boisseau sphérique de diamètre DN 50 permettant l'évacuation, via le dégraisseur, des produits détergents utilisés lors du nettoyage.

6. Clapets

6.1. Généralités

Les clapets de réglage ne sont utilisés que pour équilibrer le système de ventilation, de sorte que le débit souhaité soit obtenu dans les différents réseaux de ventilation. Ils ne peuvent pas être utilisés comme clapet de fermeture mais uniquement pour le réglage.

L'entrepreneur doit placer un nombre suffisant de clapets de réglage, afin que le réseau de conduits d'air entier puisse être équilibré. L'entrepreneur pose tous les clapets de réglage nécessaires, même s'ils n'apparaissent pas sur les plans ou dans le cahier spécial des charges. Cela ne peut en aucun cas donner lieu à des suppléments de coûts.

Les clapets de fermeture sont utilisés pour isoler un réseau de conduits. Ils doivent répondre à la classe d'étanchéité demandée par le cahier spécial des charges; avec les valeurs 1, 2, 3 ou 4 conformément à la NBN EN 1751; voir figure ci-dessous (Fig. C14.1-2).

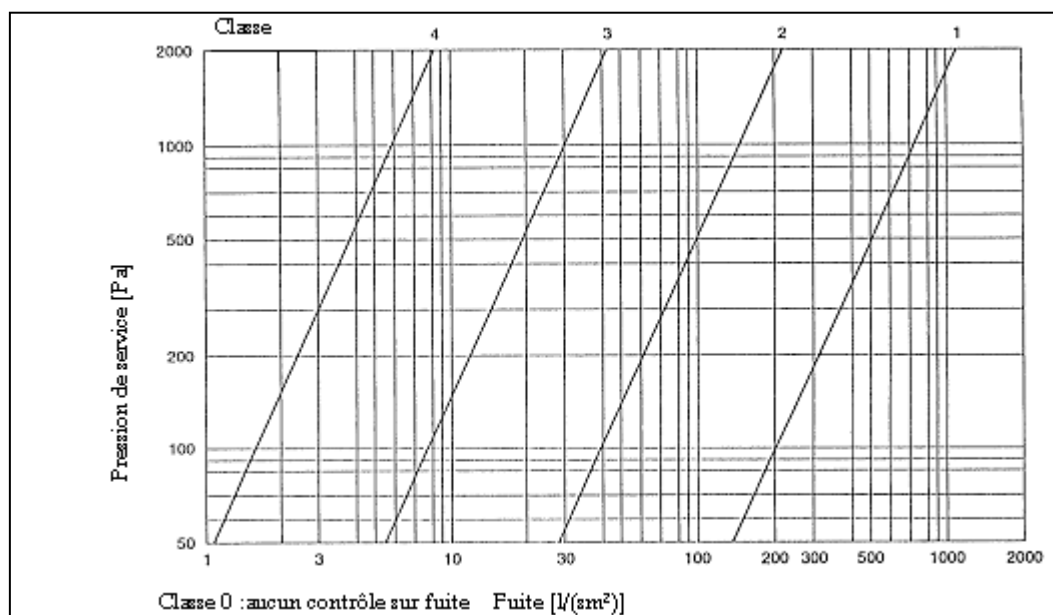


Fig. C14.1-2

Chaque clapet non motorisé est équipé d'un système de commande, de calage et de repérage de position placé à l'extérieur du conduit et placé de telle sorte que le calorifuge éventuel ne soit pas interrompu; tous les éléments extérieurs doivent rester accessibles après mise en œuvre du calorifuge.

Toutes les parties mobiles, axes, coussinets, dispositifs de réglages et de fixation, attaches de lames obturatrices sont en métal inoxydable (cuivre, bronze, acier inoxydable, acier chromé, fonte d'aluminium) ou en acier galvanisé.

Les roulements peuvent être en matière synthétique, si l'étanchéité à l'air reste garantie.

Quel que soit le genre de clapet, tout battement de partie mobile est absolument interdit.

6.2. Clapets rectangulaires

Les clapets rectangulaires doivent répondre aux classes d'étanchéité B, C ou D telles que décrites au point 3 "Etanchéité" du présent paragraphe.

6.2.1. Clapets « registres »

Les clapets « registres » sont du type à ailettes multiples en aluminium. Ils sont montés sur roulements à billes ou sur paliers en matière synthétique. Ils assurent une étanchéité comme spécifiée au cahier spécial des charges (par défaut : classe 3 selon NBN EN 1751 ; voir figure C14.1-2.). Par conséquent, les bords des lames sont pourvus de bandes d'étanchéité en matériau élastique qui ne vieillit pas.

Les lames sont spécialement profilées pour permettre un passage silencieux de l'air et, le cas échéant, pour obtenir une variation aussi linéaire que possible du débit d'air sous l'action de la manœuvre d'ouverture ou de fermeture du clapet.

6.2.2. Clapets de réglage rectangulaires

Les clapets à lame unique ne sont admis que si la section du conduit ne dépasse pas 0,36 m². La feuille obturatrice du clapet doit toujours rester à l'intérieur du conduit.

6.3. Clapets circulaires

Les clapets circulaires doivent répondre aux classes d'étanchéité B, C ou D telles que décrites au point 3 "Etanchéité" du présent paragraphe.

6.3.1. Clapets de fermeture circulaires

Les clapets de fermeture circulaires sont constitués d'une lame pleine, dotée sur le pourtour d'un joint en matériau élastique qui ne vieillit pas.

Ils sont montés sur roulements à billes ou sur paliers en matière synthétique. Ils assurent une étanchéité comme spécifiée au cahier spécial des charges (par défaut : classe 3 selon NBN EN 1751 ; voir Fig. C14.1-2).

6.3.2. Clapets de réglage circulaire

Les clapets de réglage circulaires sont constitués d'une lame partiellement découpée de manière à assurer, même en position de fermeture, un débit ; et ce, afin de rendre le réglage du débit moins sensible aux changements minimes de la position du clapet.

6.3.3. Clapets de réglage iris

Quand le cahier spécial des charges contient des exigences au niveau de la production de bruit du clapet, du flux centré ou de la nécessité d'ouverture totale du clapet pour cause de nettoyage; ou quand des prises de pression doivent être intégrées dans le clapet ; on peut choisir les clapets « iris ».

Il faut porter une attention particulière à l'emplacement correct du clapet iris (Voir Fig. C14.1.-3).

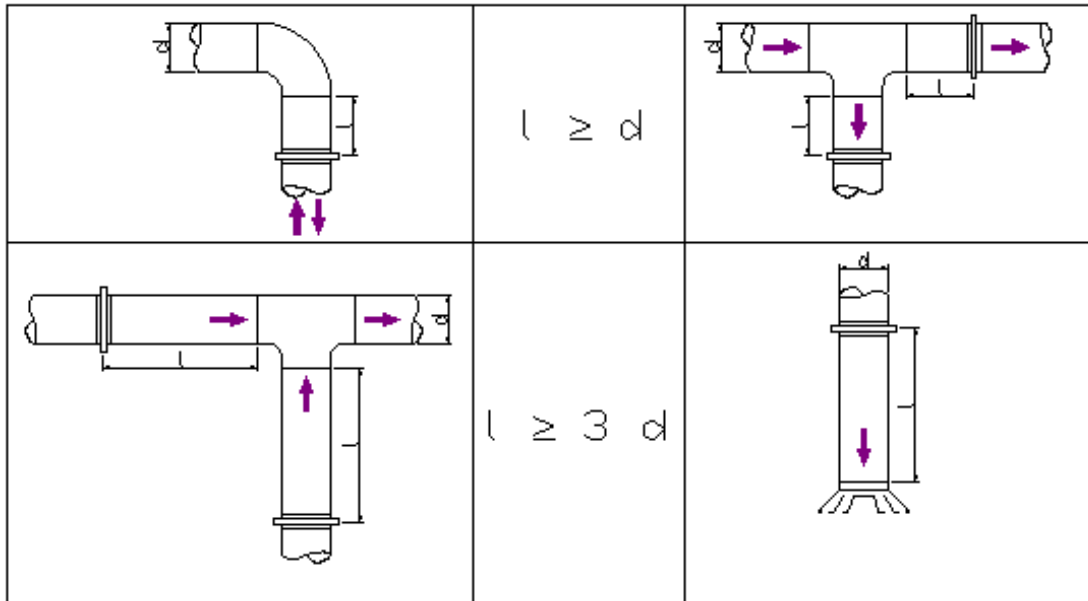


Fig. C14.1.-3

Quand le clapet a été totalement ouvert pour nettoyage, il faut le remettre dans sa position initiale. A cette fin le clapet iris doit être doté d'un système de marquage externe clair de sa position.

ARTICLE C14 PAR. 2. CONDUITS METALLIQUES

1. Propriétés technologiques des matériaux mis en œuvre

1.1. Qualité du matériau constituant le conduit

Les conduits sont fabriqués à partir des matériaux suivants :

- A) Tôles galvanisées suivant un procédé (Sendzimir ou équivalent) tel que la tôle subisse sans dommage le traitement de fabrication, la couche de zinc ne se fissurant pas ou ne se décollant pas pendant ce traitement;
- Les conduits et les pièces non embouties doivent être conformes à DX51 D (bending and profiling quality) d'après la norme NBN EN 10346 et suivant les tolérances d'après la norme NBN EN 10143.
 - Les pièces embouties doivent être conformes à DX54 D (special deep drawing quality) d'après la norme NBN EN 10346 et suivant les tolérances d'après la norme EN 10143.
- B) Aluminium résistant au chlore.
- Les conduits et pièces de forme seront conformes aux exigences de la norme EN AW-5754 (ISO Almg3).
- C) Acier inoxydable
- Les conduits et pièces de forme seront conformes aux exigences de la norme EN 1.4301 (AISI 304).
 - Les conduits et pièces de forme soudés devront être en accord avec la norme EN 1.4301 (AISI 304). Les soudures devront être post-traitées.
- D) Acier inoxydable résistant au chlore
- Conduits et pièces de forme seront en accord avec la norme EN 1.4436 (AISI 316).
 - Les conduits et pièces de forme soudées devront être en accord avec la norme EN 1.4404 (AISI 316L). Les soudures devront être traitées.

Les renforts, les brides, entretoises et autres éléments constitutifs des conduits sont constitués de matériaux de même nature et ayant subi le même traitement que ceux décrits ci-dessus. En cas de combinaison des métaux on doit tenir compte de la différence en potentiel électrique entre les métaux. Si nécessaire on doit prévoir une séparation galvanique.

1.2. Tests de la qualité du zinc pour conduits galvanisés

Lors de chaque livraison sur chantier l'installateur doit pouvoir prouver que 5% des éléments de conduits en acier galvanisé, y compris les brides, ont effectivement été essayés en ce qui concerne l'épaisseur du zinc. Cet essai se fait par une méthode non destructive.

L'appareil de mesure utilisé doit être calibré suivant les instructions du fabricant et doit assurer une précision de mesure d'au moins 1 µm. Le certificat de calibrage le plus récent doit être mis à la disposition du fonctionnaire dirigeant et ne peut dater de plus d'un an.

Pour chaque point de mesure il sera fait 3 mesures dans un rayon de 0,3 m autour de ce point. Le résultat du point de mesure est la moyenne entre ces 3 mesures.

Le type de qualité du zinc visé est de 275 g/m², ce qui correspond à une épaisseur de zinc de minimum 20 µm par face. Chaque résultat (moyenne des 3 mesures) à partir de 18µm sera toutefois accepté.

Si les résultats de mesures ne sont pas conformes aux exigences formulées, l'installateur devra remplacer gratuitement la totalité de la livraison par une nouvelle livraison conforme aux exigences de la qualité du zinc.

Avant toute mise en œuvre du matériel sur chantier, la preuve des essais doit être fournie au fonctionnaire dirigeant qui conserve le droit de demander des essais supplémentaires par un

organisme externe. Si les tests supplémentaires ne donnent pas satisfaction, les frais seront pris en charge par l'entrepreneur et tous les éléments de conduit de cette livraison devront être remplacés.

1.3. Applications

Si le cahier spécial des charges ne mentionne pas d'exigences claires concernant les matériaux, l'entrepreneur fera son choix entre les matériaux décrits au point 1.1. ci-dessus en fonction de la catégorie de corrosion de l'environnement où se situe l'application concernée. Les catégories de corrosion sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Catégories de corrosion selon ISO 12944-2				
Catégorie de corrosion	Environnement extérieur	Matériaux autorisés en fonction de 1.1.	Environnement intérieur	Matériaux autorisés en fonction de 1.1.
	<i>Exemples d'environnements typiques dans un climat tempéré (informative)</i>		<i>Exemples d'environnements typiques dans un climat tempéré (informative)</i>	
C 1 très bas			Bâtiments chauffés avec une atmosphère propre, p.ex. bureaux, commerces, écoles, hôtels	A/B/C/D
C 2 bas	Environnement avec niveau de pollution faible. Essentiellement environnements ruraux	A/B/C/D	Bâtiments non chauffés où de la condensation peut se produire p.ex. entrepôts, gymnases	A/B/C/D
C 3 moyen	Environnement urbain et industriel avec la pollution moyenne de dioxyde de soufre Les zones à la côte avec une salinité faible dans l'atmosphère	B/C/D	Zone de production avec une forte humidité et pollution atmosphérique p.ex. industrie alimentaire, blanchisseries, brasseries, industrie laitière	B/C/D
C 4 haut	Zone industrielle, zones à la côte avec une salinité moyenne dans l'atmosphère	B/C/D	Usines de produits chimiques, piscines, chantiers navals dans les zones côtières	B/C/D
C 5-I très haut (industrielle)	Zone industrielle à humidité élevée et atmosphère agressive	C/D	Bâtiments ou environnements avec condensation à peu près constante ou pollution importante	C/D
C 5-M très haut (marine)	Zone à la cote et en mer, avec une salinité haute dans l'atmosphère	D	les bâtiments et les environnements avec condensation à peu près constante ou pollution importante	D

Tab. C14.2.-1

1.4. Protections spéciales

1.4.1. Généralités

Tout dommage occasionné, lors de la fabrication, à la protection des matériaux décrits sous 1.1. sera réparé au moyen d'une peinture à caractéristiques identiques à celles de la protection mise en œuvre, ou par un traitement chimique tel que le décapage et la passivation.

1.4.2. Conduits en atmosphère corrosive

Chaque cas est considéré comme un cas d'espèce, en fonction de la nature des gaz ou de l'air avec lequel les conduits sont en contact. Les exigences sont stipulées dans le cahier spécial des charges.

2. Résistance mécanique

2.1. Principe

Le système de construction des conduits est testé, du point de vue de la résistance mécanique, selon la méthode décrite par 2.3. ci-après.

L'épaisseur des parois ne peut cependant jamais être inférieure à $0,4 \text{ mm} \pm 0,08 \text{ mm}$

2.2. Terminologie

2.2.1. Affaissement "c" (exprimé en mm)

On appelle affaissement "c" la distance entre le niveau passant par les point d'appui du conduit et le niveau passant par le point le plus bas de la surface inférieure de l'enveloppe après application de la charge "F". (Voir Fig. C14.2.-1)

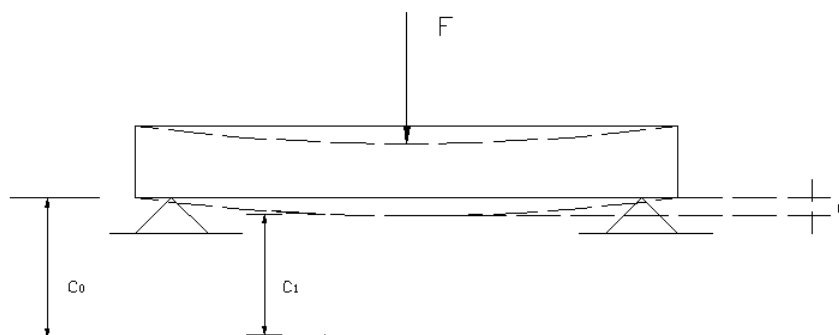


Fig. C14.2.-1

2.2.2. Déformation "s" (exprimée en mm)

On appelle déformation "s" de chacune des quatre faces d'un conduit rectangulaire la distance entre la surface S contenant cette face avant l'application de la charge F et de la pression du test mécanique "p_c" et le point de la même face le plus éloigné de la surface S après application. (Voir Fig. C14.2.-2)

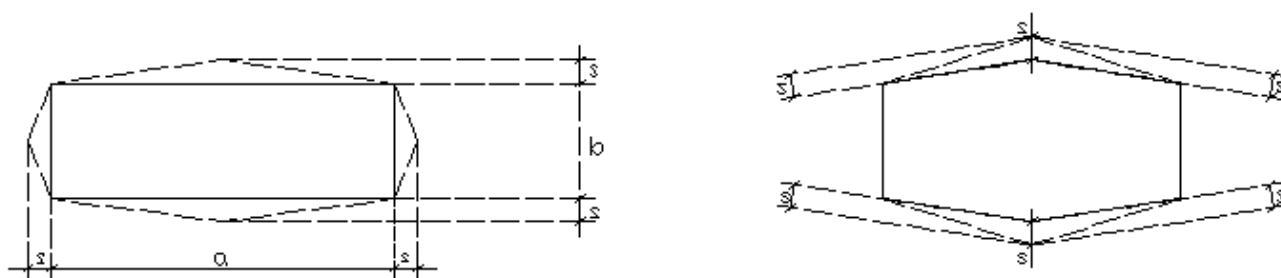


Fig. C14.2.-2

2.2.3. Joint

On appelle joint la liaison entre deux bords de tôle par soudure, recouvrement ou agrafage.

2.2.4. Raccord

On appelle raccord la liaison transversale entre deux éléments de conduits.

2.2.5. Pressions d'essai (exprimée en Pa)

On distingue :

- la pression du test mécanique " p_c ", choisie par le constructeur, que le conduit doit supporter sans dommage lors de l'essai.
- la pression du test d'étanchéité " p_u " appliquée lors de la mesure finale de l'étanchéité, destinée à vérifier, après application des sollicitations F et p_c , le comportement des joints et raccords. Cette pression est égale à 400 Pa, 1000 Pa ou 2000 Pa selon que les conduits testés sont destinés à la basse pression, moyenne pression ou à la haute pression.

2.3. Méthode d'essai

2.3.1. Renseignements à fournir par le constructeur

Le constructeur fournit les renseignements suivants :

- distance de suspension maximale admissible (l_n), exprimée en mm
- pression d'essai mécanique (p_c), exprimée en Pa
- poids maximal admissible de l'isolant (m_i), exprimée en N

2.3.2. Matériel d'essai

2.3.2.1. Détermination de l'affaissement

L'appareil de test qui applique la charge et détermine l'affaissement est en principe construit comme suit :

a. Conduits rectangulaires

Les extrémités du conduit reposent sur deux supports cylindriques dont les génératrices sont parallèles, situées dans un même plan horizontal et perpendiculaires à l'axe du conduit ; un dispositif applique, à mi-portée, une charge linéaire sur la partie supérieure du conduit.

b. Conduits circulaires

Le dispositif est identique, mais les supports et la barre de transfert de la charge sont courbés, et couvrent un quart du pourtour du conduit.

Un exemple d'appareil de test est représenté à la Fig. C14.2.-3. L'appareil de test est construit de façon telle que seules les forces dirigées verticalement soient transmises au conduit. La barre de transfert de la charge et les barres de support du conduit ont un rayon inférieur ou égal à 25 mm.

Les poids, cylindres de pression ou autres dispositifs servant à appliquer la charge, sont étudiés pour que l'erreur ne dépasse pas ± 10 N.

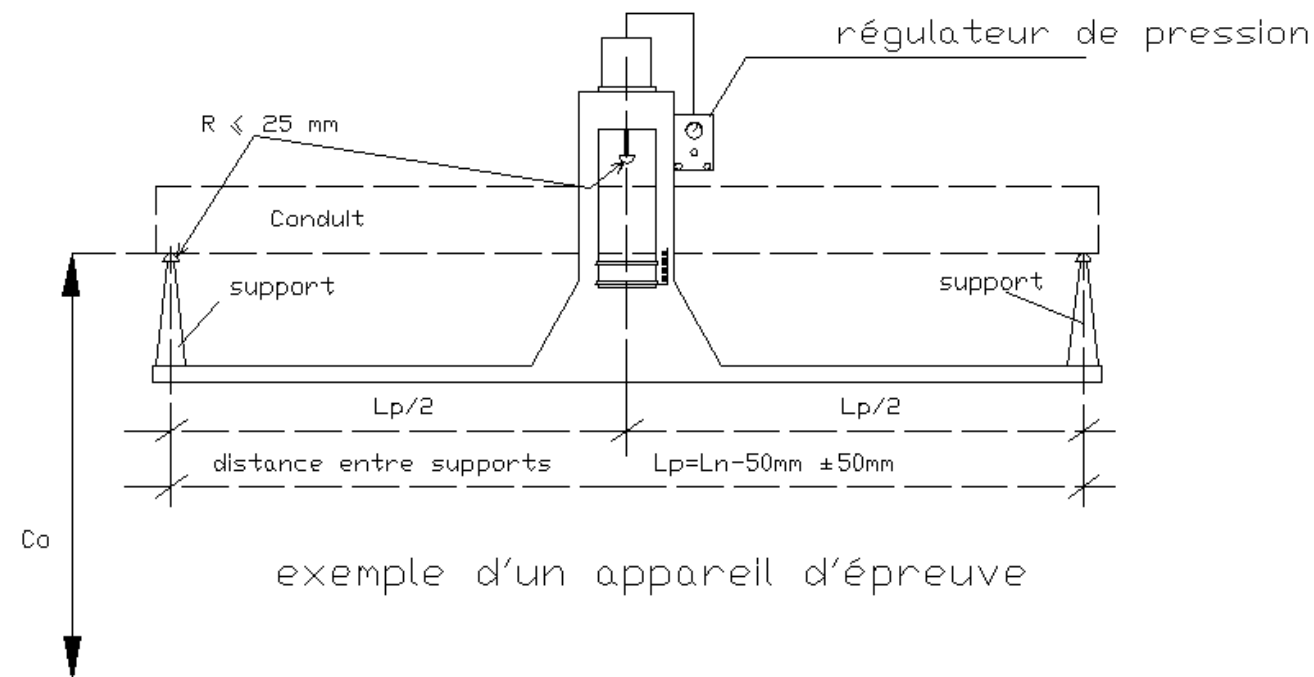


Fig. C14.2.-3

2.3.2.2. Détermination de la déformation "s" et de la résistance des joints et raccords

Le principe de l'appareil d'essai est représenté à la Fig. C14.2.-4.

Le ventilateur doit pouvoir fournir une pression statique au moins égale à 1,5 fois la pression d'essai mécanique et un débit supérieur de 10 % au débit de fuite admissible sous cette pression.

ventilateur à
débit réglable

manomètre

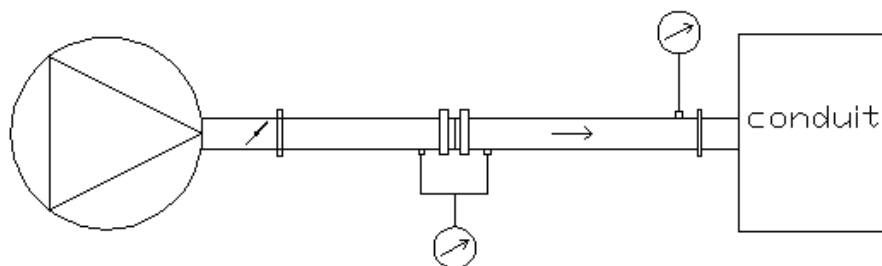


Fig. C14.2.-4

D'autres appareils équivalents utilisés pour faire des tests d'étanchéité des conduits sont admis, si on suit la procédure des normes NBN EN 12237, NBN EN 1507 et NBN EN 12599. Toutes les directives du fabricant de l'appareil de mesure doivent être suivies.

2.3.2.3. Précision des instruments de mesure

grandeur mesurée	erreur maximale admise
longueur	1 mm
pression	2 % (max. 3 Pa)
débit de fuite	0,1 l/s pour des valeurs mesurées ≤ 2 l/s et 5 % pour des valeurs mesurées > 2 l/s

2.3.3. Préparatifs

L'appareil à tester décrit au point 2.3.2.1. est monté de manière telle que la distance entre les points de support, (l_p) soit égale à $(l_n - 50 \text{ mm}) \pm 50 \text{ mm}$.

Après avoir été pesé, le conduit est placé sur les supports. Les conduits rectangulaires doivent être placés sur le côté destiné à constituer la face inférieure du conduit.

Les conduits destinés à être attachés à chaque raccord sont disposés de telle manière qu'un raccord repose directement à l'extérieur de chaque support. (Voir Fig. C14.2.-5)

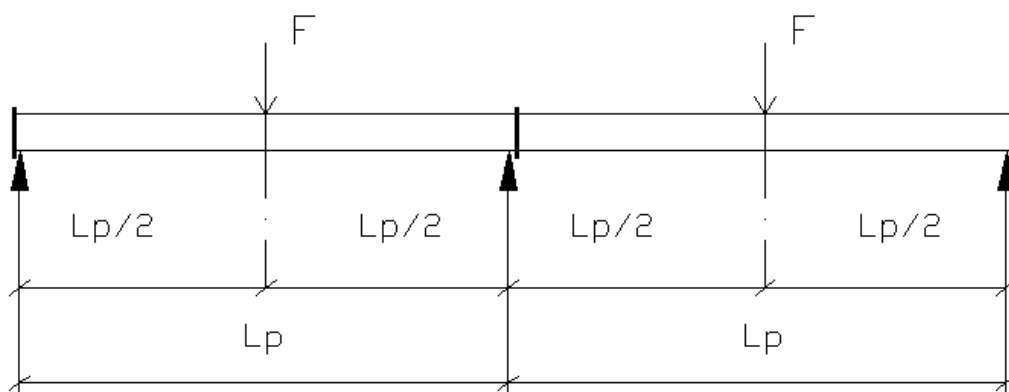


Fig. C14.2.-5

Les autres conduits sont disposés de telle façon qu'un raccord se trouve à mi-distance entre les supports. (Voir Fig. C14.2.-6)

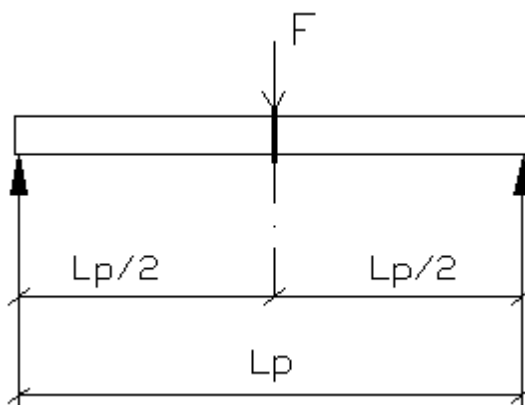


Fig. C14.2.-6

On ferme les extrémités du conduit et on raccorde le matériel du test décrit au point 2.3.2.2.

L'écartement entre une aire plane de référence, et une autre aire plane passant par les barres de support est mesuré et on note cette mesure (c_0). (Voir Fig. C14.2.-1)

2.3.4. Détermination de l'affaissement "c"

Si la plus petite dimension du conduit (ou son diamètre) est inférieure à 600 mm, on applique verticalement à mi-portée la charge suivante :

- conduits non isolés :
F1 = 1,3 m_k avec un minimum de 250 N
- conduits isolés :
F2 = 1,3 m_k + 1,9 m_i avec un minimum de 250 N

sachant que :

- m_k = poids du conduit non isolé (N)
- m_i = poids de l'isolant (N)

Après une minute, on mesure la distance entre le point le plus bas du conduit et le niveau de référence et on note la mesure (c_1). La différence entre cette mesure (c_1) et la mesure notée précédemment (c_0 : voir 2.3.3.) constitue l'affaissement "c" du conduit ($c = |c_1 - c_0|$).

Si la plus petite dimension du conduit (ou son diamètre) est supérieure ou égale à 600 mm, on applique verticalement à mi-portée, comme dans le premier cas, la charge F1 ou F2 définie ci-dessus.

Après une minute, la charge $F = 2400$ N est ajoutée et, après une minute supplémentaire, on mesure la distance entre le point le plus bas du conduit et le niveau de référence, et on note la mesure (c_1).

La différence entre cette mesure (c_1) et la mesure notée précédent (c_0 : voir 2.3.3.) constitue l'affaissement "c" du conduit ($c = |c_1 - c_0|$).

2.3.5. Détermination de la déformation "s" et de la résistance des joints et raccords

Après avoir enlevé la charge F1, F2, F1 + Fp ou F2 + Fp, on applique d'abord au conduit une pression interne égale à 1,5 fois la pression d'essai mécanique indiquée par le constructeur (p_c), et on la maintient pendant 5 minutes.

Ensuite, pour les conduits rectangulaires, on ramène la pression interne à la valeur p_c et on mesure la déformation "s" les quatre faces du conduit.

Enfin, et ceci pour tous les conduits, on ramène la pression à 400, 1000 ou 2000 Pa (p_u) suivant que les conduits sont destinés à la basse pression, la moyenne pression ou à la haute pression, et on détermine le facteur de fuite selon la méthode décrite dans l'art. E5. par. 5. du présent cahier des charges type.

2.3.6. Rapport d'essai

Le rapport doit contenir au minimum les renseignements suivants:

1. Fabricant, matériaux constituant les conduits, épaisseur des parois, moyens de renforcement éventuels, construction des joints et raccords, (à préciser par des croquis détaillés de l'échantillon).
2. Dimensions intérieures transversales et longitudinales, ainsi que surface latérale de l'échantillon. Position du conduit, pour les conduits rectangulaires.
3. Poids du conduit (mesuré) et de l'isolant (calculé).

4. Distance entre les supports.
5. Autres renseignements éventuellement nécessaires pour l'évaluation de l'échantillon, par exemple le modèle et la construction du matériel d'essai, le mode d'application de la charge, etc.
6. Charge et affaissement "c".
7. Pressions d'essai p_c et p_u et facteur de fuite "f".
8. Déformation "s" pour les conduits rectangulaires.
9. Spécification des dégâts éventuels.
10. Date et lieu de l'essai, nom du vérificateur.

2.4. Critères

2.4.1. Affaissement

Sous la charge F1, F2, F1 + F ou F2 + F, selon le cas, l'affaissement "c" ne peut dépasser 1 % de l_n , l_n étant la distance maximale admise entre les points d'appui.

2.4.2. Déformation

Sous la pression d'épreuve p_c , la déformation "s" d'un côté d'un conduit rectangulaire ne peut jamais dépasser la valeur suivante :

largeur x du côté (mm)	$x \leq 300$	$300 < x < 450$	$450 \leq x < 600$	$x \geq 600$
déformation s (mm)	10	12	15	20

2.4.3. Joints et raccords

Les joints et raccords doivent résister à l'application de la charge F1, F2, F1 + F ou F2 + F, puis à l'application simultanée de cette charge et de la pression d'épreuve p_c .

Il est admis que les joints et raccords résistent si, après application de ces sollicitations, le conduit satisfait au test d'étanchéité décrit dans l'art. E5. par. 5. du présent cahier des charges.

2.5. Validité de l'essai pour une entreprise déterminée

L'entrepreneur fournit au maître d'ouvrage le procès-verbal du test effectué suivant les prescriptions ci-avant, soit dans un laboratoire indépendant, soit dans l'atelier du constructeur sous le contrôle d'un organisme reconnu.

Le test doit couvrir toute la gamme des conduits à installer, c.à.d. qu'il doit être effectué, pour chaque type de construction.

a. pour les conduits rectangulaires

- sur un conduit ayant pour hauteur la plus petite hauteur de tous les conduits à installer, ou une hauteur inférieure
- sur un conduit ayant pour hauteur la plus grande hauteur de tous les conduits à installer, ou une hauteur supérieure
- sur un conduit ayant pour largeur la plus grande largeur de tous les conduits à installer, ou une largeur supérieure

b. pour les conduits circulaires

- sur un conduit ayant pour diamètre le plus petit diamètre de tous les conduits à installer, ou un diamètre inférieur
- sur un conduit ayant pour diamètre le plus grand diamètre de tous les conduits à installer, ou un diamètre supérieur

La pression d'essai mécanique (p_c) doit être positive ou négative selon que la pression statique effective en fonctionnement est elle-même positive ou négative. La valeur absolue de la pression du test mécanique doit être au moins égale à la valeur absolue de la pression statique effective maximale en fonctionnement, sans jamais être inférieure à 500 Pa.

Lors de l'exécution des travaux, la distance entre les supports des conduits placés horizontalement ne peut évidemment pas dépasser la valeur indiquée comme maximale par le constructeur (l_n) et reprise dans le procès-verbal d'essai.

Les supports sont placés au droit des raccords ou entre ceux-ci selon que le dispositif du test est conforme à la Fig. C14.2.-5 ou à la Fig. C14.2.-6.

3. Mise en œuvre et pose

3.1. Construction des singularités

3.1.1. Coudes et transformations de section

Les coudes et les transformations de section sont réalisés conformément aux normes NBN EN 1505 et NBN EN 1506, en tenant compte des exigences supplémentaires suivantes:

3.1.1.1. Conduits rectangulaires

- Les coudes doivent répondre aux figures Fig. C14.2.-7 et Fig. C14.2.-8 avec un rayon intérieur $r = 100$ mm.

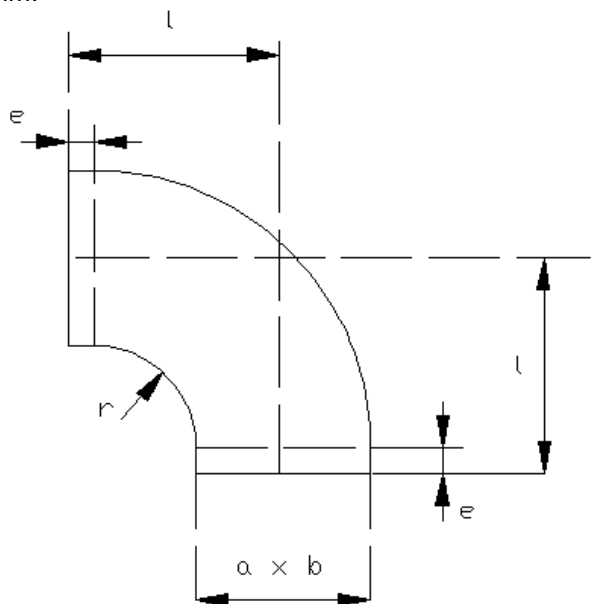
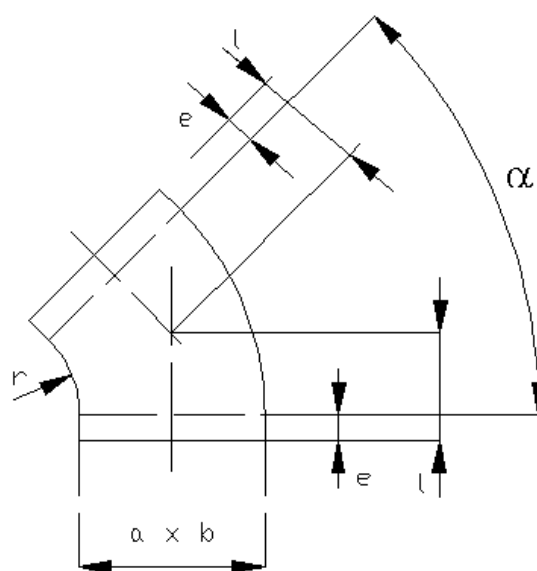


Fig. C14.2.-7



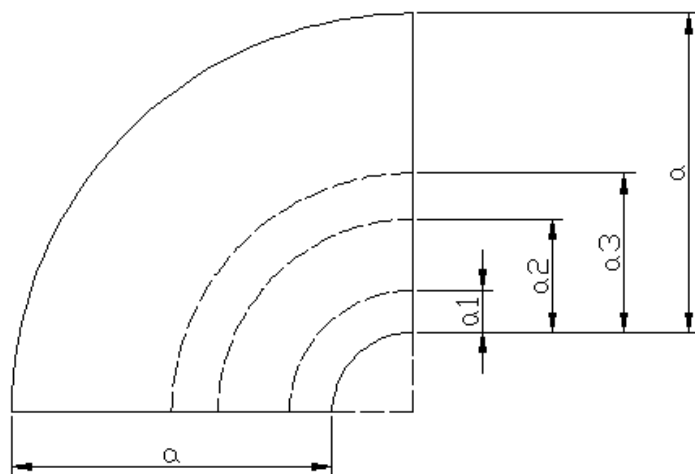
$$e \geq 25 \text{ mm}$$

$$r = 100 \text{ mm}$$

$$l = (0,5 a + r) \operatorname{tg} \alpha / 2 + 2$$

Fig. C14.2.-8

- L'emploi de coudes de transformation à 90° n'est pas autorisé.
- Tous les coudes de grandes dimensions devront être équipés d'aubes directrices en conformité avec le tableau ci-dessous en ce qui concerne leur placement et le nombre d'aubes.



Largeur du conduit mm	Nombre d'aubes	Distance entre aubes (mm)		
		a1	a2	a3
$400 < a \leq 800$	1	a/3	--	--
$800 < a \leq 1600$	2	a/4	a/2	--
$1600 < a \leq 2000$	3	a/8	a/3	a/2

Tab. C14.2.-2

- Toutes les transformations de section, concentriques et excentriques, entre les conduits rectangulaires devront être fabriquées conformément aux figures Fig. C14.2.-9 et Fig. C14.2.-10 .
L'angle α doit être $\leq 30^\circ$.

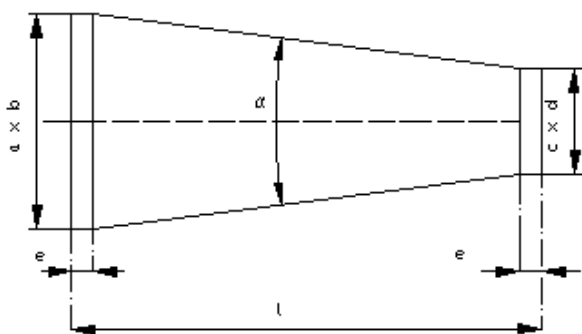


Fig. C14.2.-9

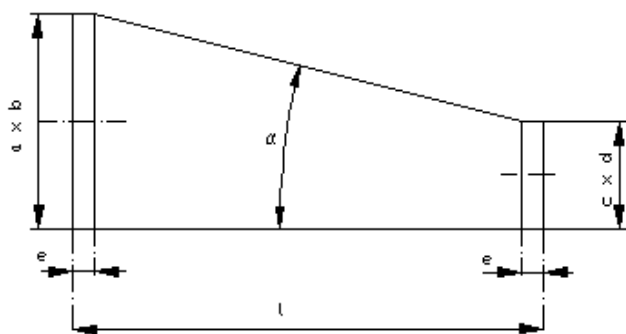
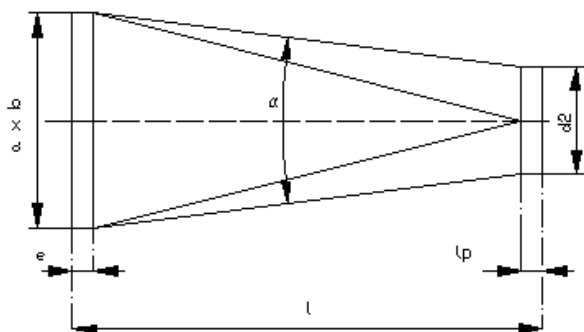


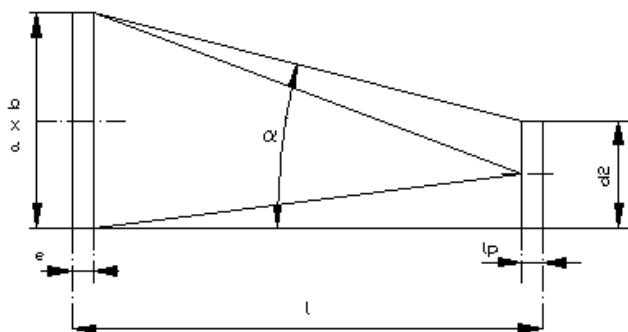
Fig. C14.2.-10

- Toutes les transformations de section, concentriques et excentriques, entre des conduits rectangulaires et des conduits circulaires devront être fabriquées conformément aux figures Fig. C14.2.-11 et Fig. C14.2.-12.

L'angle α doit être $\leq 30^\circ$.



$e \geq 25 \text{ mm}$
Fig. C14.2.-11



$e \geq 25 \text{ mm}$
Fig. C14.2.-12

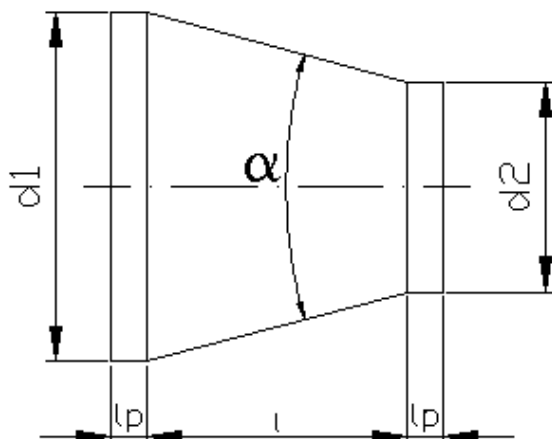
3.1.1.2. Conduits circulaires

- Toutes les singularités (coudes, réductions,...) ainsi que les dérivations et jonctions latérales devront être fabriquées en usine.
- Jusque et y compris le diamètre 200 mm on doit utiliser des coudes emboutis. Pour les diamètres supérieurs, des coudes segmentés pourront être employés. Pour des réseaux de conduits en matériau autre que l'acier galvanisé les coudes pourront être segmentés tous diamètres confondus.
- Le rayon des coudes (r_m in mm) est donné dans le tableau ci-dessous repris de la norme NBN EN 1506.

Diamètre nominal (d1)	r_m
≤ 100	100
> 100	d1

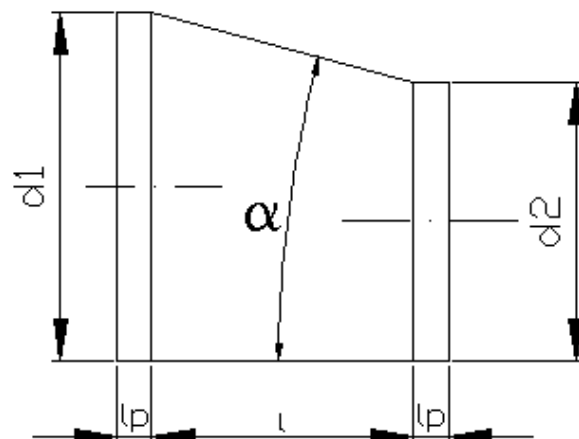
- Les transformations de section non embouties, concentriques et excentriques, seront fabriquées conformément aux figures Fig. C14.2.-13 et Fig. C14.2.-14.

L'angle α doit être $\leq 30^\circ$.



$$l = (d1 - d2) / [2 \tan(\alpha/2)]$$

Fig. C14.2.-13



$$l = (d1 - d2) / \tan \alpha$$

Fig. C14.2.-14

- Les transformations de section embouties (sans impositions pour l'angle α) ne pourront être utilisées que quand le fabricant peut prouver que les réductions embouties ont une perte de charge plus petite qu'une transformation non emboutie pour une réduction de section similaire. Ces preuves devront être fournies au fonctionnaire dirigeant avant toute mise en œuvre des transformations de sections embouties sur chantier.

3.1.2. Dérivations et jonctions

3.1.2.1. Terminologie

Pour la terminologie il faut se référer aux figures ci-dessous (la flèche montre la direction du flux d'air):

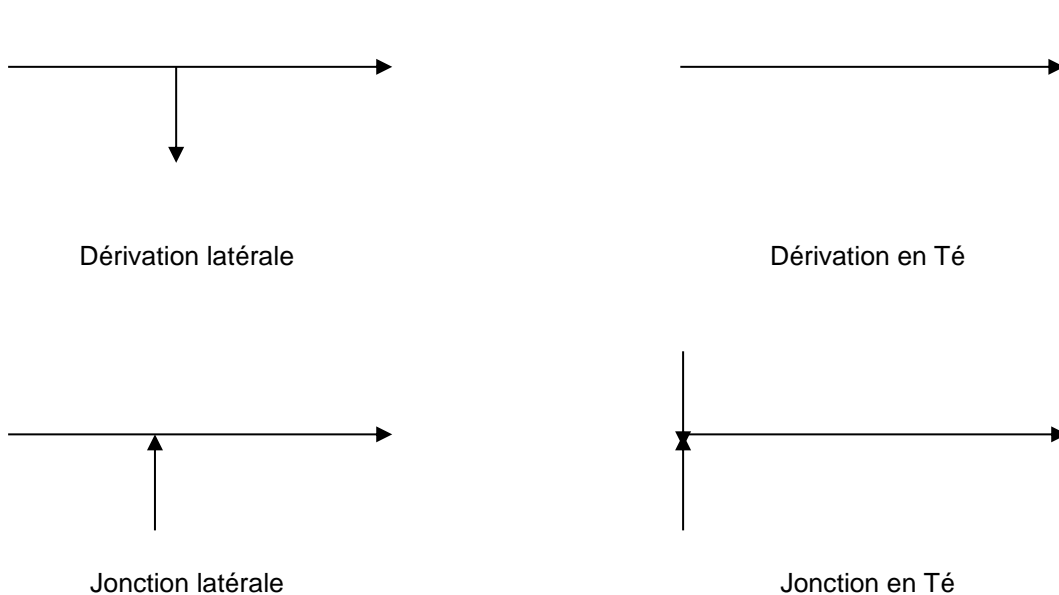


Fig. C14.2.-15

3.1.2.2. Conduits rectangulaires

Les dérivations et jonctions latérales peuvent être réalisées de deux manières différentes :

- Soit avec une branche droite à section constante et une branche dérivée ou greffée "cylindrique" formant avec la branche droite un angle de 90° ; aucun organe ne guide le flux d'air dans la branche dérivée ou greffée (Voir Fig. C14.2.-16)

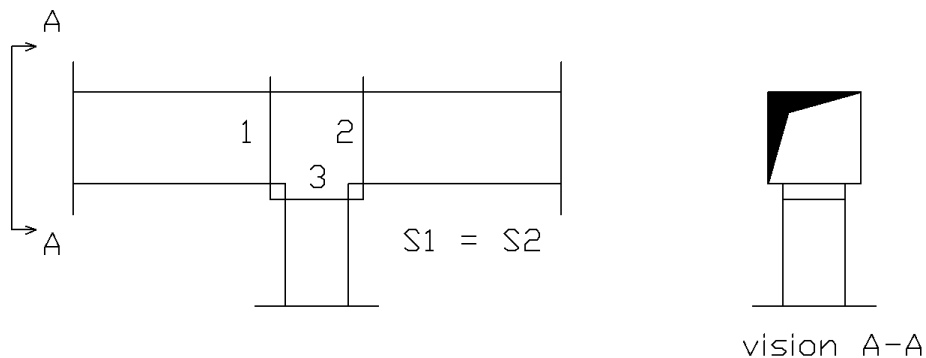


Fig. C14.2.-16

- Soit avec une branche dérivée ou greffée constituée d'un coude normalisé, les vitesses étant égales dans les trois sections. (Voir Fig. C14.2.-17)

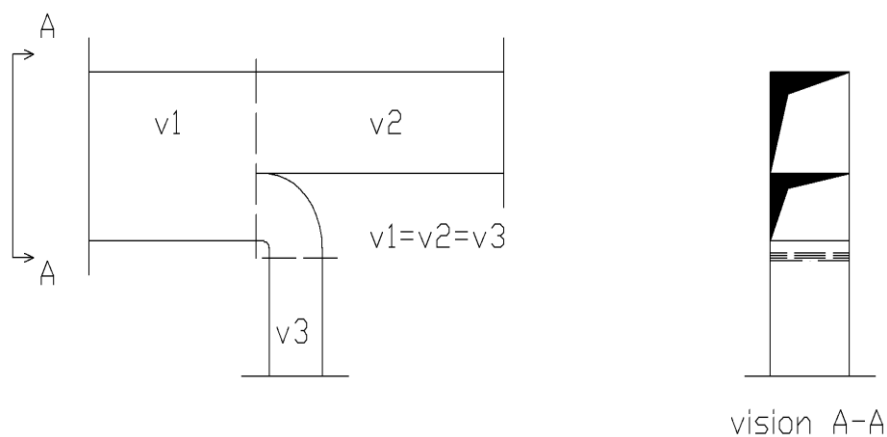


Fig. C14.2.-17

- Les dérivations et jonctions en té sont construites au moyen de deux coudes normalisés placés côte à côte, les vitesses étant égales dans les trois sections. (Voir Fig. C14.2.-18)

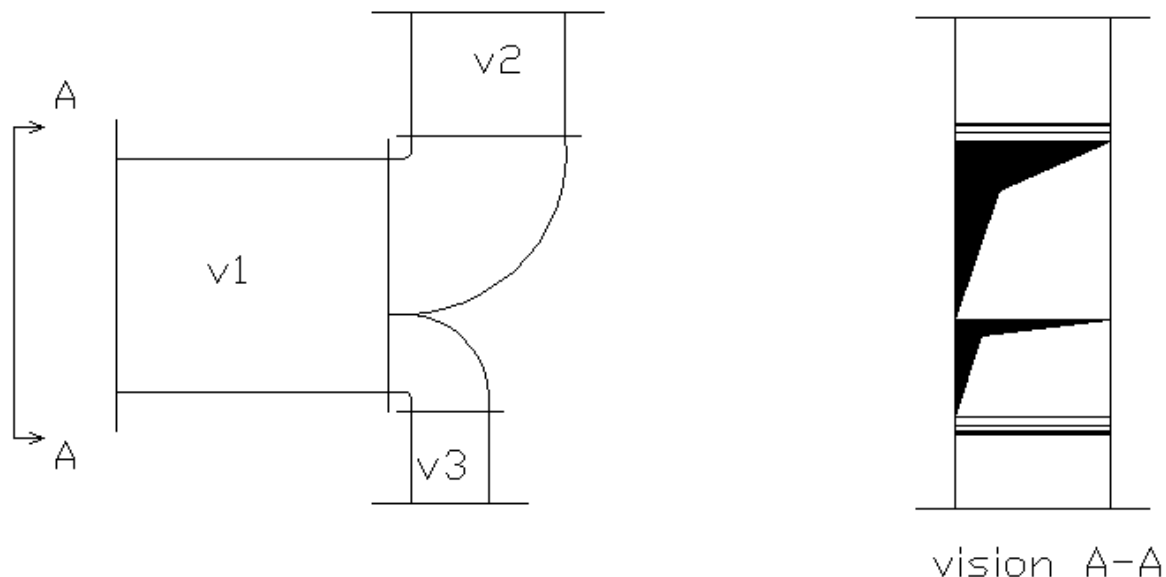
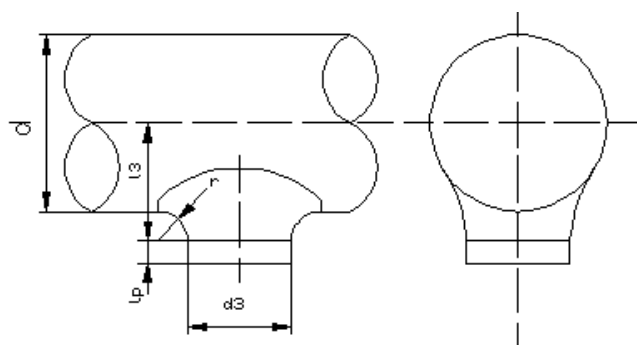


Fig. C14.2.-18

3.1.2.3. Conduits circulaires

Les dérivations et jonctions latérales comportent toujours une branche droite à section constante et une branche dérivée ou greffée "cylindrique" formant avec la branche droite un angle de 90°.

Elles sont composées d'une pièce spéciale du type "piquage embouti" (voir Fig. C14.2.-19) jusque et y compris le diamètre 630 mm pour le conduit principal ou du type "piquage conique" (voir Fig. C14.2.-20) pour les diamètres nominaux de plus de 630 mm.



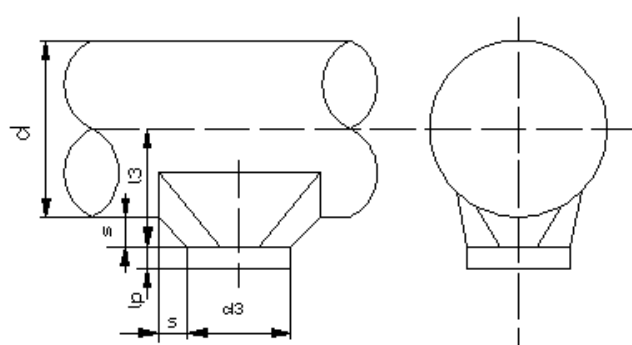
$$r \geq 10 \text{ mm}$$

$$l3 > 0,5 d + r$$

$$d \leq 630$$

Piquage embouti

Fig. C14.2.-19



$$s > 0,15 d3$$

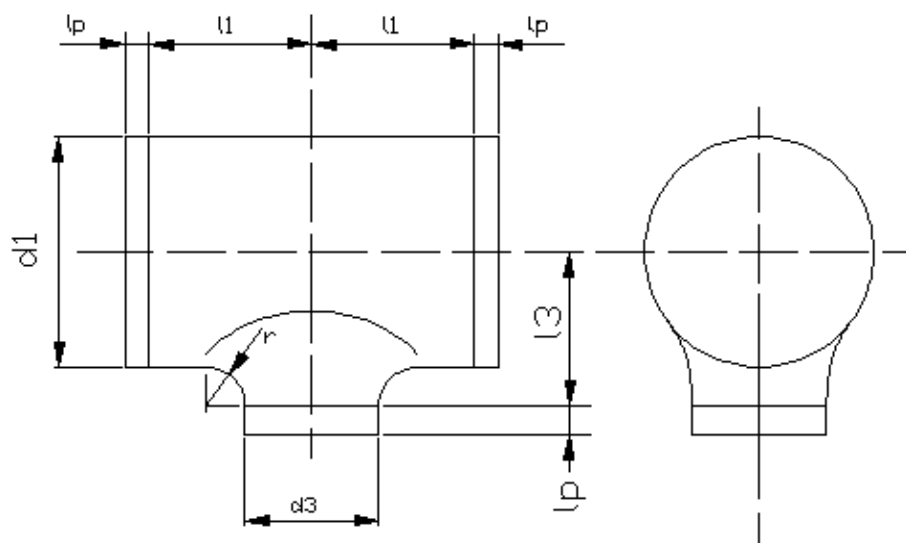
$$l3 > 0,5 d + s$$

$$d > 630$$

Piquage conique

Fig. C14.2.-20

Elles peuvent aussi être composées d'une pièce spéciale type "Té avec piquage embouti concentrique" (Voir Fig. C14.2.-21) jusque et y compris le diamètre 630 mm pour le conduit principal.

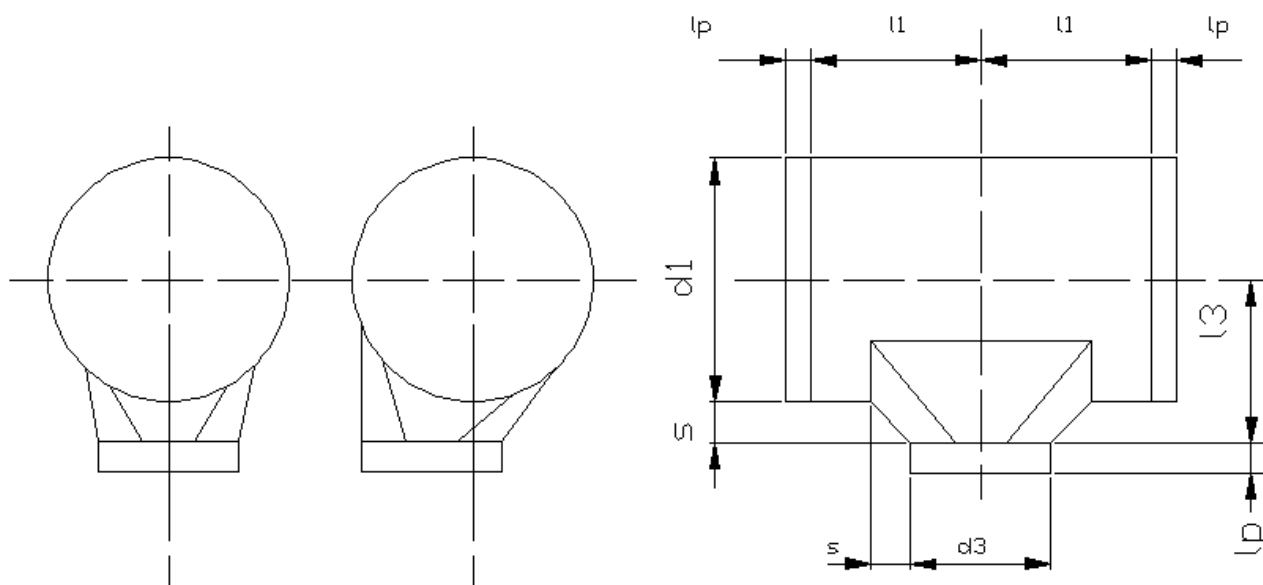


$$l1 > 0,5 d3 + r \quad d1 \leq 630 \text{ mm}$$

$$l3 > 0,5 d1 + r \quad r \geq 10 \text{ mm}$$

Fig. C14.2.-21

Ou du type "Té avec piquage conique" (Voir Fig. C14.2.-22), pour les diamètres nominaux > 630 mm.



a) Piquage
concentrique

b) Piquage
tangential

$$l1 > 0,5 d3 + s$$

$$l3 > 0,5 d1 + s$$

$$s > 0,15 d3$$

$$d1 > 630 \text{ mm}$$

Fig. C14.2.-22

3.2. Assemblage des éléments de conduits

3.2.1. Conduits rectangulaires

Les surfaces de contact au droit des raccords entre éléments de conduits doivent être rigides et dressées.

Les raccords se font avec interposition d'un joint ou produit d'étanchéité.

Ce joint doit rester souple et élastique dans le temps et garantir l'étanchéité requise.

Les joints en mousse synthétique doivent être à cellules fermées.

Les éléments de conduits sont assemblés mécaniquement à l'aide de boulons à chaque coin de la bride. De plus, les brides devront être connectées supplémentaires soit avec des glissières, soit avec des clames sur chaque côté du conduit. La distance entre ces connexions supplémentaires ne peut dans aucun cas être supérieure à la l'entre-distance prescrite par le fabricant, avec un minimum de 40 cm.

Sauf mention contraire dans le cahier spécial des charges, les conduits visibles, dans des zones occupées, seront toujours assemblés avec des glissières ; et cela sur toute la longueur des brides.

3.2.2. Conduits circulaires

Les assemblages se font soit par brides, soit par manchons.

- Les raccords par brides se font avec interposition d'un joint ou produit d'étanchéité comme décrit sous 3.2.1.
- Si les connexions sont faites avec des manchons, l'étanchéité sera assurée par des joints en EPDM, installés en usine, sur toutes les connexions mâles.

Des manchons sans joints d'étanchéité tels que décrits ci-dessus peuvent être utilisés à condition que l'étanchéité des joints soit assurée en plaçant des bandes élastiques autocollantes à froid, résistantes à l'humidité, de minimum 50 mm de largeur, à l'extérieur des conduits au droit des connexions. Cette bande est constituée d'une couche d'adhérence en butyle d'une épaisseur d'environ 1 mm sur un support en polyéthylène, d'une densité de minimum 1.7 g/cm³ et avec un 'bonding time' de maximum 24 heures.

Pour l'usage à l'extérieur il sera utilisé une bande constituée d'une couche d'adhérence en butyle d'une épaisseur de 1 mm, supportée par un film d'aluminium siliconé étanche à l'eau.

Les pièces de jonctions doivent respecter les tolérances qui sont mentionnées au point 6 de la norme NBN EN 1506.

3.2.3. Connexions imperméables

Pour les conduits destinés à véhiculer de l'air chargé de particules de graisse et/ou d'eau (par ex air repris de hottes, lave-vaisselles, etc.) les assemblages sont obligatoirement faits par des connexions imperméables (afin d'éviter les fuites), par ex par soudure ou par interposition d'un joint imperméable.

ARTICLE C14 PAR. 3. CONDUITS FLEXIBLES

1. Limites d'utilisation

1.1. Qualité de l'air véhiculé ou ambiant

1.1.1. Air contaminé et vapeurs graisseuses

Pour des raisons d'hygiène les conduits flexibles ne peuvent pas être utilisés pour véhiculer des vapeurs graisseuses ou de l'air contaminé.

1.1.2. Atmosphère agressive

Chaque cas est considéré comme un cas d'espèce, en fonction de la nature des gaz ou de l'air avec lequel les conduits sont en contact.

Les exigences sont stipulées dans le cahier spécial des charges.

L'utilisation des conduits flexibles est interdite, en autres lorsque l'air contient de l'acide.

1.2. Locaux desservis

Les conduits flexibles ne peuvent pas être utilisés pour véhiculer de l'air pulsé dans les salles d'opération, les salles blanches, etc.

1.3. Domaine d'application

Les conduits flexibles ne peuvent être utilisés que comme tronçon final de raccordement aux unités terminales, pour en simplifier le montage et en tant qu'absorption acoustique finale au droit de l'unité terminale.

L'usage de flexibles à l'extérieur du bâtiment n'est pas autorisé.

A l'intérieur des bâtiments les flexibles ne peuvent pas être utilisés dans des endroits où ils pourraient être sujets à des dégradations ou des déformations.

1.4. Température limite

La température de l'air véhiculé par des conduits flexibles ne peut dépasser 40°C.

1.5. Limite de pression statique

Les conduits flexibles ne peuvent pas être soumis à une pression statique, positive ou négative, supérieure à 200 Pa.

2. Propriétés technologiques

2.1. Types de conduits flexibles

On distingue plusieurs types de flexibles:

- Non-isolés
- Isolés thermiquement
- Isolés thermiquement et acoustiquement

Des flexibles raccordés à des conduits d'air (en pulsion ou en extraction) isolés thermiquement doivent être eux aussi isolés.

2.2. Qualité des conduits flexibles

Les conduits sont constitués de:

- Aluminium
- Aluminium en combinaison avec du polyester
- Manteau isolant en fibres minérales (le cas échéant)

Ils sont toujours pourvus d'une spirale métallique afin d'assurer la rigidité.

2.3. Conduits flexibles isolés

Revêtement extérieur non compris, la valeur R minimale de l'isolation sera de 0,62 m²K/W.

2.4. Conduits flexibles acoustiques

Ces flexibles sont constitués d'une double peau et entre la paroi extérieure et la paroi intérieure se trouve un matériau absorbant acoustique en laine minérale. La paroi intérieure est perforée et est protégée par une membrane en polyester. Cette membrane empêche que des particules de l'isolant ne se retrouvent dans le flux d'air d'une part et que l'humidité de l'air ne se propage dans l'isolant. Pour les propriétés acoustiques de ces conduits il est renvoyé au chapitre D « acoustique ».

2.5. Enveloppe extérieure

L'enveloppe extérieure des flexibles isolés est composée de 3 couches d'aluminium laminé.

Ce revêtement doit être suffisamment solidarisé avec l'isolation pour éviter tout arrachement lors de la pose.

2.6. Diamètres

Les diamètres nominaux suivants sont admis: 63, 80, 100, 125, 150, 160, 180, 200, 250, 315, 355, 400, 450 en 500 mm.

2.7. Classement au feu

Tous les conduits flexibles doivent au minimum être conformes à la classe B-s1,do ou M1 selon NBN EN 13501-1.

2.8. Essais

Tous les conduits flexibles doivent satisfaire aux essais décrits dans la norme EN 13180 ou en partie 3 de la norme DIN 24146.

3. Exigences fonctionnelles

3.1. Étanchéité

Les critères d'étanchéité sont déterminés dans art. C14 par. 1. "Conditions générales concernant tous les conduits d'air".

3.2. Raccordement d'un organe de régulation ou d'équilibrage

Lorsqu'un organe de réglage ou d'équilibrage doit être interposé dans un conduit flexible, il est placé, en amont et en aval de cet organe, un élément de conduit métallique rigide d'une longueur au moins égale au diamètre du conduit.

4. Pose des conduits flexibles

Les moyens de fixation ne participent pas au renforcement des conduits.

La fixation des unités terminales telles que : grilles, poutres froides, ... s'effectue de façon totalement indépendante ; le poids de ces unités ne peut d'aucune manière être reporté sur les conduits flexibles.

La création d'ouvertures pour sondes de régulation, de mesures et ou d'essais dans des conduits flexibles est interdite.

Les courbes doivent être les plus amples possibles. On doit respecter un rayon de courbure minimal (voir Fig. C14.3.-1) égal à $R = d + 2 \times$ l'épaisseur de l'isolation. Les courbes en S doivent être évitées.

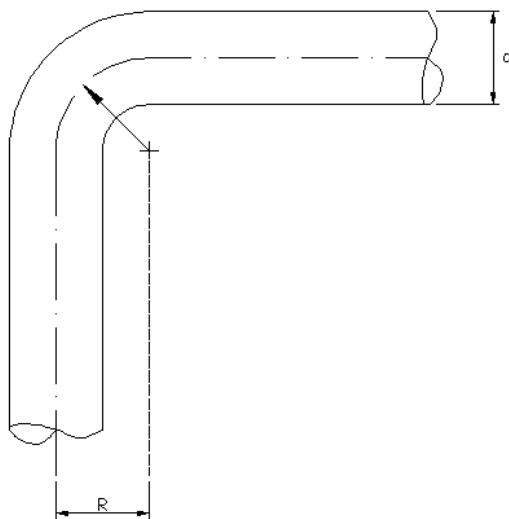


Fig. C14.3.-1

Les conduits flexibles avec un diamètre intérieur plus grand que 500 mm sont interdits.

Pour des raisons aérauliques et pour éviter l'accumulation de poussière, les conduits flexibles doivent être les plus courts possibles, leur longueur ne peut dépasser 1 m. Les conduits flexibles sont pour autant que possible de même longueur.

Les flexibles sont toujours livrés comprimés et doivent être décomprimés avant pose. Après extension du flexible, il ne peut pas être plus de 3% plus court que la longueur nominale indiquée par le fabricant.

Le tracé du conduit flexible doit être tel que la forme ronde reste complètement maintenue tout le long du tracé, au droit des coudes et autres changements de direction.

Les flexibles doivent rester accessibles afin de pouvoir les démonter pour nettoyage ou pour leur remplacement. L'usage des flexibles pour le passage d'une paroi n'est pas permis. Ils doivent être pourvus aux deux extrémités d'un bout lisse d'au moins 7 cm de longueur, recouvert d'une bande adhésive en aluminium, pour permettre leur serrage par des colliers appropriés en inox. L'usage de colliers en matière synthétique est interdit.

Quand les flexibles sont supportés, le diamètre ne peut pas être réduit ou déformé. Le flexible doit toujours être supporté au minimum sur une demi-circonférence.

Les flexibles éventuellement déchirés ou abîmés après pose sont à remplacer aux frais de l'entrepreneur. Aucune réparation n'est admise.

ARTICLE C15. - UNITES TERMINALES OU INTERMEDIAIRES DE CIRCUITS D'AIR

ARTICLE C15. PAR. 1. - BOUCHES D'AIR

1. conditions générales relatives aux bouches de pulsion et de reprise d'air placées à l'intérieur

Les bouches sont en métal inoxydable : aluminium, bronze, etc... ou en acier émaillé au four et, dans ce cas, d'une teinte à déterminer par le fonctionnaire dirigeant.

Avant tout début de fabrication, l'entrepreneur est tenu de présenter un modèle de chaque bouche pour approbation, au fonctionnaire dirigeant, et d'y apporter à la demande de celui-ci toutes modifications et améliorations, de manière à réaliser les dispositions imposées.

Chaque bouche de pulsion est munie d'un dispositif de réglage du débit simple et efficace, d'un type entraînant un minimum de modification dans la direction des filets d'air. Ce dispositif est destiné à être réglé et calé en position après placement de la bouche, mais doit rester réglable pour permettre d'équilibrer les débits des différentes bouches. Les dispositifs de manoeuvre sont tels que l'indication du sens et du degré d'ouverture et de fermeture soit claire et que le personnel chargé du réglage puisse facilement repérer la position des dispositifs de réglage et les caler dans la position voulue.

Si le cahier spécial des charges l'impose, les bouches de reprise d'air sont équipées du même dispositif de réglage des débits.

Quel que soit le système de réglage utilisé pour les bouches de pulsion, il doit permettre au débit d'air de se répartir uniformément sur toute la surface de la bouche. Le débit à la bouche doit varier linéairement avec l'ouverture ou la fermeture du clapet. En aucun cas, il n'est toléré des vitesses de sortie locales supérieures de plus de 50 % à la vitesse théorique de sortie.

Lorsque le cahier spécial des charges l'impose, les bouches sont du type à simple ou à double déflexion. Dans le cas de bouches à simple déflexion, il précise le sens de celle-ci : soit horizontal, soit vertical.

La déflexion est réalisée au moyen d'ailettes mobiles à frottement dur, ces ailettes pouvant constituer la partie vue des bouches. Si les angles de déflexion conviennent pour les cas d'utilisation visés par le cahier spécial des charges, il peut être fait usage de bouches à ailettes fixes profilées de façon spéciale, de manière à permettre quatre orientations de diffusion d'après leur mode de placement.

Lorsque les bouches doivent être placées dans des plafonds qui ne sont pas composés de plaques, l'entrepreneur est tenu de prendre toutes mesures nécessaires pour effectuer les découpes et les ragréages de même que la remise en parfait état des parties de plafond éventuellement altérées. Sauf impositions contraires dans le cahier spécial des charges, les encadrements des bouches s'appuient sur le nu fini des plafonds.

Dans le cas de plafonds composés de plaques, par exemple des plaques absorbantes acoustiques, les dimensions des bouches doivent être égales ou multiples de celles des plaques.

Le cahier spécial des charges peut imposer des bouches spéciales dites "plafonniers" et dans ce cas, il fixe les conditions techniques pour ce matériel.

2. Conditions générales relatives aux bouches extérieures pour prise d'air frais ou refoulement d'air vicié

Le cahier spécial des charges et les plans donnent tous renseignements au sujet du genre de bouches : du type mural, type cheminée avec ou sans ouverture, etc...

Tous les éléments métalliques intervenant dans les bouches extérieures, leurs accessoires et leurs moyens de fixation sont inoxydables par un procédé adéquat.

Le cahier spécial des charges peut imposer le genre de matériau : acier inoxydable, aluminium anodisé, chlorure de polyvinyle, bronze, etc...

Toutes les ouvertures extérieures sont garnies de persiennes empêchant l'introduction de la pluie.

Derrière ces persiennes, se place un treillis à mailles de maximum 5 mm de côté, fixé dans un cadre et laissant une section nette de passage d'au moins 80 %. Ce treillis, destiné à éviter le passage d'oiseaux, de gros insectes et de corps étrangers, est en bronze et les lanières ont une épaisseur de 0,5 mm.

ARTICLE C16. FILTRES À AIR

CONTENU

ARTICLE C16. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES	2
ARTICLE C16. PAR. 1. DOMAINE D'APPLICATION	3
ARTICLE C16. PAR. 2. TERMINOLOGIE	4
ARTICLE C16. PAR. 3. CLASSIFICATION DES FILTRES	5
1. GROUPES G, M ET F	5
2. GROUPES E, H ET U	6
ARTICLE C16. PAR. 4. ESSAIS	7
1. ESSAIS EN LABORATOIRE	7
1.1. Généralités.....	7
1.2. Filtres des groupes G, M et F	7
1.3. Filtres des groupes E, H et U.....	7
2. ESSAIS IN SITU	7
ARTICLE C16. PAR. 5. CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT	8
1. PERTE DE CHARGE DU FILTRE	8
2. DURÉE DE VIE DU FILTRE / ASPECTS ÉNERGÉTIQUES	9
2.1. Groupe G	9
2.2. Groupes M et F	9
2.3. Groupes E, H et U.....	9
ARTICLE C16. PAR. 6. CONDITIONS TECHNIQUES.....	10
ARTICLE C16. PAR. 7. CAS PARTICULIER DES FILTRES À CHARBON ACTIF	12

ARTICLE C16. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN 14799	Filtres à air pour la propreté de l'air - Terminologie	09/2007
NBN EN 779	Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules - Détermination des performances de filtration	05/2012
NBN EN 1822-1	Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 1: Classification, essais de performance et marquage	03/2010
NBN EN 1822-2	Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 2: Production d'aérosol, équipement de mesure et statistiques de comptage de particules	03/2010
NBN EN 1822-3	Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 3: Essais de medias filtrants plans	03/2010
NBN EN 1822-4	Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 4: Essais d'étanchéité de l'élément filtrant (méthode d'exploration)	03/2010
NBN EN 1822-5	Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 5: Mesure de l'efficacité de l'élément filtrant	03/2010
NBN EN 15805	Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules - Dimensions normalisées	05/2010

ARTICLE C16. PAR. 1. DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes impositions s'appliquent aux filtres mécaniques fixes, qui retiennent les particules contenues dans l'air par un ou plusieurs effets mécaniques tels que tamisage, effets d'inertie, d'interception, de diffusion, etc.

Elles ne concernent ni les filtres à déroulement automatique, ni les filtres électrostatiques, ni les filtres séparant les vapeurs de graisse ou d'huile, ni les filtres à charbon actif (des impositions générales relatives à l'utilisation de ce type particulier de filtres sont cependant précisées en fin de ce chapitre). Dans les cas particuliers ayant recours à de tels filtres, le cahier spécial des charges en précisera les impositions techniques particulières, notamment en matière de fabrication, placement, tests et performances à atteindre in situ.

ARTICLE C16. PAR. 2. TERMINOLOGIE

Sauf mention contraire, la terminologie et les symboles utilisés dans le présent texte sont :

- en général, ceux de la norme NBN EN 14799 ;
- pour les filtres à air de ventilation générale, ceux de la norme NBN EN 779 ;
- pour les filtres à air à haute efficacité, ceux de la norme NBN EN 1822.

Par « filtre » ou « filtre complet », on entend l'ensemble comprenant l'armature fixée à demeure dans l'installation et la partie remplaçable du filtre.

Par « élément de filtre » ou « élément filtrant » on entend la partie de filtre comprenant un médium filtrant (ou matière filtrante) et un support indissociable (élément de filtre fixe tel que poche, filtre compact ou panneau).

Un élément de filtre peut :

- constituer à lui seul la partie remplaçable du filtre : poche unique d'un filtre à poches, filtre compact
- constituer une image réduite de la partie remplaçable du filtre : poche d'un filtre à poches qui en comprend plusieurs
- ne constituer ni la partie remplaçable du filtre ni une image réduite de celle-ci : panneau d'un filtre dièdre

Le « débit d'utilisation » d'un filtre, dont il est question dans le présent texte et dans le cahier spécial des charges, est le débit d'air destiné à traverser le filtre dans l'installation où celui-ci doit être placé (en cas de système de ventilation à débit variable, il sera tenu compte du débit d'air maximum nominal devant traverser le filtre).

ARTICLE C16. PAR. 3. CLASSIFICATION DES FILTRES

Les filtres sont classés en groupes et en classes selon leurs performances de filtration. On distingue les groupes suivants :

- Groupe **G** : filtres grossiers
- Groupe **M** : filtres moyens
- Groupe **F** : filtres fins
- Groupe **E** : filtres particuliers efficaces (EPA)
- Groupe **H** : filtres particuliers à très haute efficacité (HEPA)
- Groupe **U** : filtres particuliers à très faible pénétration (ULPA).

Dans chaque groupe sont définies plusieurs classes ; ces classes sont détaillées ci-dessous.

1. Groupes G, M et F

Le tableau suivant fixe les différentes classes de filtres à air de ventilation générale. Les essais en vue de l'établissement de la classe d'un filtre G, M ou F sont réalisés conformément à la norme NBN EN 779.

groupe de filtre	classe de filtre	perte de charge finale ^(*)	rendement gravimétrique moyen (poussière synthétique) A_m (%)	efficacité moyenne (particules 0,4 μm) E_m (%)	efficacité minimale ^(**) (particules 0,4 μm) (%)
Grossier (G)	G1	250 Pa	$50 \leq A_m < 65$	-	-
	G2		$65 \leq A_m < 80$	-	-
	G3		$80 \leq A_m < 90$	-	-
	G4		$90 \leq A_m$	-	-
Moyen (M)	M5	450 Pa	-	$40 \leq E_m < 60$	-
	M6		-	$60 \leq E_m < 80$	-
Fin (F)	F7	450 Pa	-	$80 \leq E_m < 90$	≥ 35
	F8		-	$90 \leq E_m < 95$	≥ 55
	F9		-	$95 \leq E_m$	≥ 70

(*) la perte de charge finale définie ici est la perte de charge finale maximale lors de l'essai du filtre. Elle détermine la fin de l'essai dans le cas où aucune des conditions limites explicitées au point 10.4.2. de la norme NBN EN 779 n'a été rencontrée.

(**) valeur minimale entre l'efficacité initiale, l'efficacité après décharge électrostatique et l'efficacité la plus faible mesurée durant toute la procédure de test du filtre selon la norme NBN EN 779.

2. Groupes E, H et U

Les filtres particulaires efficaces (EPA, groupe E), à très haute efficacité (filtres HEPA, groupe H) et à très faible pénétration (filtres ULPA, groupe U) sont classés suivant la norme NBN EN 1822-1 à 5. Le tableau suivant en détaille les différentes classes en fonction des résultats aux essais décrits dans la norme précitée :

groupe de filtre	classe de filtre	valeur globale (**)		valeur locale (**)	
		efficacité E (%)	pénétration P (%)	efficacité E (%)	pénétration P (%)
EPA (E)	E10	≥ 85	≤ 15	-	-
	E11	≥ 95	≤ 5	-	-
	E12	≥ 99.5	≤ 0.5	-	-
HEPA (H)	H13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
	H14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
ULPA (U)	U15	≥ 99.999 5	≤ 0.000 5	≥ 99.997 5	≤ 0.002 5
	U16	≥ 99.999 95	≤ 0.000 05	≥ 99.999 75	≤ 0.000 25
	U17	≥ 99.999 995	≤ 0.000 005	≥ 99.999 9	≤ 0.000 1

(**) Les essais sont réalisés avec un aérosol dont le diamètre moyen des particules doit correspondre, pour le médium filtrant testé, à la dimension des particules pour laquelle la pénétration est la plus élevée (MPPS).

ARTICLE C16. PAR. 4. ESSAIS

1. Essais en laboratoire

1.1. Généralités

Les essais en laboratoire sont effectués par un organisme agréé, ou par le fabricant s'il dispose d'un banc d'essai conforme à la norme NBN EN 779 (pour les filtres des groupes G, M et F) ou NBN EN 1822 (pour les filtres des groupes E, H et U). Les procès-verbaux d'essais en laboratoire doivent être remis à l'administration avant l'approvisionnement des filtres sur le chantier.

De plus, le cadre des filtres des groupes E, H et U porte la mention du numéro de série du filtre, de son débit d'essai et de sa classe selon NBN EN 1822.

Le débit d'essai du filtre proposé doit être tel que le débit d'utilisation soit compris entre 80 et 120 % du débit d'essai (entre 70 et 120 % pour les filtres E, H et U).

1.2. Filtres des groupes G, M et F

Pour les filtres des groupes G, M et F, l'entrepreneur fournit le procès-verbal d'essai suivant NBN EN 779 d'un filtre identique à celui qu'il propose d'installer. Ce procès-verbal est établi suivant le modèle présenté au § 13 de la norme précitée. L'entrepreneur fournit au minimum une copie de la feuille récapitulative de résultats d'essai du filtre (voir figure 13 de la NBN EN 779), l'entièreté du rapport d'essai étant fourni à la demande du fonctionnaire dirigeant.

Filtres panneaux et filtres dièdres :

Si le filtre à installer est constitué de parties identiques dont chacune constitue une image réduite du filtre complet, un procès-verbal d'essai relatif à une telle partie suffit.

Filtres à poches et filtres compacts :

Si le filtre à installer est constitué de parties appartenant toutes à une même famille, un procès-verbal d'essai relatif à un filtre représentatif de cette famille suffit.

On entend par « famille » de filtres à poches (ou de filtres compacts) un ensemble de filtres :

- dont les médias filtrants sont de même nature
- dont la profondeur de poches (ou la profondeur de l'élément filtrant) est identique
- pour lesquels le rapport r du nombre de poches (ou du nombre d'éléments) à la largeur frontale est constant. Une tolérance de 5 % est admise par rapport à la valeur r du filtre essayé.

1.3. Filtres des groupes E, H et U

Pour les filtres des groupes E, H et U, l'entrepreneur fournit le procès-verbal d'essai de rendement du filtre qu'il propose d'installer, suivant NBN EN 1822. Ce procès-verbal comporte les indications suivantes : le numéro de série du filtre, la courbe d'efficacité spectrale du médium filtrant, y compris les coordonnées concernant l'efficacité minimale, la perte de charge sur le médium filtrant plan à la vitesse nominale, les efficacités locale et globale du filtre ainsi que la perte de charge du filtre au débit nominal.

Il est bien entendu que c'est le filtre à installer, considéré individuellement, et non un filtre de mêmes marque et type, qui fait l'objet de l'essai.

2. Essais in situ

Pour les filtres des groupes H et U, l'administration procède in situ, immédiatement avant la première réception provisoire de l'installation, à un essai d'efficacité locale (contrôle de fuites) suivant NBN EN 1822. L'aérosol utilisé (par ex DOP polydispersé) doit être choisi en fonction de l'application ; il ne peut contaminer le filtre, l'installation ou les locaux desservis.

ARTICLE C16. PAR. 5. CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

Le cahier spécial des charges précise le groupe et la classe du filtre, ainsi que son débit d'utilisation.

1. Perte de charge du filtre

Dans un souci d'économie d'énergie, la perte de charge initiale Δp_i et la perte de charge finale Δp_f du filtre en utilisation ne peuvent dépasser les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

classe de filtre	perte de charge initiale maximale au débit d'utilisation $\Delta p_{i, \max}$ (Pa)	perte de charge finale maximale au débit d'utilisation $\Delta p_{f, \max}$ (Pa)
G1, G2	40	$\Delta p_i + 100$ Pa
G3, G4	50	
M5	80	
M6	90	
F7	120	$\Delta p_i + 150$ Pa
F8, F9	150	
E10 à E12	250	$2 \times \Delta p_i$
H13 à U17	selon étude spécifique	

La perte de charge finale conditionne le remplacement du filtre. Un manomètre différentiel permet de lire à tout moment la perte de charge du filtre. Un pressostat différentiel est également installé, à moins que cette fonction ne soit assurée par la régulation automatique. Les prises de pression doivent autant que possible être localisées dans des zones où le flux d'air est uniforme. Lorsque la perte de charge choisie pour le remplacement des éléments filtrants est atteinte, une lampe rouge s'allume sur le caisson de traitement d'air et au tableau électrique dont il dépend.

Remarque : si, pour un filtre E, H ou U, le procès-verbal d'essai ne mentionne pas la perte de charge initiale au débit d'utilisation, on détermine celle-ci en admettant que la perte de charge initiale varie linéairement en fonction du débit.

2. Durée de vie du filtre / aspects énergétiques

2.1. Groupe G

La capacité de colmatage des filtres du groupe G est au moins égale à 120 g par 1000 m³/h de débit d'utilisation.

2.2. Groupes M et F

Les filtres des groupes M et F doivent être de **classe d'efficacité énergétique A ou B selon la certification EUROVENT**. Les informations relatives à la certification EUROVENT du filtre ainsi qu'à sa classe d'efficacité énergétique (y compris le débit d'essai du filtre, dans le cas où il serait différent du débit par défaut de 3400 m³/h par filtre) seront clairement indiquées sur le filtre ou son emballage, ou à défaut dans la documentation technique jointe (fiche technique et dossier as-built).

De plus, le débit d'utilisation du filtre ne peut excéder 110 % du débit d'essai du filtre lors du test ayant servi de base à la classification EUROVENT du filtre.

Remarque :

Pour les filtres compacts, vu leur capacité de colmatage plus faible et de manière à garantir une bonne durée de vie, il est de plus imposé une surface minimale de medium filtrant de 5 m² par 1000 m³/h de débit d'utilisation. Cependant, il sera toujours utilisé en priorité et dans la mesure du possible des filtres à poches ; le recours aux filtres compacts devant être motivé par des impératifs d'encombrement à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant (par exemple en cas de remplacement de filtres dans un caisson existant, de centrales de traitement d'air compactes à placer en faux-plafond ou d'applications particulières).

2.3. Groupes E, H et U

Pour ces groupes de filtres, le cahier spécial des charges précise les conditions relatives à la sélection de la taille du filtre en regard de l'application particulière considérée.

ARTICLE C16. PAR. 6. CONDITIONS TECHNIQUES

Les filtres doivent être conçus ou marqués de manière à empêcher un montage incorrect.

Les filtres doivent remplir normalement leur fonction et ne peuvent ni se déformer ni se corroder dans des conditions normales d'utilisation (conditions de température, humidité, atmosphère corrosive, contraintes mécaniques,...) et notamment lorsqu'ils sont soumis aux sollicitations suivantes:

- température constante quelconque comprise entre -10°C et 70°C pour une humidité relative de 10%
- humidité relative constante quelconque comprise entre 0 et 100% à 25°C (entre 0 et 75% pour les filtres des groupes E, H et U)
- pression différentielle égale à 1,25 fois la perte de charge finale

Les matériaux et composants constituant les filtres sont non friables, imputrescibles, hydrophobes et ne peuvent constituer de potentiels nutriments aux micro-organismes. La réaction au feu de ces matériaux est telle qu'ils soient classés A2 suivant l'A.R. du 2012-07-12 modifiant l'A.R. du 1994-07-07 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie.

La poussière ou les fibres libérées par le média filtrant dans l'air filtré ne peut constituer de danger ou de nuisance pour les personnes ou les objets exposés à l'air filtré.

Dans sa documentation technique, le fabricant précise les instructions et recommandations relatives à la mise au rebut en fin de vie des filtres (éléments éventuellement recyclables, incinérables,...).

Pour les filtres du groupe F, la chute d'efficacité initiale suite à la décharge électrostatique du média filtrant réalisée conformément à la NBN EN 779 ne peut être excéder 10% en valeur relative. Toute dérogation à cette règle doit être motivée et soumise à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Les cadres fixes des filtres ont des dimensions frontales (largeur x hauteur) hors-tout de :

		largeur		
		305 mm	508 mm	610 mm
hauteur	305 mm	S	S	S
	610 mm	R	R	R
	910 mm	R	R	R

R : tailles recommandées

S : exécutions spéciales (les poches sont placées verticalement)

la tolérance admise sur chaque côté étant de +0 / -2 mm.

Les filtres placés dans ces cadres ont des dimensions (largeur et hauteur) inférieures de 18 mm aux dimensions mentionnées ci-dessus pour les cadres fixes ; la tolérance admise sur chaque côté étant de +3 / -2 mm.

Les médias filtrants sont secs, c'est-à-dire que la rétention des particules est assurée sans le concours d'aucun humidifiant ni traitement bactéricide ou fongicide, qu'il soit appliqué lors de la fabrication ou de la mise en service.

Si, pour des raisons techniques de fabrication du filtre, le médium est perforé, les perforations sont obturées de telle manière que, durant toute la vie de l'élément filtrant, aucun passage d'air non filtré n'apparaisse.

Les filtres sont placés dans des caissons ou chambres étanches munis d'accès de visite dont les dimensions et les emplacements sont tels que l'accès aux éléments filtrants, l'enlèvement et le placement de ceux-ci par le côté amont soient aisés. Un dispositif adéquat rend impossible le remplacement des éléments filtrants sans que le flux d'air soit arrêté.

La fourniture d'un filtre comprend une recharge complète de l'ensemble des éléments filtrants.

Les filtres sont constitués d'éléments filtrants (panneaux, dièdres, poches, ...) fixes montés dans une armature rigide. Les éléments sont montés dans l'armature avec joints et dispositifs de fixation, tels qu'il ne se produise pas de fuite d'air non filtré et que le remplacement des éléments filtrants reste aisé.

Dans les panneaux, dièdres, ..., le médium filtrant est supporté au moins sur sa face aval par un élément empêchant sa déformation par la pression.

Dans les filtres à poches, celles-ci ne peuvent, sous l'effet du passage de l'air, se déformer de manière telle que les poches juxtaposées viennent à se toucher, réduisant ainsi la surface filtrante effective. Les poches sont placées verticalement.

Le montage et le démontage des filtres à poches et compacts doivent s'opérer du côté air sale ou latéralement (glissières). L'utilisation de glissières est interdite pour les filtres de classe égale ou supérieure à F8. La fixation des filtres à poches et compacts côté air propre est interdite.

Les éléments des filtres des groupes E, H et U sont montés immédiatement avant la première réception provisoire, en présence du délégué de l'administration.

ARTICLE C16. PAR. 7. CAS PARTICULIER DES FILTRES À CHARBON ACTIF

L'utilisation de ce type de filtres nécessite une étude spécifique. Toutefois, il sera tenu compte des règles générales suivantes :

Pour être efficace, le temps de contact avec le charbon actif (t_c) de l'air traversant le filtre sera de minimum 0,1 sec, avec

$$t_c = \text{volume de charbon (m}^3\text{)} / \text{débit d'air (m}^3\text{/s)}$$

Le choix du type de charbon actif sera effectué en fonction des composants gazeux à traiter.

La perte de charge des filtres à charbon actif doit rester constante en période de fonctionnement normal. Le remplacement sera donc effectué suivant la durée de fonctionnement de l'installation, avec un intervalle maximum d'un an.

ARTICLE C17. RECUPERATION DE CHALEUR

CONTENU

ARTICLE C17. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES	2
ARTICLE C17. PAR. 1. DÉFINITIONS	3
1. RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR	3
2. EFFICACITÉS.....	3
ARTICLE C17. PAR. 2. TYPES	4
1. ECHANGEUR ROTATIF.....	4
2. ECHANGEUR À PLAQUES.....	4
3. ECHANGEUR AVEC BATTERIES AU GLYCOL.....	4
ARTICLE C17. PAR. 3. PERFORMANCES ET EXIGENCES GÉNÉRALES	5
1. PERFORMANCES	5
1.1. Efficacité.....	5
1.2. Perte de pression.....	5
2. PLACEMENT	5
3. DOCUMENTS.....	5
ARTICLE C17. PAR. 4. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS ROTATIFS.....	7
1. COMPOSITION ET MATÉRIAUX.....	7
2. PLACEMENT.....	7
3. ACCESSOIRES.....	7
ARTICLE C17. PAR. 5. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS À PLAQUES	8
1. COMPOSITION ET MATÉRIAUX.....	8
2. PLACEMENT.....	8
3. ACCESSOIRES.....	8
ARTICLE C17. PAR. 6. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS AVEC BATTERIES AU GLYCOL.....	9
1. COMPOSITION ET MATÉRIAUX.....	9
2. ACCESSOIRES.....	9

ARTICLE C17. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN 308	Echangeurs thermiques – Procédures d'essai pour la détermination de la performance des récupérateurs de chaleur air/air et air/gaz	02 - 1997

ARTICLE C17. PAR. 1. DÉFINITIONS

1. Récupérateur de chaleur

Les récupérateurs de chaleur sont des échangeurs ou des combinaisons d'échangeurs thermiques qui permettent un transfert thermique et, dans certains cas, d'humidité entre un flux d'air extrait et d'un flux d'air neuf sous l'action d'une différence entre les niveaux de température et d'humidité. (selon NBN EN 308:1997, 4.1)

2. Efficacités

L'efficacité thermique est définie par la formule suivante (selon NBN EN 308:1997, 4.3) :

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

où t_{21} = température de l'air neuf

t_{22} = température de l'air neuf après le récupérateur de chaleur

t_{11} = température de l'air extrait

L'efficacité hygrométrique est définie par la formule suivante (selon NBN EN 308:1997, 4.3) :

$$\eta_x = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}}$$

où x_{21} = humidité absolue de l'air neuf

x_{22} = humidité absolue de l'air neuf après le récupérateur de chaleur

x_{11} = humidité absolue de l'air extrait

Remarques

1. L'efficacité est définie du côté de l'air neuf, puisque la valeur de t_{22} et x_{22} est importante pour le dimensionnement du récupérateur et des autres éléments du groupe de traitement d'air (t_{11} et t_{21} sont des valeurs fixes et connues); pour éviter toute confusion, aucune définition de l'efficacité du côté de l'air extrait n'est donnée.
2. Il s'ensuit que cette définition n'a une signification thermodynamique correcte que dans le cas où le débit d'air neuf égale le débit d'air extrait.
3. Lorsque ces débits ne sont pas identiques, la formule n'a que peu de signification physique (p. ex. si le débit d'air extrait est la moitié du débit d'air neuf, l'efficacité ne pourra jamais dépasser 0,5, même si toute la chaleur récupérable de l'air extrait est transférée vers l'air neuf); mais, comme expliqué dans 1., la formule autorise de déterminer la température et l'humidité après le récupérateur.

ARTICLE C17. PAR. 2. TYPES

1. Echangeur rotatif

L'échangeur rotatif est constitué d'une roue (rotor), formée de couches successives de plaques d'aluminium planes et cannelées parcourues d'air; un côté se trouve dans l'air neuf, l'autre dans l'air extrait, de façon à ce que chaque partie entre successivement en contact avec l'air neuf et l'air extrait lorsque la roue tourne. Ainsi la chaleur est transférée de l'air le plus chaud vers l'air le plus froid.

Lorsque l'aluminium est en plus recouvert d'une mince couche de produit hygroscopique, de l'humidité peut également être transférée de l'air le plus humide vers l'air le plus sec, et cela dans toutes les conditions de température.

2. Echangeur à plaques

Dans un échangeur à plaques la chaleur est transférée de l'air extrait vers l'air neuf (ou inversement) par l'intermédiaire de plaques; il y a donc toujours une séparation parfaite entre les deux flux d'air.

Le transfert d'humidité n'est pas possible.

3. Echangeur avec batteries au glycol

La chaleur est transférée d'une batterie de refroidissement dans l'air extrait vers une batterie de chauffe dans l'air neuf (ou inversement) par un circuit intermédiaire rempli d'eau glycolée; contrairement à l'échangeur rotatif ou à plaques, ce système peut être appliqué également dans le cas où, suite à un problème de place, il n'est pas possible de rendre en contact le flux d'air neuf avec le flux d'air extrait.

Le transfert d'humidité n'est pas possible.

ARTICLE C17. PAR. 3. PERFORMANCES ET EXIGENCES GÉNÉRALES

1. Performances

1.1. Efficacité

Les valeurs minimales suivantes sont d'application pour l'efficacité :

Type de récupérateur de chaleur	η_t	η_x
Echangeur rotatif	0,75	0,70
Echangeur à plaques	0,55	-
Echangeur avec batteries au glycol	0,55	-

L'efficacité est mesurée suivant les procédures et aux températures mentionnées dans NBN EN 308:1997, pour le débit d'air maximal projeté.

Les valeurs de l'efficacité sont valables lorsque le débit d'air extrait est égal ou supérieur au débit d'air neuf. Si le débit d'air extrait est inférieur au débit d'air neuf, le récupérateur de chaleur doit être sélectionné (en tenant compte de l'efficacité minimale mentionnée ci-dessus) en supposant que débit d'air extrait soit égal au débit d'air neuf ; l'efficacité réelle aux débits véritables sera alors plus petite.

1.2. Perte de pression

La valeur maximale de la perte de pression du récupérateur de chaleur est de 150 Pa, au débit d'air maximal projeté (aussi bien côté de l'air neuf que côté de l'air extrait).

2. Placement

Sauf impositions contraires au cahier spécial des charges ou dans des cas spéciaux, le récupérateur de chaleur est placé comme suit par rapport aux ventilateurs :

- côté de l'air neuf: avant le ventilateur de pulsion
- côté de l'air extrait:
 - lorsque le but principal est la récupération de chaleur de l'air extrait vers l'air neuf : après le ventilateur d'extraction (dans le sens du flux d'air) (1)
 - lorsque le but principal est la récupération de froid de l'air extrait vers l'air neuf : avant le ventilateur d'extraction (dans le sens du flux d'air) (2)

Remarque (1) : dans ce cas la section de purge d'un échangeur rotatif est inactive, il y a donc un faible transfert d'air extrait vers l'air neuf ; ce placement n'est donc autorisé que dans le cas où l'air extrait provient de locaux à faible niveau de pollution d'air (catégorie REP 1 selon NBN EN 13779:2007), par exemple bureaux, salles de réunion, locaux de classe, etc.

Remarque (2) : dans le cas d'un échangeur à plaques ou avec batteries à glycol, l'air extrait après l'échangeur peut avoir une humidité très élevée ou contenir des gouttes d'eau (vu le refroidissement et l'absence de transfert d'humidité) ; ce placement est à déconseiller dans ce cas.

3. Documents

L'entrepreneur fournit les documents suivants:

- Un calcul des caractéristiques techniques (η_t , η_x , perte de pression) à l'état de fonctionnement réel (au débit d'air maximal projeté et dans des circonstances d'hiver et d'été), déterminés au moyen d'un programme de calcul certifié par EUROVENT.

- Un rapport d'essai selon NBN EN 308:1997 : cet essai ne doit pas forcément être réalisé sur un appareil identique que celui qui sera placé ; un type appartenant à la même gamme mais avec d'autres dimensions est acceptable, pour autant que les caractéristiques constructives (masse d'accumulation, distance des ailettes, nombre de rangées, distance des plaques, ...) et la vitesse d'air frontale soient égales.

ARTICLE C17. PAR. 4. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS ROTATIFS

1. Composition et matériaux

Tous les matériaux doivent être prévus pour un climat urbain au niveau de la corrosion.

Le rotor est recouvert de produit absorbant de l'humidité comme par exemple le silicagel ; le mordantage de la surface en aluminium du rotor ne suffit pas. La couche absorbante doit résister aux effets du gel, ne peut pas constituer une base pour la prolifération de micro-organismes et doit être stable dans le temps.

Le récupérateur est doté d'une section de purge qui évite tant soit peu le transfert d'air extrait vers l'air neuf (pour autant que le côté de l'air neuf soit en surpression par rapport au côté de l'air extrait).

2. Placement

Pour les récupérateurs de grandes dimensions, le rotor doit être constitué de plusieurs segments afin d'en faciliter l'introduction et le montage.

Le récupérateur est incorporé dans le groupe de traitement d'air de telle manière à ce que le rotor puisse être retiré latéralement pour nettoyage, sans devoir démonter d'autres éléments.

Lorsque le récupérateur est plus large que les autres sections du groupe de traitement d'air, il faut prévoir une section de transformation suivant les impositions de l'art. C12 par.8 point 2.2.

3. Accessoires

Le rotor est entraîné par un moteur électrique, équipé d'un régulateur de vitesse, de façon à pouvoir adapter la quantité de chaleur récupérée. La régulation de la vitesse est commandée par un signal externe, p.ex. provenant du groupe de traitement d'air dans lequel il est incorporé. La vitesse du moteur doit être très stable et ne peut pas être influencée par les ventilateurs du groupe de traitement d'air.

Un dispositif de détection de gel est prévu ; le dégivrage s'effectue en diminuant la vitesse du rotor.

ARTICLE C17. PAR. 5. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS À PLAQUES

1. Composition et matériaux

Tous les matériaux doivent être prévus pour un climat urbain au niveau de la corrosion.

Les plaques sont construites en aluminium. Dans le cas d'air extrait humide (par ex. en provenance de douches, cuisines, piscines, ...) ou d'air pollué (par ex. en provenance de laboratoires) les plaques sont recouvertes d'une couche d'époxy ou construites en acier inoxydable AISI 316.

L'échangeur est prévu pour une différence de pression d'au moins 1000 Pa entre le côté de l'air neuf et le côté de l'air extrait ; le débit de fuite à cette pression ne dépasse pas 0,5% du débit d'air maximal prévu.

2. Placement

Le récupérateur est incorporé dans le groupe de traitement d'air de telle manière à ce que l'air extrait s'écoule de haut en bas, de façon à ce que l'eau de condensation soit entraînée avec le flux d'air et sorte le plus vite possible de l'échangeur. Lorsque deux échangeurs sont montés en série, ceci est valable pour le dernier échangeur dans le sens du flux d'air extrait.

3. Accessoires

L'échangeur à plaques est équipé d'un by-pass avec registres motorisés permettant le réglage de la quantité de chaleur récupérée.

Un dispositif de détection de gel est prévu ; le dégivrage s'effectue en ouvrant le by-pass.

Un bac de récolte de l'eau de condensation avec siphon et évacuation vers l'égout est placé en-dessous de l'échangeur, suivant les impositions de l'art. C12 par.5 point 3.c).

ARTICLE C17. PAR. 6. EXIGENCES CONSTRUCTIVES POUR ÉCHANGEURS AVEC BATTERIES AU GLYCOL

1. Composition et matériaux

Le récupérateur est constitué de:

- une batterie de refroidissement dans l'air extrait et une batterie de chauffe dans l'air neuf
- le raccordement entre les batteries, comprenant:
 - tuyauteries
 - accessoires (robinets d'arrêt, thermomètres, robinets de vidange, purge, ...)
 - circulateur
 - isolation des tuyauteries et robinets
 - robinet à trois voies pour le réglage de la puissance transférée
 - robinets de réglage
- systèmes de sécurité:
 - système d'expansion
 - soupapes de sûreté
- un système de remplissage, comprenant:
 - un réservoir d'une contenance équivalente à la capacité de l'installation
 - une pompe de remplissage manuelle
 - tuyauteries entre le réservoir et le système
- le remplissage de mélange glycolé
- un dispositif de détection de gel; le dégivrage s'effectue en réglant le robinet à trois voies

Tous ces éléments répondent aux prescriptions concernées du cahier des charges-type actuel.

2. Accessoires

Un bac de récolte de l'eau de condensation avec siphon et évacuation vers l'égout est placé en-dessous de la batterie de refroidissement, suivant les impositions de l'art. C12 par.5 point 3.c).

ARTICLE C18. - TRAITEMENT DES EAUX

ARTICLE C18. PAR. 1. - GENERALITES APPLICABLES A TOUTES LES ENTREPRISES

1. Renseignements à fournir par le cahier spécial des charges

1.1.

Le cahier spécial des charges indique le type de traitement parmi ceux ci-dessous.

Problème	Traitement
Calcaire	<ul style="list-style-type: none"> - Anti-calcaire à action physique <ul style="list-style-type: none"> - Electrique - Magnétique - Electromagnétique - A ultra-sons - Anti-calcaire à action physico-chimique - Adoucissement
Matières en suspension	<ul style="list-style-type: none"> - Filtration
Fer	<ul style="list-style-type: none"> - Déferrisation
Manganèse	<ul style="list-style-type: none"> - Démanganisation
Acidité	<ul style="list-style-type: none"> - Neutralisation
Goût et odeur	<ul style="list-style-type: none"> - Désodorisation
Pollution biologique	<ul style="list-style-type: none"> - Stérilisation <ul style="list-style-type: none"> - Halogène - U.V. - Ozone
Elimination de la salinité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Décarbonatation <ul style="list-style-type: none"> - A la chaux - Par résines - Déminéralisation <ul style="list-style-type: none"> - Partielle - Totale
CO2 et O2	<ul style="list-style-type: none"> - Dégazage <ul style="list-style-type: none"> - Thermique - Sous vide - Chimique

Conditionnement d'eau pour alimentation de générateurs de vapeur	- Doseurs - Pompes doseuses
Conditionnement d'eau pour alimentation de tours de refroidissement	- Pompes doseuses
Conditionnement d'eau pour alimentation d'installation de chauffage à eau chaude	- Addition de phosphate trisodique

1.2.

Suivant le type d'installation prévu, les renseignements indiqués au tableau ci-dessous sont à indiquer au cahier spécial des charges (5).

Renseignement	Type d'installation (1)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
a. Origine de l'eau à traiter	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(3) (3) (3)
b. Analyse de base de l'eau à traiter													
pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
TA (degré français) (2)	X	X	X	X	X	X				X			
TAC "	X	X	X	X	X	X			X	X			
TH "	X	X	X	X	X	X			X	X			
SAF "	X			X	X	X							
matières organiques (mg/l)	X	X	X	X	X		X	X	X				
Fe (mg/l)	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Mn "	X	X	X	X	X	X			X				
NH ₃ "			X	X	X			X					
SO ₄ "					X	X					X		

Cl (mg/l)					x	x				x	
SiO ₂ "					x	x	x				
matières en suspension (mg/l)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
O ₂ (mg/l)	x										
NO ₃ "					x						
NO ₂ "					x						
CO ₂ libre (mg/l)		x	x	x						x	
c. Utilisation de l'eau traitée	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
d. Résultats particuliers à obtenir	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e. Débit nominal et de pointe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
f. Pression disponible minim. et maxim. (4)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
g. Pression minimale après traitement (4)	x	x	x	x	x				x	x	x
h. Cycle imposé ou autonomie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
i. Tension électrique disponible	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
j. Modalités de fonctionnement de traitement d'eau	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
k. Emplacement disponible	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x

- (1) A. Adoucissement
 B. Déferrisation
 C. Démanganisation
 D. Déminéralisation
 E. Décarbonatation, déminéralisation partielle
 F. Conditionnement des eaux pour l'alimentation de générateurs de vapeur ou de tours de refroidissement
 G. Stérilisation
 H. Filtration et traitement des eaux de piscine
 I. Traitement anti-calcaire

J. Neutralisation
K. Désodorisation
L. Dégazage

- (2) Le degré français correspond à 10 mg de CaCO₃ ou 4 mg de MgO par litre d'eau. Le degré allemand correspond à 10 mg de CaO par litre d'eau. De la sorte 1 degré allemand = 0,56 degré français.
- (3) Pour la neutralisation, la désodorisation et le dégazage, les renseignements à fournir diffèrent d'un cas à l'autre, et sont déterminés par le cahier spécial de charges.
- (4) De la pression minimale disponible et de la pression minimale exigée après traitement, on déduit la perte de charge maximale admise dans l'installation de traitement.

Si ces renseignements ne sont pas fournis, la perte de charge maximale admise dans l'installation de traitement est fixée à 1,5 bar.

- (5) D'une façon générale, si le cahier spécial des charges ne mentionne pas certaines propriétés de l'eau à traiter, il incombe au soumissionnaire de s'en informer.

2. Renseignements à fournir par le soumissionnaire

Le soumissionnaire mentionne explicitement dans son offre tout appareil ou dispositif à installer ou toute modification à apporter à l'installation existante, nécessaires au bon fonctionnement de l'appareil qu'il propose.

3. Renseignements à fournir par l'adjudicataire

3.1.

La documentation à fournir par l'adjudicataire renseigne au moins

3.1.1.

Pour les installations d'adoucissement et de déminéralisation :

- les diamètres des réservoirs et les cotes d'encombrement hors-tout de l'installation
- le diamètre des canalisations d'entrée et de sortie
- les volumes de résine
- les quantités de réactifs de régénération par cycle
- les volumes d'eau nécessaires aux différentes phases de la régénération

3.1.2.

Pour les installations de déferrisation et de déminéralisation :

- les diamètres des réservoirs et les cotes d'encombrement hors-tout de l'installation
- le diamètre des canalisations d'entrée et de sortie
- la nature et la quantité de la matière filtrante
- la nature et la quantité des produits chimiques nécessaires au traitement
- les volumes d'eau nécessaires aux différentes phases de la régénération

3.2.

L'adjudicataire soumet à l'administration un schéma de l'installation telle qu'il la préconise. L'administration se réserve le droit de faire modifier ce schéma si elle le juge utile.

3.3.

L'entrepreneur fournit les notices d'entretien, modes d'emploi en trois exemplaires, ainsi qu'un résumé de ces documents sur papier plastifié, encadré, à placer à proximité de l'installation. Sur celui-ci figure entre autres un schéma de l'installation, avec désignation de tous ses éléments; ces désignations sont d'ailleurs reprises sur les éléments eux-mêmes.

4. Conditions diverses

4.1.

Tous les appareils ou réservoirs soumis à pression sont essayés à une pression d'épreuve égale à 1,5 fois la pression maximale de service, sans dépasser celle-ci de plus de 5 bars. En l'absence d'indications concernant la pression de service, les essais se font à 10 bars minimum.

4.2.

Un clapet de retenue du type "non incrustant" est placé à l'amont de toute installation de traitement de l'eau. Ce clapet est à membrane avec noyau en matière non incrustante (plastique) et conforme aux exigences de la Compagnie distributrice. Il est posé verticalement de façon que l'eau y circule du bas vers le haut. Un robinet de contrôle, placé entre la soupape de fermeture amont et le clapet, complète l'installation.

4.3.

Les appareils sont placés en by-pass avec trois robinets pour permettre de mettre l'appareil hors service afin d'effectuer des réparations ou des contrôles. Le robinet du by-pass doit être fermé et le volant du robinet doit être amovible, de façon à éviter les erreurs de manipulation.

4.4.

Les raccordements hydrauliques, à l'égout et électriques sont réalisés conformément aux prescriptions en vigueur.

4.5.

Lorsque la pression d'alimentation dépasse 7 bars et que la pression minimale exigée après l'installation de traitement est inférieure à 5 bars, il est prévu en amont de celle-ci un réducteur qui limite la pression à 7 bars.

ARTICLE C18. PAR. 2. - APPAREILS ANTI-CALCAIRE

0. Généralités

Ces appareils ont pour but d'éviter la formation d'incrustations dues aux sels incrustants (Ca - Mg) sans les échanger contre des sels non incrustants par nature. Ce ne sont donc pas des adoucisseurs d'eau.

Ils opèrent, soit par transformation physique des sels déposés (appareils à action physique) soit par blocage des sels incrustants (appareils à action physico-chimique). Ces appareils peuvent être classés comme ci-dessous :

- | | |
|---|--------------------------------|
| - appareils à action physique (classe P) | - Magnétique (type m) |
| | - Electromagnétique (type m) |
| | - Electrique (type e) |
| | - A ultra-sons (type us) |
| - appareils à action physico-chimique (classe PC) | - A produit aggloméré (type a) |
| | - A produit en poudre (type p) |
| | - A produit liquide (type l) |

1. Appareils à action physique (classe P)

1.1. Principe

Ces appareils travaillent par l'un des procédés suivants :

- soit en obligeant l'eau à traverser un champs magnétique
- soit en faisant passer à travers l'eau un courant électrique de faible intensité
- soit en soumettant l'eau à des ondes ultrasonores

Ces appareils doivent éviter l'adhérence des incrustations dures et friables en laissant un précipité amorphe qui se laisse entraîner par le courant d'eau ou qui peut être évacué par purge.

On distingue :

1.1.1. Appareils magnétiques (Pm)

Appareils à base d'aimants permanents où l'eau doit traverser un champ magnétique dans certaines limites de vitesse.

Ils ne demandent pas de raccordement électrique.

1.1.2. Appareils électromagnétiques (Pem)

Appareils créant un champ magnétique alternatif à partir d'un courant électrique. L'eau doit traverser le champ magnétique alternatif.

1.1.3. Appareils électriques (Pe)

Appareils dans lesquels on crée un courant électrique de faible intensité entre deux électrodes. Ce courant passe par l'eau à traiter.

1.1.4. Appareils à ultra-sons (Pus)

Appareils constitués d'un générateur d'ondes ultrasonores qui se propagent dans l'eau à traiter.

1.2. Appareils divers

1.2.1.

Un compteur de passage est placé après l'appareil.

1.2.2.

Les appareils magnétiques doivent être précédés d'un filtre à tamis démontable à mailles de 0,6 mm maximum, pour éviter que des particules métalliques, pouvant être amenée par le courant d'eau, soient retenus aux entrefers des aimants permanents.

La méthode de contrôle de ces filtres et des entrefers doit figurer dans la notice d'entretien.

1.2.3.

Le raccordement électrique des appareils électriques, électromagnétiques et à ondes ultrasonores est équipé d'une protection électrique, d'une lampe-témoin et d'un interrupteur.

La méthode de réglage, de nettoyage et de remplacement éventuel d'éléments doit figurer dans la notice d'entretien.

1.3. Peintures

Les appareils et toutes les pièces métalliques sont protégés extérieurement contre l'action corrosive de l'ambiance.

1.4. Essais

1.4.1. Pour la première réception provisoire

1. Vérification de la bonne exécution du travail, de la fourniture de tout le matériel prévu et de l'étanchéité.

2. constatation contradictoire de l'état des tuyauteries et appareils; éventuellement, nettoyage à vif de certaines parties de l'installation.
3. relevé du compteur.
4. plombage des trois robinet (deux robinets de passage ouverts, robinet de by-pass fermé) et du compteur.

1.4.2. Pour la réception provisoire définitive :

1. relevé du compteur.
2. examen de l'épaisseur de l'incrustation dure.
3. examen de l'épaisseur de la couche de dépôts calcaires tendres et friables.

Les constatations les plus défavorables permises sous peine de refus de l'appareil sont :

- une incrustation dure maximum de 0,5 mm
- des dépôts de calcaire tendres et friables de maximum 1 mm

Les mesures sont effectuées à dix endroits minimum choisis par l'administration.

1.4.3.

Les frais de démontage, de nettoyage et de plombage, et, en général, tous frais quelconques, sont à charge de l'entrepreneur, qui fournit la main-d'oeuvre et le matériel.

En cas de refus du matériel, le nouvel appareil est soumis, au moment du placement, aux opérations prévues ci-avant pour la réception provisoire et, deux ans après, au contrôle prévu ci-avant pour la réception définitive.

2. Appareils à action physico-chimique (classe PC)

2.1. Principe

Ce sont les appareils au moyen desquels on introduit dans l'eau un produit chimique en vue de maintenir en solution les sels incrustants et ce, jusqu'à une certaine température de l'eau.

Ces appareils doivent éviter la formation des dépôts durs et friables.

On distingue :

2.1.1. Appareils à produit aggloméré (PCa)

Un panier rempli de cristaux du produit est traversé par l'eau à traiter. Par dissolution une partie de ce produit est entraînée par l'eau. Ce panier est placé dans une enveloppe ayant un couvercle à ouverture rapide pour permettre le nettoyage et l'ajoute du produit.

2.1.2. Appareils à produit sous forme de poudre (PCp)

Ce sont des appareils dans lesquels une partie de l'eau doit passer pour dissoudre et absorber le produit. Généralement, ces appareils ont un réglage qui permet de régler la quantité de poudre à absorber.

2.1.3. Appareils à produit liquide (PCl)

Ce sont généralement des appareils à diaphragme dans lesquels une partie du liquide est déplacé par la différence de pression créée par le diaphragme au passage de l'eau.

2.2. Conditions diverses

Le traitement se fait uniquement par introduction dans l'eau d'un ou de plusieurs produits non nocifs pour la santé (par exemple polyphosphates), en quantité très faible.

L'appareil est réglé de telle façon que le dosage ne puisse en aucun cas dépasser les normes indiquées par le Ministère de la santé publique.

Le produit actif est peu soluble ou rendu peu soluble par enrobage. Le produit est introduit dans l'eau par dissolution lente dans l'eau à traiter ou par déplacement, ou autre procédé simple sans utilisation de pompe ou de dispositif semblable.

L'appareil est conçu et placé de façon à ne nécessiter aucun démontage de tuyauteries, robinets, etc. lors des recharges.

2.3. Appareils divers

L'entrepreneur est tenu de placer les appareils ci-après décrits :

- a. un compteur de passage à placer après l'appareil.
- b. deux robinets de prise d'échantillons (un à l'amont et un à l'aval de l'appareil).
- c. éventuellement un dispositif simple empêchant que le débit de pointe prévu soit dépassé et que de ce fait le bon fonctionnement de l'appareil soit compromis.

2.4. Peintures

Les appareils et toutes les pièces métalliques sont protégés extérieurement contre l'action corrosive de l'ambiance et des produits.

2.5. Essais

2.5.1. Pour la première réception provisoire :

1. Vérification de la bonne exécution du travail, de la fourniture de tout le matériel prévu et de l'étanchéité.
2. Relevé du compteur.
3. Plombage des trois robinets (deux robinets de passage ouverts, robinet de by-pass fermé) et du compteur.

2.5.2. Pour la seconde réception provisoire :

1. Relevé du compteur.
2. Prélèvement d'eau traitée.
3. Vérification des caractères non incrustants de l'eau : après une demi-heure de chauffage à une température maintenue voisine de la température de service, il ne peut se produire dans l'eau traitée ni trouble ni dépôts; sinon l'appareil est refusé.
En cas de contestation, l'entrepreneur peut exiger qu'il soit procédé à l'ouverture d'un des appareils protégés et au nettoyage à vif de certaines parties, choisies par l'administration; il est alors procédé, lors de la réception définitive, à un examen contradictoire de ces parties.
Si une couche de calcaire dur s'est formée ou que la couche de calcaire adhérente friable est supérieure à 1 mm, l'appareil est refusé; sinon il est accepté.

2.5.3.

Les frais de démontage, de nettoyage et de plombage, et, en général, tous frais quelconques, sont à charge de l'entrepreneur, qui fournit la main-d'oeuvre et le matériel.

ARTICLE C18. PAR. 3. - ADOUCCISSEMENT

0. Généralités

Les appareils adoucisseurs éliminent les cations calcium et magnésium par passage de l'eau au travers d'un lit de résine d'échange régénérée uniquement au moyen de chlorure de sodium.

On distingue les différents types ci-après.

Type I : Manuel, à robinets multiples

Appareil comportant deux robinets, ou plus, qu'il appartient à l'opérateur de manoeuvrer simultanément, ou séparément, à l'occasion des opérations de régénération.

Type II : Manuel, à robinet unique

Appareil comportant, entre autres robinets, un robinet central de commande à positions multiples, qu'il appartient à l'opérateur de manoeuvrer à l'occasion des opérations de régénération.

Type III : Automatique, à enclenchement manuel

Appareil comportant un ou plusieurs robinets commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération par une manoeuvre manuelle simple et unique.

Type IV : Automatique, à enclenchement à temps

Appareil comportant un ou plusieurs robinets commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération à l'intervention d'un programmeur agissant en fonction du temps.

Type V : Automatique, à enclenchement suivant le volume ou la qualité de l'eau traitée, ou suivant l'état de la masse active

Appareil comportant un ou plusieurs robinets commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération à l'intervention d'un programmeur agissant en fonction du volume d'eau traitée, ou de la qualité de l'eau traitée, ou de l'état de la masse active.

1. Caractéristique de fonctionnement

1.1. Les caractéristiques de l'eau après traitement sont les suivantes

1. Dureté totale maximale au début du cycle : 1 degré français (NBN 304)

2. Dureté totale maximale à la fin du cycle : 2 degrés français (NBN 304)
3. Quantité de matières en suspension, de matières organiques, de chlorures, sulfates, nitrates, silice : inférieures à celles de l'eau brute

1.2. Le volume maximal d'eau de régénération est de :

1. 15 litres/dm³ de résine pour un volume de résine de l'appareil inférieur à 90 dm³
2. 12 litres/dm³ de résine pour un volume de résine de l'appareil de 91 à 200 dm³
3. 10 litres/dm³ de résine pour un volume de résine de l'appareil supérieur à 200 dm³

1.3. La consommation maximale de chlorure de sodium (NaCl) est de :

1. 40 g/m³ degré français pour les appareils manuels sans bac à sel
2. 35 g/m³ degré français pour les appareils manuels avec bac à sel
3. 26 g/m³ degré français pour les appareils automatiques

Ces consommations sont valables pour des eaux dont la dureté totale maximale est de 45 degrés français et la teneur en fer maximale de 0,3 g/m³.

1.4.

La masse adoucissante ne peut perdre plus de 5 % de son poids par an, et la capacité d'échange de la matière restante ne peut être affectée; l'ajoute éventuelle de masse adoucissante ne peut avoir lieu qu'une fois par an.

2. Appareils divers

2.1.

Les entrepreneurs sont tenus de fournir et de placer les appareils ci-après décrits :

1. un compteur de passage à placer avant l'appareil
2. un by-pass avec robinet réglable pour mélanger dans les proportions voulues de l'eau traitée (1 à 2 degrés français) et de l'eau non traitée; (à noter, qu'en plus, un by-pass incorporé à l'appareil permet l'alimentation en eau dure pendant les régénérations)

3. pour les appareils manuels et automatiques à déclenchement manuel, un compteur à limbe mobile avec avertisseur lumineux et sonore indiquant en temps opportun qu'il y a lieu de régénérer l'appareil

L'alimentation électrique de la lampe et de la sonnette est à très basse tension; le transformateur est muni d'une protection électrique et se trouve sur le même panneau que la lampe, la sonnerie et les fusibles; le primaire du transformateur est pourvu d'un interrupteur bipolaire

4. les robinets de prise d'échantillon d'eau à l'entrée de l'adoucisseur, à sa sortie et après le by-pass réglable
5. deux manomètres
6. l'appareillage de contrôle, dans un coffret valise à serrure, comprenant notamment un densimètre, 500 cm³ de solution titrimétrique, les burettes graduées, les indicateurs de fin de réaction

2.2.

S'il est prévu, le bac à sel est conçu de façon à préparer automatiquement la quantité de saumure nécessaire à chaque régénération. Il est muni d'un couvercle avec indicateur de niveau et des repères nécessaires pour connaître la quantité de solution saline correspondant à une régénération.

Il est d'une contenance suffisante pour assurer trois régénérations, après lesquelles il doit rester dans le bac une hauteur de sel de 35 à 40 cm.

3. Adoucisseurs d'eau "manuels, à robinets multiples" (type I)

3.1. On distingue :

3.1.1. Les appareils sans bac à sel

où le sel est introduit directement dans le cylindre avant chaque régénération.

3.1.2. Les appareils avec bac à sel

dans lesquels la saumure est préparée; l'aspiration de la saumure se fait généralement par injecteur.

3.2. Particularités du matériel et de l'installation

3.2.1. Appareils sans bac à sel

Ils sont munis de :

1. un couvercle à ouverture rapide et fermeture étanche pour l'introduction du sel; à cet effet un entonnoir est fourni avec l'appareil
2. un jeu de robinets de bonne qualité pour permettre d'effectuer toutes les opérations de régénération, y compris le lavage par contre-courant
3. un bouchon de vidange, placé à la hauteur de la séparation résine-gravier
4. un système de répartition avec un nombre suffisant de distributeurs
5. une résine de première qualité; la quantité maximale pour ce type d'appareils est de 100 litres
6. un support ou sous-couche (gravier) empêchant l'entraînement de la résine vers le bas

3.2.2. Appareils avec bac à sel

La construction de ces appareils ne diffère que par les robinets des appareils à robinet unique avec bac à sel.

4. Adoucisseurs d'eau "manuels, à robinet unique" (type II)

4.1. On distingue :

4.1.1. Les appareils sans bac à sel

où le sel est introduit directement dans le cylindre avant chaque régénération; toutes les opérations de régénération se font avec un robinet central.

4.1.2. Les appareils avec bac à sel

dans lesquels la saumure est préparée; l'aspiration de la saumure se fait généralement par injection; les opérations de régénération sont effectuées principalement par le robinet central, seules quelques opérations demandent l'intervention de robinets auxiliaires.

4.2. Particularité du matériel et de l'installation

4.2.1. Appareils sans bac à sel

Ils sont de la même composition que les appareils à robinets multiples sans bac à sel, à l'exception du robinet.

Ce robinet doit permettre toutes les opérations de régénération par une intervention simple à chaque opération.

Il doit être robuste et étanche.

Il doit être équipé d'un by-pass incorporé et des réglages de débit nécessaires notamment au lavage par contre-courant.

4.2.2. Appareils avec bac à sel

Ils sont munis de :

1. un couvercle et un trou de visite inférieur
2. un robinet central qui doit, par une manoeuvre simple, permettre d'effectuer toutes les opérations de régénération, y compris le lavage par contre-courant; ces opérations pourront demander l'intervention d'un ou de deux robinets, par exemple, le robinet entre le robinet central et le bac à sel.

Le robinet central doit être étanche et comporter les réglages de débits. Il doit permettre le passage d'eau au maximum : à cet effet son diamètre de raccordement sera suffisant

3. un purgeur d'air au sommet de l'appareil
 4. un système de répartition avec un nombre suffisant de distributeurs
 5. une résine de première qualité, le remplissage étant tel qu'il y ait un volume d'expansion suffisant pour cette résine
 6. un support ou sous-couche (gravier) empêchant l'entraînement de la résine vers le bas
5. Appareils automatiques, à déclenchement manuel (type III)

L'enclenchement de la régénération est commandé par pression sur un bouton-poussoir, au moment voulu, indiqué par un compteur à limbe mobile équipé d'un avertisseur électrique lumineux et sonore. La succession des diverses phases de la régénération est assurée par une minuterie, répondant aux conditions des points 6. c., d. et f. ci-après.

6. Appareils automatiques à déclenchement à temps (type IV)

Une minuterie permet la marche automatique sans intervention quelconque du personnel.

- a. Elle comprend une horloge indiquant visiblement l'heure.
- b. Elle est équipée d'un cadran hebdomadaire de sept jours, et d'un cadran journalier, permettant de positionner les régénérations à n'importe quels jours de la semaine et n'importe quelle heure de ces jours.
- c. Elle est équipée d'un cadran-cycle permettant de commander automatiquement les différentes phases de la régénération.

Il permet d'ajuster la durée des différentes phases de la régénération sans que la prolongation d'une phase diminue la durée d'une autre; en particulier, la durée de la phase de rinçage doit toujours être suffisante pour assurer un rinçage complet avant le retour à la position de service.

d. Elle est munie d'un ou plusieurs moteurs électriques et/ou solénoïdes commandant les différentes séquences; la rotation en sens inverse est empêchée.

La commande de fermeture du by-pass automatique pendant la régénération est conçue de façon à éviter toute ouverture de ce by-pass en cas de rupture du courant pendant la régénération.

La minuterie fonctionne sous une tension de 220 V, 50 Hz.

e. La minuterie est équipée d'un dispositif permettant le déclenchement manuel de la régénération sans modifier le programme hebdomadaire préétabli.

En cas de déclenchement manuel, les séquences de la régénération seront poursuivies automatiquement sans intervention supplémentaire; la remise en fonctionnement automatique n'exige pas non plus d'intervention.

f. En cas de rupture de courant il sera possible d'effectuer les différentes phases de la régénération manuellement, sans pour autant modifier la durée préétablie des différentes phases, ni le programme hebdomadaire.

7. Appareils automatiques, à déclenchement suivant le volume ou la qualité de l'eau traitée, ou suivant l'état de la masse active (type V)

7.1. A déclenchement suivant le volume d'eau

Il s'agit d'appareils comportant un ou plusieurs robinets commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération à l'intervention d'un programmeur agissant en fonction du volume d'eau traitée.

Le volume d'eau est mesuré par un débit-mètre, qui transmet sa lecture à un programmeur.

Les programmeurs peuvent être de deux types :

- a. type à volume prédéterminé
- b. type à volume ajustable, avec remise à zéro

Le programmeur reçoit le signal transmis par le débit-mètre après chaque volume d'eau déterminé et le communique au dispositif automatique, entraînant la séquence des opérations de régénération. L'opération peut être retardée momentanément pour éviter le passage d'eau non traitée.

7.1.1. Débit-mètre avec programmateur du type à volume d'eau prédéterminé

Le débit-mètre enregistre le volume d'eau prédéterminé à chaque révolution de l'aiguille indicatrice de débit.
Pour chaque volume d'eau il existe un programmateur déterminé.

7.1.2. Débit-mètre équipé d'un programmateur du type ajustable, avec remise à zéro

Le programmateur est équipé d'un dispositif permettant d'ajuster le volume d'eau entre régénérations. Il comporte généralement deux fléchettes, l'une indiquant le nombre de litres d'eau désirés entre deux régénérations, l'autre indiquant le nombre de litres d'eau qui passent à travers le débit-mètre. Au moment où les deux flèches se rencontrent, le programmateur établit un contact avec le dispositif automatique de régénération. En même temps, la seconde aiguille est remise à zéro.

Les débits-mètres et programmateurs seront installés après l'appareil. Le nombre de litres à indiquer sur le programmateur du débit-mètre sera calculé par la formule suivante :

$$\text{nombre de litres} = \frac{\text{capacité d'adoucisseur}}{\text{dureté de l'eau}}$$

7.2. A déclenchement suivant la qualité de l'eau

Appareil comportant un ou plusieurs robinets commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération à l'intervention d'un programmateur agissant en fonction d'une variation de la qualité de l'eau traitée.
L'opération peut être retardée momentanément pour éviter le passage d'eau non traitée.

7.3. A déclenchement suivant la qualité de la masse active

- Appareil comportant un ou plusieurs robinets, commandés par un dispositif automatique entraînant la séquence des opérations de régénération à l'intervention d'un programmateur agissant en fonction d'une variation de la qualité ou de la saturation de la masse active.
- Une sonde est plongée dans les résines; une différence de résistivité entre la résine saturée et la résine non saturée crée un signal; ce signal est reçu par un programmateur qui déclenche le processus des opérations de régénération.
L'opération peut être retardée momentanément pour éviter le passage d'eau non traitée.

- Le signal peut être également donné par la caractéristique de la résine à augmenter ou à diminuer de volume lorsqu'elle est saturée en ions calcium ou magnésium. Ce signal reçu par un programmeur déclenche le processus de régénération.

7.4.

La succession des diverses phases de la régénération est assurée par une minuterie, répondant aux conditions des points 6. c., d. et f. ci-avant.

8. Peinture

A moins d'être construits en matière anticorrosive (matière synthétique ou autre), les appareils à adoucir l'eau, bacs à sel, etc. sont recouverts d'une peinture antirouille et anti-acide efficace et durable, et ce, en trois couches.

Les autres appareils, ainsi que toutes les pièces métalliques, sont peintes en deux couches de peinture résistant à l'humidité et aux solutions de chlorure de sodium saturées.

9. Essais

La première réception provisoire comprend la vérification de la bonne exécution du travail, de la fourniture de tout le matériel prévu et de l'étanchéité.

Les essais pour la deuxième réception provisoire comprennent :

1. régénération
2. vérification de la dureté de l'eau brute
3. détermination de la dureté de l'eau traitée :
 - a. après 20 minutes au débit de pointe
 - b. après 5 heures au débit nominal
 - c. au long d'un cycle complet
4. mesure de la quantité d'eau de régénération par cycle
5. mesure de la consommation de sel

Les essais sont effectués par l'administration.

La réception définitive comporte le contrôle de la perte de poids de la matière adoucissante.

ARTICLE C18. PAR. 4. - DEFERRISATION

0. Principe

La déferrisation est effectuée par oxydation des sels ferreux contenus dans l'eau par insufflation d'air et filtration sur une masse filtrante, ou par oxydation des sels de fer dans la masse filtrante proprement dite.

1. Caractéristiques de fonctionnement

1.1.

Les caractéristiques de l'eau après traitement sont les suivantes :

- quantités de matières en suspension, de matières organiques et de sels dissous : inférieures à celles de l'eau brute
- teneur en fer : inférieure à 0,2 mg/l.

1.2.

La masse filtrante ne peut perdre plus de 10 % de son poids par an, et le pouvoir actif de la masse restante ne peut être altérée.

L'addition éventuelle de masse filtrante ne peut être effectuée qu'une fois par an.

1.3.

Les opérations de détassement et de nettoyage sont effectuées au moyen de l'eau de distribution et d'une partie de l'eau traitée contenue dans l'appareil.

Le volume d'eau nécessaire aux diverses opérations de nettoyage et de régénération de la masse ne peut excéder 5 % du volume d'eau traitée entre deux nettoyages.

2. Conditions diverses

2.1.

L'eau ne peut perdre, lors de déferrisation, son caractère de potabilité.

2.2.

L'appareil est muni d'un dispositif simple limitant le débit maximum à une valeur telle que la masse filtrante ne puisse être entraînée ou détériorée.

2.3.

Tous les appareils, ainsi que les tuyauteries, robinets, soupapes, etc. en contact avec le ou les produits nécessaires à la déferrisation résistent à l'action de ce ou ces produits.

2.4.

L'utilisation à n'importe quel moment du cycle, ou des nettoyages et régénérations, de produits dont la consommation accidentelle, à la suite d'une fausse manoeuvre ou d'un dérangement des appareils, présentent un danger, est interdite. Le réactif présent dans l'appareil ne peut être envoyé dans l'installation en cas de fausse manoeuvre.

2.5.

Le moteur de l'éventuel groupe moto-compresseur nécessaire à la déferrisation est triphasé, du type blindé et fermé, à refroidissement par air.

2.6.

Si la déferrisation nécessite l'emploi d'un ou plusieurs produits, l'entreprise comprend la fourniture de la quantité de ces produits pour au moins 20 nettoyages ou régénérations ou cycles.

3. Appareils divers

L'installation comprend les appareils ci-après :

3.1.

Un compteur de passage à placer avant l'appareil.

3.2.

Un dispositif simple et robuste avec sonnerie et lampe indiquant impérativement que l'appareil doit être nettoyé ou régénéré ; l'alimentation électrique de la lampe et de la sonnerie est à très basse tension ; le transformateur est muni d'une protection électrique et se trouve sur le même panneau que la lampe, la sonnerie et les fusibles; le primaire du transformateur est pourvu d'un interrupteur bipolaire.

3.3.

Les robinets de prise d'échantillons d'eau à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

3.4.

Deux manomètres.

3.5.

Le matériel de contrôle, dans un coffret valise à serrure, comprenant notamment les flacons de réactif, les mesurette, burettes, pipettes, témoins, etc. nécessaires au dosage colorimétrique du fer dans l'eau ; la quantité de réactif est suffisante pour au moins 100 déterminations.

4. Peintures

A moins d'être construits en matière anticorrosive (matière synthétique ou autre), les appareils déferriseurs sont recouvert de peinture antirouille et anti-acide efficace et durable, et ce, en trois couches.

Les autres appareils, ainsi que toutes les pièces métalliques sont peintes en deux couches de peinture résistant à l'humidité et aux réactifs éventuels.

5. Essais

La première réception provisoire comprend la vérification de la bonne exécution du travail, de la fourniture de tout le matériel prévu et de l'étanchéité.

Les essais pour la seconde réception provisoire comportent :

1. nettoyage et/ou régénération de la masse
2. détermination de la teneur en fer dissous dans l'eau brute
3. détermination de la teneur en fer dissous dans l'eau déferrisée
 - a. après 10 minutes de fonctionnement de l'appareil au débit de pointe
 - b. après 1 heure de débit de pointe
 - c. après 2 heures de débit normal
 - d. à environ la moitié du cycle (utilisation normale)
 - e. vers la fin du cycle, à débit normal, suivi du débit de pointe durant 10 minutes
4. mesure de la quantité d'eau de nettoyage (ou de régénération) par cycle
5. mesure de la consommation d'éventuel produit de régénération

L'attention de l'entrepreneur est attirée sur le fait que les essais de seconde réception provisoire s'échelonnent sur une période plus ou moins longue.

Les essais sont effectués par l'administration.

II./C18.4./4.
105/90

La réception définitive comporte le contrôle de la perte de poids de la matière filtrante.

ARTICLE C18. PAR. 5. - APPAREILS A PHOSPHATE TRISODIQUE

Sur toute installation de chauffage à eau chaude se place un appareil à phosphate trisodique à l'aval des pompes primaires.

Même si le cahier spécial des charges est muet à cet égard, cet appareil doit être placé sans modification du prix de l'entreprise.

L'appareil comprend :

- un corps dont le diamètre est égal au diamètre de la plus grosse tuyauterie dans l'installation, mais pas inférieur à DN 100 ; la hauteur du corps est de 300 mm
- un couvercle amovible, avec purge d'air
- un tamis en acier, fixé horizontalement à la partie inférieure du corps, où reposent les grains de $\text{Na}_3 \text{PO}_4$
- une amenée d'eau (en haut de l'appareil) et une sortie d'eau (en bas de l'appareil), avec robinets d'isolement et tuyauteries de raccordement à l'installation (DN 20)

ARTICLE C21. REGULATION AUTOMATIQUE

CONTENU

ARTICLE C21. PAR.0. REFERENCES NORMATIVES	3
ARTICLE C21. PAR.1. GENERALITES.....	5
ARTICLE C21. PAR.2. SONDES.....	6
ARTICLE C21. PAR.3. REGULATEURS.....	7
ARTICLE C21. PAR.4. ORGANES DE REGLAGE.....	8
ARTICLE C21. PAR.5. APPAREILS AUXILIAIRES.....	9
1. HORLOGES À PROGRAMME	9
2. LAMPES-TÉMOINS	9
ARTICLE C21. PAR.6. OPTIMALISEURS.....	10
1. COMPOSITION.....	10
1.1. Microprocesseur avec accessoires.....	10
1.2. Entrées et sorties	10
1.3. Panneau de commande.....	10
2. FONCTIONNEMENT	11
2.1. Détermination de la période d'occupation	11
2.2. Régimes.....	11
2.3. Calcul des moments de commutation.....	11
2.4. Application dans une installation de chauffage	12
3. COMMANDE	12
3.1. Demande des données.....	12
3.2. Commande	12
4. STIPULATIONS DIVERSES	13
4.1. Montage	13
4.2. Mise en service	13
ARTICLE C21. PAR.7. APPAREIL DE REGULATION ET DE COMMANDE PROGRAMMABLE	14
1. INTRODUCTION ET DÉFINITIONS.....	14
2. COMPOSITION.....	14
2.1. Partie de base.....	14
2.2. Modules d'interface	15
2.3. Appareil de commande	17
2.4. Installations avec plusieurs A.R.C.P.....	17
2.5. Extensions	17
3. PROGRAMMES DE BASE.....	17
3.1. Généralités.....	18
3.2. Programmes de base pour la commande de l'A.R.C.P.....	18
3.3. Programmes de base pour les fonctions de régulation	19
3.4. Programmes pour la transmission de données	20
4. PROGRAMMES D'APPLICATION	20
4.1. Programmes généraux	20
4.2. Commande des chaudières.....	23
4.3. Circuits de chauffage	25
4.4. Production d'eau chaude sanitaire.....	27
4.5. Groupe de traitement d'air - 100 % d'air neuf - Température de pulsion fixe.....	28

4.6. Groupe de traitement d'air - Air neuf et repris - Température de pulsion variable	32
4.7. Aérothermes	35
4.8. Circuit haute température	37
4.9. Circuit ventilo-convecteurs avec batterie chaude et froide	38
4.10. Production d'eau glacée	38
4.11. Ventilation et désenfumage de parking	41
5. DISPOSITIONS DIVERSES	43
5.1. Pose et raccordement	43
5.2. Mise en service	44
5.3. Documentation	44
5.4. Essais	44
5.5. Ecolage	45
5.6. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive	46
ARTICLE C21. PAR.8. CENTRALE DE CONDUITE POUR A.R.C.P.	47
1. INTRODUCTION.....	47
2. COMPOSITION.....	47
2.1. Unité de calcul et de contrôle	47
2.2. Mémoires	47
2.3. Appareillage de télétransmission	48
2.4. Ecran vidéo et clavier.....	48
2.5. L'imprimante.....	48
2.6. Appareillage auxiliaire.....	49
2.7. Diverses dispositions	49
2.8. Performances.....	49
3. COMMANDE, FONCTIONNEMENT ET PROGRAMMES DE BASE	50
3.1. Généralités.....	50
3.2. Programmes de base.....	52
3.3. Commande graphique	54
4. PROGRAMMES D'APPLICATION	55
4.1. Registre des consommations.....	55
4.2. Périodes d'occupation.....	56
4.3. Fonctionnement cyclique	56
4.4. Représentation graphique.....	57
4.5. Programme de commande « incendie ».....	58
5. DISPOSITIONS DIVERSES	59
5.1. Pose et raccordement.....	59
5.2. Documentation	59
5.3. Essais.....	59
5.4. Ecolage	60
5.5. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive	60

ARTICLE C21. PAR.0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN D 30-021	Chauffage central, ventilation et conditionnement d'air - Conditions communes à tous les systèmes - Régulation automatique	1989
CEN/TS 15231	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Intégration des fonctionnalités (mapping) entre LONWorks et BACnet	2006
CEN/TS 15379	Gestion technique du bâtiment - Terminologie et étendue des services	2006
CEN/TS 15810	Symboles graphiques à utiliser sur les équipements d'automatisation intégrée de bâtiment	2008
NBN EN 12098-1	Régulation pour les systèmes de chauffage - Partie 1: Equipements de régulation en fonction de la température extérieure pour les systèmes de chauffage à eau chaude	10/1996
NBN EN 12098-2	Régulation pour les systèmes de chauffage - Partie 2: Optimiseurs d'intermittences pour les systèmes de chauffage à eau chaude	10/2001
NBN EN 12098-3	Régulation pour les systèmes de chauffage - Partie 3: Equipements de régulation en fonction de la température extérieure pour les systèmes de chauffage électrique	04/2003
NBN EN 12098-4	Régulation pour les systèmes de chauffage - Partie 4: Optimiseurs d'intermittences pour les systèmes de chauffage électrique	11/2005
NBN EN 12098-5	Régulation pour les systèmes de chauffage - Partie 5: Programmeurs d'intermittences pour les systèmes de chauffage	11/2005
NBN EN 13321-1	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Systèmes électroniques pour la maison et le bâtiment - Partie 1: Spécification des produits et des systèmes	11/2012
NBN EN 13321-2	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Systèmes électroniques pour la maison et le bâtiment - Partie 2: Communication KNXnet/IP	02/2013
NBN EN 14597	Dispositifs de régulation et de limitation de température pour les systèmes générateurs de chaleur	8/2012
NBN EN 14908-1	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion techniques du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 1 : Niveaux du protocole	04/2006
NBN EN 14908-2	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion techniques du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 2 : Communications par paires torsadées	04/2006
NBN EN 14908-3	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 3: Spécification des communications pour courants porteurs	05/2007
NBN EN 14908-4	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 4: Communication par IP	05/2007

NBN EN 14908-5	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 5 : Implémentation	09/2009
NBN EN 14908-6	Réseau ouvert de communication de données pour l'automatisation, la régulation et la gestion technique du bâtiment - Protocole de réseau pour le bâtiment - Partie 6 : Éléments d'application	11/2010
NBN EN 15232	Performance énergétique des bâtiments - Impact de l'automatisation, de la régulation et de la gestion technique	03/2012
NBN EN 15500	Régulation pour les applications CVC - Régulateurs électroniques de zone pour le chauffage	11/2008
NBN EN ISO 16484-1	Systèmes d'automatisation et de gestion technique du bâtiment - Partie 1: Spécification et mise en œuvre d'un projet (ISO 16484-1:2010)	12/2010
NBN EN ISO 16484-2	Systèmes de gestion technique du bâtiment - Partie 2 : Equipement (ISO 16484-2:2004)	11/2004
NBN EN ISO 16484-3	Systèmes de gestion technique du bâtiment (SGTB) - Partie 3: Fonctions (ISO 16484-3:2005)	05/2005
NBN EN ISO 16484-5	Systèmes d'automatisation et de gestion technique du bâtiment - Partie 5: Protocole de communication de données (ISO 16484-5:2012)	09/2012
NBN EN ISO 16484-6	Systèmes d'automatisation et de gestion technique du bâtiment - Partie 6: Essais de conformité de la communication de données (ISO 16484-6:2009)	07/2009

ARTICLE C21. PAR.1. GENERALTES

La norme NBN D 30-021 est d'application. Cette norme est complétée ou modifiée par les prescriptions de ce paragraphe et des paragraphes suivants.

Le réglage et la mise au point des régulateurs est effectuée par un technicien spécialisé du fournisseur du matériel, en présence d'un délégué de l'administration.

ARTICLE C21. PAR.2. SONDES

Les sondes dans les tuyauteries sont du type à plongeur. La partie sensible des sondes doit être entièrement plongée dans le fluide.

Des élargissements progressifs de tuyauteries sont réalisés si nécessaire pour permettre le placement des sondes sans diminution des sections théoriques de passage pour le fluide et avec une profondeur de pénétration correspondant aux impératifs du matériel.

Les sondes dans les locaux sont placées en des endroits calmes et aérés, le plus loin possible de sources de chaleur, à environ 1,5 m du sol sur un mur intérieur.

La sortie d'un thermostat, aquastat, manostat, etc., est prévue pour un courant nominal égal à trois fois le courant maximal des appareils qu'il dessert.

Le fonctionnement d'un thermostat de protection contre le gel est signalé par une lampe-témoin rouge sur le tableau de commande.

ARTICLE C21. PAR.3. REGULATEURS

Les régulateurs sont placés dans les tableaux électriques.

Toute dérogation à la régulation automatique, occasionnée par un commutateur au tableau de commande, est signalée à ce tableau par une lampe-témoin orange.

Les régulateurs en fonction de la température extérieure satisfont aux dispositions de la norme NBN EN 12098-1.

ARTICLE C21. PAR.4. ORGANES DE REGLAGE

Les robinets répondent aux prescriptions de l'art. C7. point 5.

Les registres répondent aux prescriptions de l'art. C12. par. 7.

Le robinet ou registre et le servomoteur forment un ensemble très robuste, à l'abri des poussières ainsi que de l'eau qui pourrait éventuellement provenir des organes desservis eux-mêmes.

Un indicateur gradué bien visible indique clairement la position de l'organe desservi.

Il doit être possible de mettre manuellement l'organe desservi en n'importe quelle position et de l'y maintenir.

ARTICLE C21. PAR.5. APPAREILS AUXILIAIRES

1. Horloges à programme

L'horloge à programme est alimentée par le réseau électrique, et a une autonomie d'au moins 36 heures ; cette autonomie n'est pas exigée si l'horloge à programme a une indication visible de l'heure et si elle est placée de façon visible dans un local habité.

Cependant, les horloges à programme électroniques ont toujours une autonomie d'au moins 36 heures.

2. Lampes-témoins

Les lampes-témoins sont du type incandescent ou de type LED.

Les sockets ou pièces de contact assurent un contact sûr et permanent, indépendamment des trépidations éventuelles.

Elles ont une durée de vie d'au moins 10.000 heures de par leur construction et en les sous-voltant.

Les lampes-témoins sont équipées d'une coiffe de protection colorée dans la masse qui permet de distinguer nettement si la lampe est allumée ou éteinte, même lorsque celle-ci est exposée à une autre source d'éclairage.

Les coiffes et les lampes sont facilement amovibles.

Les teintes suivantes sont utilisées :

- | | |
|------------------------|--|
| - blanc: | lampes de phase |
| - vert : | fonctionnement normal |
| - rouge: | mise en sécurité, ou alarme non critique |
| - feu clignotant rouge | mise en sécurité, ou alarme critique |
| - orange: | dérogation |

ARTICLE C21. PAR.6. OPTIMALISEURS

L'optimaliseur est un appareil qui réduit les temps de fonctionnement d'une installation de chauffe le plus possible, en conservant les conditions de confort exigées.

Le cahier spécial des charges peut demander que l'appareil optimalise plusieurs éléments de l'installation de chauffe (p.ex. vannes à trois voies, chaudières, groupes de traitement d'air, etc.) de façon indépendante ; dans ce cas, on peut cependant placer plusieurs optimaliseurs, qui commandent chacun par exemple un élément.

Le nombre d'éléments qui peuvent être optimisés de façon indépendante, est appelé le nombre de "canaux" de l'optimaliseur.

1. Composition

L'optimaliseur est constitué des parties suivantes.

1.1. Microprocesseur avec accessoires

Cette partie comprend :

- un microprocesseur, qui fait les calculs nécessaires
- les mémoires, où sont stockés les programmes et paramètres
- une unité d'alimentation, pour l'alimentation du microprocesseur, qui convient pour une tension de 230 V (+10 - 15%) 50 Hz ($\pm 2\%$)
- une batterie, qui assure la conservation de toute l'information stockée dans les mémoires, en cas d'interruption de l'alimentation. En dehors des programmes horaires, les autres fonctions (c.à.d. commande des vannes, pompes, etc.) ne doivent pas rester en fonctionnement pendant l'interruption de leur alimentation. Après la fin de l'interruption, l'optimaliseur reprend automatiquement son fonctionnement normal.
L'autonomie est d'au moins 72 heures pour une batterie rechargeable et 2 années pour une batterie qui n'est pas rechargeable.

1.2. Entrées et sorties

Pour chaque canal, l'optimaliseur comprend les entrées et sorties suivantes :

- une entrée pour le raccordement d'une sonde de température extérieure
- une entrée pour le raccordement d'une sonde de température intérieure
- un relais de sortie avec contact de commutation arrêt/marche
- un relais de sortie avec contact de commutation normal/accélééré

Remarques :

- La sonde de température extérieure peut être commune pour plusieurs canaux.
- Les relais de sorties conviennent pour 250 V - 2 A. On peut placer éventuellement des relais supplémentaires hors de l'optimaliseur.

1.3. Panneau de commande

Le panneau de commande comprend les éléments suivants :

- un clavier avec des touches de programme et des touches numériques

- un affichage numérique

Tous les éléments mentionnés ci-dessus sont montés dans un coffret solide.

2. Fonctionnement

2.1. Détermination de la période d'occupation

Pour chaque jour de la semaine, l'heure de début et de fin de la période d'occupation est indiquée. Les jours sans occupation sont également indiqués. Le programme ainsi déterminé se répète chaque semaine.

Il est également possible d'établir des dérogations pour un jour bien déterminé : une fois ce jour passé, on suit à nouveau le programme normal.

En outre, pour une période d'un an, vingt jours particuliers sans occupation peuvent être indiqués.

Toutes ces données peuvent être différentes pour chaque canal.

2.2. Régimes

L'optimaliseur dispose de quatre régimes, qui peuvent être différents pour chaque canal :

- régime normal : celui-ci est d'application pendant la plus grande partie de la période d'occupation
- régime de nuit : idem, en dehors de la période d'occupation
- régime de sécurité : ce régime a pour but d'éviter, pendant le régime de nuit, que la température dans les locaux ne descende trop bas
- régime accéléré : peu de temps avant le début de la période d'occupation, on passe au régime accéléré afin d'atteindre la température exigée au début de la période d'occupation

Les relais de sortie occupent les positions suivantes selon les différents régimes :

régime	relais 1 (arrêt/marche)	relais 2 (normal/accéléré)
normal	marche	normal
nuit	arrêt	normal
sécurité	marche	accéléré
accéléré	marche	accéléré

2.3. Calcul des moments de commutation

Les commutations se font compte tenu des règles générales suivantes :

- Commutation normal vers nuit :
Cette commutation a lieu quelques temps avant la fin de la période d'occupation, le plus tôt possible mais néanmoins de telle façon qu'à la fin de cette période la température dans les locaux ne soit pas en dessous d'une valeur limite réglable.
- Commutation nuit vers sécurité :
Cette commutation a lieu si la température dans les locaux descend en dessous d'une limite réglable ; dès que la température est remontée suffisamment au-dessus de la limite, on repasse au régime de nuit.
- Commutation nuit vers accéléré :
Cette commutation a lieu avant le début de la période d'occupation aussi tard que possible, mais néanmoins de telle façon qu'au début de cette période la température dans les locaux ne soit pas en dessous d'une valeur limite réglable.

- Commutation accéléré vers normal :
Cette commutation a lieu dès qu'une des conditions suivantes est remplie : la période d'occupation est commencée, ou bien la température désirée est atteinte.

Les moments de commutation sont calculés à l'aide des températures intérieures et extérieures, les valeurs limites pour la température intérieure, les caractéristiques du bâtiment et de l'installation, et des résultats des calculs précédents (c.à.d. auto-adaptation). Cette auto-adaptation ne peut cependant pas avoir une influence trop grande ou trop rapide ; en particulier, il faut éviter que des circonstances temporaires ne perturbent les calculs ultérieurs.

L'utilisateur peut également programmer le passage au régime de nuit pendant la période d'occupation, si la température dans les locaux dépasse une certaine limite.

2.4. Application dans une installation de chauffage

Sauf prescriptions contraires du cahier spécial des charges, l'optimaliseur commande un circuit de chauffage (avec régulation par vanne à trois voies et sonde extérieure) comme suit :

relais de sortie	1	arrêt	marche	
	2	(normal ou accéléré)	normal	accéléré
élément de chauffage				
vanne à trois voies		complètement fermée	commandée par régulateur	complètement ouverte
circulateur		arrêt	marche	marche

Si le cahier spécial des charges le demande, l'optimaliseur commande aussi la chaudière, c.à.d. que celle-ci et les pompes primaires éventuelles sont arrêtées lorsque tous les canaux sont dans la position arrêt (cette commande de chaudière ne constitue donc pas un canal supplémentaire). Les relais supplémentaires, nécessaires pour l'exécution de cette fonction, seront placés.

3. Commande

3.1. Demande des données

Les données suivantes peuvent être obtenues sur l'affichage au moyen des touches :

- l'heure et la date
- la température des sondes intérieures et extérieures
- le régime actuel
- nature et moment de la dernière commutation
- la période d'occupation indiquée, par jour
- tous les paramètres, les possibilités de programmation, etc.

Toutes ces informations sont données par canal.

3.2. Commande

Les commandes suivantes sont possibles de façon simple :

- l'introduction de l'heure et de la date
- le changement de l'heure été/hiver
- l'introduction des heures d'occupation
- la programmation des dérogations temporaires aux heures d'occupation
- l'introduction des paramètres, des possibilités de programmation, etc. ; toutefois, ces introductions ne peuvent se faire que par les personnes qui disposent de la clé ou du code d'accès.

4. Stipulations diverses

4.1. Montage

L'optimaliseur est placé contre une paroi, à côté du tableau électrique où se trouvent les contacteurs, disjoncteurs etc. de l'installation commandée.

Le montage se fait de telle façon que l'optimaliseur ne soit pas perturbé par les contacteurs, moteurs, etc. proches.

Le raccordement des sondes est réalisé au moyen de câbles selon les indications du constructeur.

4.2. Mise en service

La mise en service comprend l'introduction des heures d'occupation selon les besoins de l'occupant, ainsi que l'introduction de tous les paramètres et possibilités de programmation selon les caractéristiques de l'installation et du bâtiment.

Tous ces éléments sont ensuite écrits sur une fiche, qui est conservée dans un emplacement réservé à cette fin (p.ex. l'intérieur d'un couvercle, etc.).

Pendant la période de garantie, l'optimaliseur est affiné, c.à.d. que les paramètres sont ajustés si le fonctionnement ne donne pas satisfaction.

ARTICLE C21. PAR.7. APPAREIL DE REGULATION ET DE COMMANDE PROGRAMMABLE

1. Introduction et définitions

L'appareil de régulation et de commande programmable (A.R.C.P.) est un appareil qui assure la régulation et la commande des installations techniques du bâtiment.

A cet effet, l'A.R.C.P. est raccordé à un certain nombre d'éléments et appareils des installations thermiques (les "points") : il reçoit ainsi, au moyen des sondes et capteurs, les données nécessaires afin de régler les vannes à trois voies et de commander le fonctionnement des brûleurs, pompes, ventilateurs, etc.

L'A.R.C.P. comprend un microprocesseur et fonctionne de manière autonome, c.à.d. que toutes les régulations et commandes se font de façon digitale, sans intervention d'appareils de régulation supplémentaires, indépendants de l'A.R.C.P. ; toutefois, certains appareils des installations thermiques peuvent encore comporter des dispositifs internes de sécurité et de réglage indépendants de l'A.R.C.P., tels que, par exemple, les automates de brûleurs.

Dans les bâtiments ou les installations importantes, plusieurs A.R.C.P. peuvent être prévus (par exemple un par chaufferie ou par local technique) qui, chacun séparément, commandent une partie des installations. L'A.R.C.P. peut également être intégré dans un système d'automatisation de bâtiment ou de télé-contrôle.

Définitions :

- Un point est une variable liée de façon univoque à un élément physique et dont la valeur est soit demandée, soit commandée par l'A.R.C.P.
- Un point de mesure est un point dont la valeur est demandée par l'A.R.C.P.
- Un point de commande est un point dont la valeur est commandée (réglée) par l'A.R.C.P.
- Un point logique est un point qui peut adopter deux ou plusieurs valeurs discrètes.
- Un point analogique est un point dont la valeur peut fluctuer de façon continue entre deux limites.

2. Composition

L'A.R.C.P. se compose des parties suivantes :

- une partie de base
- les modules d'interface
- un appareil de commande

Chacune de ces parties est décrite ci-après, ainsi que les dispositions applicables lorsqu'il y a plusieurs A.R.C.P., et les possibilités d'extensions.

2.1. Partie de base

La partie de base comprend l'unité d'alimentation, un micro-processeur et les mémoires.

2.1.1. Unité d'alimentation

Cette unité assure l'alimentation de l'A.R.C.P. ; elle convient pour une tension de 230 V (+ 10 - 15 %) 50 Hz ($\pm 2\%$).

En outre, il est prévu une batterie rechargeable qui assure en cas d'interruption d'alimentation la conservation de toute l'information stockée dans les mémoires. En dehors des programmes horaires,

les autres fonctions (mesures, commandes, etc.) ne doivent pas rester en fonctionnement pendant la coupure du courant.

L'autonomie, en cas de coupure de courant, est de 72 heures au minimum.

2.1.2. Microprocesseur

Celui-ci exécute tous les calculs et commande le fonctionnement des mémoires, des modules d'interface et de l'appareil de commande.

La capacité et la vitesse sont déterminées en fonction de la quantité d'informations à traiter.

Cependant la durée d'un cycle (comprenant la demande des valeurs des points de mesure, l'exécution des opérations et calculs nécessaires partant de ces valeurs, la transmission des valeurs résultantes aux points de commande et le cas échéant, l'échange de données avec l'appareil de commande ou avec un autre système (voir 2.5.)) ne dépasse pas 5 secondes ; au moins un cycle est exécuté tous les 5 secondes.

2.1.3. Mémoires

Les mémoires sont du type ROM et RAM. Dans celles-ci sont stockés tous les programmes, paramètres et autres données dont l'A.R.C.P. a besoin pour pouvoir exécuter ses tâches.

La capacité des mémoires est déterminée en conséquence ; en outre, les mémoires RAM ont une capacité de réserve représentant 30% de la capacité de mémoire occupée. Cette réserve peut être réduite à 10%, si les mémoires RAM sont extensibles.

Il doit également être possible de raccorder une unité de mémoire externe, d'où on peut rapidement charger ou copier les mémoires de l'A.R.C.P.

2.2. Modules d'interface

Les modules d'interface assurent la transformation de l'information provenant des points de mesure vers une forme digitale appropriée, et de l'information destinée aux points de commande vers une forme appropriée.

Ils assurent également une isolation galvanique entre l'A.R.C.P. et les installations desservies ; cette isolation doit pouvoir résister à une tension électrique de 1,5 KVe_{eff} - 50 Hz pour les points logiques et de 0,5 KVe_{eff} - 50 Hz pour les points analogiques.

Il y a des modules pour les points de mesure et de commande logiques et analogiques ; les modules sont interchangeable, de sorte que l'on puisse adapter la configuration de l'A.R.C.P. aux exigences. Toutefois, une configuration fixe est admise, pour autant qu'il existe une réserve de 10% pour chaque type de point.

2.2.1. Entrées logiques

Ce module comprend l'interface permettant de traiter les signaux d'un certain nombre de points de mesure logiques.

Un point de mesure logique peut se présenter comme suit :

1. comme contact sans tension (ouvert ou fermé)
2. comme tension électrique (présente ou non)
3. comme grandeur physique
4. comme état mécanique

Selon la nature du point, une des possibilités se présentera. Ce n'est que dans les deux premiers cas que le point peut être directement raccordé au module d'interface, tandis que dans les cas 3 et 4, on doit prévoir les appareils nécessaires (par exemple thermostat, interrupteur) qui ramènent ces cas au cas 1 ou 2.

Le module d'interface doit donc pouvoir détecter l'état d'un contact sans tension ou la présence d'une tension ; si nécessaire, des relais sont utilisés en dehors du module.

S'il s'agit d'un point de plus de deux états, il peut être considéré comme un point avec plusieurs états ou comme une combinaison de plusieurs points à deux états.

2.2.2. Sorties logiques

Ce module comprend l'interface permettant de commander les points de commande logiques.

Un point de commande logique peut se présenter comme suit :

- statique : un contact doit être ouvert ou fermé
- dynamique : on doit fermer un contact (impulsion) pour l'enclenchement et un autre pour le déclenchement

Les points seront le plus souvent statiques.

Le module d'interface est conçu de façon à ce que, en cas de défaut à l'A.R.C.P., les points de commande prennent une position (marche ou arrêt) bien déterminée (position de sécurité). Les relais nécessaires pour réaliser ces fonctions doivent être prévus, éventuellement en dehors du module.

Comme pour les points de mesure logiques, les points de commande logiques peuvent également comporter plus de deux positions.

2.2.3. Entrées analogiques

Ce module comprend l'interface pour les points de mesure analogiques. Les points de mesure analogiques ne sont pas disponibles comme des signaux électriques directement utilisables, mais comme des grandeurs physiques ou mécaniques à mesurer (voir 4.2. et suivants).

Celles-ci sont converties par des capteurs en grandeurs mesurables. Le module comprend des relais et un convertisseur analogique/digital qui permet de convertir le signal analogique à chaque entrée en code digital.

La quantification du convertisseur A/D comporte 12 bits (11 + signe) au minimum.

Les points dont le signal de mesure se compose d'impulsions (par exemple un compteur), sont également considérés comme points de mesure analogiques.

2.2.4. Sorties analogiques

Le module comprend l'interface pour les points de commande analogiques. Il comprend un convertisseur digital/analogique (quantification minimale 8 bits) et un circuit de maintien par sortie.

Le type de signal de sortie dépend de l'application (voir 4.2. et suivants) ; si cela est nécessaire, on utilise des convertisseurs supplémentaires ou amplificateurs.

Remarque :

Les convertisseurs destinés à convertir les grandeurs non-électriques en grandeurs électriques (ou mesurables de façon électrique) et inversement (par ex. sondes, thermostats, servomoteurs, etc.), mentionnés en 2.2.1., 2.2.3., et 2.2.4. ne font pas partie de l'A.R.C.P.

2.2.5. Réseau local

Ce module contient l'interface pour la commande d'un réseau local.

Sur ce réseau local peuvent se raccorder des points (de mesure et de commande, aussi bien logique qu'analogique) fortement disséminés dans le bâtiment (comme des sondes de température, clapets coupe-feu, régulateurs autonomes pour ventilo-convecteurs, etc.), au lieu de les connecter individuellement sur des modules d'entrée et de sortie.

Dans ce cas, les points concernés doivent évidemment être équipés de l'interface nécessaire pour la liaison avec ce réseau local.

L'entrepreneur peut choisir, à sa guise, s'il raccorde des points individuellement ou via un réseau local.

2.3. Appareil de commande

L'appareil de commande comprend un clavier avec touches numériques et touches de fonction, ainsi qu'un affichage alphanumérique de 10 caractères au moins.

L'appareil peut être, soit incorporé dans l'A.R.C.P., soit indépendant.

2.4. Installations avec plusieurs A.R.C.P.

Si la distance entre les points est relativement grande (p.ex. dans deux locaux techniques différents), plusieurs solutions sont possibles :

- Plusieurs A.R.C.P. sont placés (par exemple un par local technique).
- Tous les points sont raccordés à un A.R.C.P. à l'aide de câbles.
- Une ou plusieurs sous-stations sont prévues ; une sous-station comprend un certain nombre de modules d'interface, ainsi que l'appareillage nécessaire pour transmettre l'information vers l'A.R.C.P. de façon digitale, sur un câble unique (et inversement pour recevoir de l'information de l'A.R.C.P.). L'appareillage nécessaire pour la transmission des données avec les sous-stations est également prévu dans l'A.R.C.P.
- On peut aussi appliquer une combinaison des trois méthodes mentionnées ci-dessus.

Si le cahier spécial des charges n'indique pas la solution à utiliser, l'entrepreneur peut la choisir lui-même.

Si plusieurs A.R.C.P. sont placés, il existe deux possibilités pour l'appareil de commande :

- Chaque A.R.C.P. a son propre appareil de commande incorporé.
- Un appareil de commande indépendant est fourni, que l'on peut raccorder à chaque A.R.C.P. pour commander celui-ci localement.

Le choix entre ces 2 possibilités est libre.

2.5. Extensions

La possibilité de raccorder l'A.R.C.P. à un autre système doit exister; à cette fin, chaque A.R.C.P. est toujours équipé d'une entrée/sortie qui permet la transmission digitale de données.

Cet autre système peut être par exemple une centrale de conduite qui contrôle plusieurs A.R.C.P. dans un bâtiment (ou plusieurs bâtiments). Dans ce cas, les A.R.C.P. continuent à remplir leurs fonctions de manière autonome, mais ils peuvent être commandés à partir de l'autre système. Les prescriptions concernant la commande locale (voir 2.3. et 2.4.) restent cependant d'application.

Dans le cas de liaisons à grande distance les appareils nécessaires à la télétransmission sont également fournis.

Enfin, la possibilité de raccorder localement à l'A.R.C.P. une imprimante pour imprimer les alarmes, les états de points, etc. (voir 3.2.) doit exister.

3. Programmes de base

Ces programmes sont destinés à l'usage général de l'A.R.C.P.

3.1. Généralités

3.1.1. Accès à l'appareil

On n'a accès à l'appareil qu'après l'introduction d'un code.

Il y a deux niveaux différents, avec chacun leur code propre :

1. demande d'information, modification de consignes
2. modification de paramètres, de programmes

Le code pour le deuxième niveau donne également accès au premier niveau.

3.1.2. Adressage

Chaque point a une adresse composée de caractères (alpha) numériques.

Il n'est pas exigé que l'adresse puisse être choisie librement par l'utilisateur.

3.1.3. Programmation

L'établissement des programmes se fait en un langage spécialement étudié pour les applications en question, utilisable par un non-spécialiste.

A cet effet, un certain nombre d'instructions sont disponibles, telles que des opérateurs logiques et arithmétiques, des fonctions conditionnelles et de branchement, la mise en mémoire et rappel, etc.

Il n'est cependant pas exigé que l'établissement des programmes puisse être fait à partir de l'appareil de commande.

3.1.4. Commande

La commande se fait à partir du clavier ; pour les fonctions les plus utilisées, il existe des touches préprogrammées, pour les autres fonctions, on utilise un code numérique.

3.2. Programmes de base pour la commande de l'A.R.C.P.

3.2.1. Demande d'états

Cette fonction permet de représenter à l'affichage les états, tant des points de mesure que des points de commande.

Pour les points logiques, cela comprend l'adresse du point et la mention 0 ou 1 (éventuellement II, III, ...) pour l'état.

Pour les points de mesure analogiques, cela comprend l'adresse et la valeur du point, ainsi que l'unité dans laquelle cette valeur est exprimée.

Pour les points de commande analogiques, cela comprend l'adresse et la valeur du point exprimée en pourcentage (ou de 0 à 1).

3.2.2. Verrouillage des points

Chaque point peut être verrouillé par l'opérateur, ce qui bloque l'échange entre les installations desservies et l'A.R.C.P.

Cela signifie que pour les points de mesure (logiques et analogiques), ce n'est pas la valeur de mesure proprement dite, mais la valeur imposée par l'opérateur qui est transmise au microprocesseur.

Pour les points de commande (logiques et analogiques), ce n'est pas la valeur calculée par le microprocesseur, mais une valeur imposée par l'opérateur qui est transmise aux modules d'interface.

Le verrouillage se fait par une commande simple, sans qu'il soit nécessaire de modifier des paramètres ou des valeurs de consigne.

3.2.3. Alarme

Une alarme est une fonction qui avertit l'opérateur d'un changement d'état d'une variable logique. Cette variable peut être ou bien un point ordinaire, ou bien toute autre variable logique qui intervient dans les programmes, telle que par exemple le dépassement de seuil d'une variable analogique.

Lorsque le changement d'état se présente, le nouvel état est visualisé sur l'affichage (voir 3.2.1.), accompagné d'un signal acoustique ou visuel.

Le signal disparaît après qu'on ait appuyé sur une touche d'acquiescement prévue à cet effet ; s'il y a plusieurs alarmes, l'alarme suivante apparaît.

Une alarme est liée d'office aux variables suivantes :

- toutes les signalisations de sécurité et de défaut pour autant qu'elles soient transmises à l'A.R.C.P. (par exemple sécurité de brûleurs, contrôle de débit, protection thermique pour moteur, contrôle de niveau d'eau, etc.)
- si l'état réel de fonctionnement d'un élément (par exemple pompe, brûleur, etc.) ne correspond pas avec l'état qui est commandé par l'A.R.C.P., pour autant que cet état soit connu par l'A.R.C.P. (c'est-à-dire qu'un point de mesure indépendant doit être ajouté au point de commande afin de relever l'état réel).

Il doit être possible de programmer, par après, des alarmes supplémentaires.

3.2.4. Sauvegarde régulière des valeurs

Les changements de valeur de chaque point de mesure et de commande logique sont sauvegardés, avec l'heure où le changement s'est produit.

La valeur de chaque point de mesure et de commande analogique est sauvegardée tous les quarts d'heure.

Les données sauvegardées (tant des points logiques qu'analogiques) sont mémorisées pendant au moins un jour.

3.3. Programmes de base pour les fonctions de régulation

L'A.R.C.P. dispose d'un certain nombre de programmes nécessaires à l'exécution des fonctions de régulation. Ces programmes sont utilisés comme sous-programmes dans les programmes d'application proprement dits (voir chapitre 4).

Des programmes pour les fonctions suivantes sont notamment disponibles :

- régulateur : il est du type P.I.D., les actions P, I et D étant réglables individuellement
- comparateur à hystérésis
- approche d'une fonction non linéaire par droites
- retardement
- horloge et calendrier : en ce qui concerne la date, le programme précise le jour, le mois et l'année (par exemple mardi 19 août 2014) ; une autre manière (par exemple la numérotation continue des jours et/ou des semaines dans l'année) n'est pas admise. La commutation de l'heure d'été vers l'heure d'hiver, et inversement, peut être programmée.
- totalisateur (compte le temps qu'un point logique est enclenché ou déclenché)

Tous les paramètres et constantes utilisés dans ces programmes, sont modifiables.

3.4. Programmes pour la transmission de données

Dans le cas où l'A.R.C.P. est raccordé à un autre système, comme décrit au 2.5., les programmes nécessaires à l'échange de données (c.à.d. pour la rédaction et la transmission de messages, ainsi que leur réception et leur traitement) avec l'autre système sont prévus.

Cette transmission de données peut se faire à l'initiative de l'autre système (par exemple pour demander des données) ou à l'initiative de l'A.R.C.P. (par exemple pour transmettre une alarme).

4. Programmes d'application

Il s'agit des programmes de régulation et de commande des installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air.

4.1. Programmes généraux

4.1.1. Régulation en fonction de la température extérieure

Cette régulation assure une valeur de sortie inversement proportionnelle au signal d'entrée représentant la température extérieure. La relation entre les deux est linéaire et réglable et est appelée la "courbe de chauffe".

Il est possible de programmer trois courbes différentes (pour le régime de jour, de nuit et accéléré) ; la courbe de chauffe de jour peut être déplacée en fonction de la valeur de l'intensité du rayonnement solaire, si cette mesure est prévue.

En outre, si l'on dispose de la température intérieure comme signal de réaction, la courbe de chauffe peut être corrigée automatiquement pour obtenir la valeur désirée de la température intérieure.

Cette correction ne s'effectue que très lentement, afin que la régulation ne soit pas perturbée par des influences de courte durée ni par des influences temporaires (qui s'étendent sur quelques jours par exemple). En outre, le fonctionnement de cette auto-adaptation est déclenchable ; en général, l'auto-adaptation ne sera pas utilisée lorsque le système de chauffage réglé dessert des locaux avec orientation différente ou avec des gains internes différents, ou encore lorsqu'il y a une post-régulation indépendante (p.ex. des robinets de radiateur thermostatiques).

4.1.2. Programme horaire

Ce programme indique à d'autres programmes (tant programmes d'optimisation que programmes d'heures fixes) les périodes pendant lesquelles les locaux sont occupés.

La période d'occupation est définie comme suit : pour chaque jour de la semaine, l'heure de début et de fin de la période d'occupation est indiquée ; les jours sans occupation sont indiqués tels quels. Le programme ainsi déterminé se répète chaque semaine.

Il est également possible d'établir des dérogations pour un jour bien déterminé : une fois ce jour passé, on suit à nouveau le programme normal.

En outre, pour une période d'un an, vingt jours supplémentaires sans occupation peuvent être indiqués.

Il est possible d'établir un programme d'occupation distinct pour tout circuit de chauffe ou groupe de traitement d'air.

4.1.3. Programme d'optimisation

Le programme d'optimisation veille à ce que les installations thermiques fonctionnent toujours selon le régime adapté aux besoins de façon optimale.

Le programme dispose de quatre régimes :

- régime normal : celui-ci est d'application pendant la plus grande partie de la période d'occupation
- régime de nuit : idem, en dehors de la période d'occupation
- régime de sécurité : ce régime a pour but d'éviter, pendant le régime de nuit, que les conditions climatiques ne franchissent pas certaines limites dans les locaux
- régime accéléré : quelques temps avant le début de la période d'occupation, on passe au régime accéléré afin d'atteindre les conditions climatiques exigées au début de la période d'occupation

Remarques :

- Dans certains cas, deux régimes peuvent coïncider (voir applications spécifiques : 4.2. et suivants).
- Les "conditions climatiques" dépendent du type d'installation thermique ; pour le chauffage il s'agit de la température minimale et pour le conditionnement d'air de la température et éventuellement l'humidité relative, etc. La température minimale dépend aussi de la température extérieure.

La commutation entre les différents régimes est déterminée comme suit :

- Commutation normale vers nuit :
Cette commutation a lieu quelques temps avant la fin de la période d'occupation, le plus tôt possible, mais néanmoins de telle façon qu'on obtienne à la fin de cette période dans les locaux des conditions climatiques ne franchissant pas des valeurs limites réglables ; l'intervalle de temps entre cette commutation et la fin de la période d'occupation a des limites minimale et maximale réglables.
- Commutation nuit vers sécurité :
Cette commutation a lieu si les conditions climatiques dans les locaux franchissent des limites réglables ; si les conditions climatiques reviennent suffisamment dans les limites, on repasse au régime de nuit.
- Commutation nuit vers accéléré :
Cette commutation a lieu avant le début de la période d'occupation aussi tard que possible mais néanmoins de telle façon qu'on obtienne au début de cette période des conditions climatiques dans les locaux ne franchissant pas les valeurs limites réglables ; l'intervalle de temps entre cette commutation et le début de la période d'occupation a des limites minimale et maximale réglables.
- Commutation accéléré vers normal :
Cette commutation a lieu dès que la période d'occupation est commencée ou que les conditions climatiques souhaitées sont atteintes ; une combinaison de ces deux conditions doit être également possible.

Les moments de commutation aux régimes nuit et accéléré sont calculés à l'aide des températures intérieure et extérieure, des valeurs limites réglables pour les conditions climatiques, des propriétés du bâtiment et de l'installation, du nombre de générateurs de chaleur en service et des résultats des calculs précédents (c.à.d. auto-adaptation). Cette auto-adaptation ne peut cependant pas avoir une influence trop rapide ; en particulier, il faut éviter que des conditions temporaires ne perturbent les calculs ultérieurs. Lorsque le système optimisé est équipé d'une post-régulation indépendante, l'écart entre les points de consigne de l'optimisation et de la post-régulation doit être suffisamment grand, pour éviter l'influence mutuelle. En outre, le fonctionnement de l'auto-adaptation est déclenchable.

Pour chaque circuit, on peut obtenir les données suivantes sur l'affichage de l'appareil de commande :

- le régime actuel
- le moment et la nature des deux dernières commutations de régime, ainsi que la température intérieure au moment des commutations

4.1.4. Commande des pompes

Toutes les pompes et tous les circulateurs commandés par l'A.R.C.P. sont démarrés pour quelques minutes au moins une fois toutes les 24 heures, afin d'éviter le grippage.

Pour toutes les pompes et tous les circulateurs commandés en relation avec d'autres éléments (tels que brûleurs, robinets à trois voies), il est prévu une temporisation réglable à l'arrêt.

Les pompes de réserve sont enclenchées en cas de panne des autres pompes.

4.1.5. Généralités relatives aux programmes d'application

- Dans les programmes d'application ci-après sont utilisés les références (1), (2), (3), (4) et (x/y).

La signification en est la suivante :

(1) : On doit prévoir un point par élément.
Par ex. : Pour le point "fonctionnement brûleur, marche/arrêt", il y a lieu de prévoir un point distinct pour chaque brûleur.

(2) : Ce point ne doit être prévu que s'il est d'application.
Par ex. : Il est évident que le point "fonctionnement brûleur, petite flamme/grande flamme" ne sera pas prévu pour un brûleur à réglage tout ou rien.

(3) : Ce point nécessite la présence d'un "convertisseur" (p.ex. sonde, thermostat, servomoteur) ne faisant pas partie de l'A.R.C.P.

(4) : Ce point ne doit être prévu que si l'élément contrôlé ou le convertisseur nécessaire est prévu.
P.ex. : le point "détecteur de débit" n'est prévu qu'en cas de présence de pareil élément dans l'installation.

(x/y) : il s'agit d'une référence locale, dont la signification est donnée à la page concernée

- Il y a deux possibilités pour la commande des robinets à deux et à trois voies et des registres d'air, et ce suivant que cette commande est classée parmi :
 - les points de commande logiques : en l'occurrence, le robinet ou le registre peut prendre deux positions (ouvert ou fermé)
 - les points de commande analogiques : en l'occurrence, la commande est proportionnelle, c.à.d. que le robinet ou le registre prend une position proportionnelle à la valeur de commande donnée par l'A.R.C.P.
- Dans certains cas, un point de commande analogique peut être remplacé par plusieurs points logiques.
- Dans le cas de pompes dédoublées (dont l'une est en réserve ou non), on prévoit des points séparés pour chaque pompe.
- L'état de fonctionnement (marche ou arrêt) des moteurs de ventilateurs et pompes est déterminé par un contrat auxiliaire sur le contacteur, pour autant que le déclenchement de la protection du moteur contre les courts-circuits et les surcharges provoque également le déclenchement du contacteur. Dans les autres cas, l'état de fonctionnement est déterminé par le contrôle de la tension aux bornes du moteur.
- Dans le cas où un moteur est alimenté par un convertisseur de fréquence, le signal de dérangement de ce dernier est prévu comme point de mesure logique, même s'il ne figure pas dans les listes de points, telles que reprises ci-après.

- Si un point identique est mentionné dans plusieurs programmes, il ne doit être prévu qu'une seule fois.
- Lorsque le cahier spécial des charges prescrit plusieurs sondes pour la température intérieure d'un circuit ou d'un groupe de traitement d'air, il y a lieu de prévoir un point particulier par sonde.
Dans les calculs, on tient compte de la température moyenne pondérée de ces points ; les points restent cependant indépendants, c.à.d. qu'on peut demander la température de chaque sonde séparément.

4.1.6. Contrôle des commutateurs manuels

Ceci concerne le contrôle des commutateurs manuels (pour pompes, ventilateurs, brûleurs) qui se trouvent sur les tableaux électriques (voir l'art. C22. par. 3. point 1.2.2. et 2.2.2.).

Pour chaque commutateur à contrôler, il y a un point de mesure logique, qui indique si le commutateur se trouve ou non dans la position "automatique", c.à.d. si la commande par l'A.R.C.P. est oui ou non possible. Dans ce dernier cas, une alarme est donnée sur l'appareil de commande de l'A.R.C.P.

Si la pompe, le ventilateur, etc., à commander possède en plus un interrupteur de sécurité (voir l'art. C22. par. 3. point 1.5.), la position de celui-ci est également incluse dans le contrôle.

Le cahier spécial des charges détermine les commutateurs à contrôler.

4.2. Commande des chaudières

Ce programme s'applique à un ensemble de chaudières raccordées hydrauliquement.

4.2.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement brûleur, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement brûleur, petite flamme/grande flamme (1) (2)
 - * mise en sécurité brûleur (1)
 - * fonctionnement pompe primaire, marche/arrêt (1) (x)
 - * détecteur de débit, côté hydraulique (1) (3) (4) (x)
 - * niveau d'eau trop bas
(à ne prévoir qu'en cas de système d'expansion sous pression d'air, ou si des interrupteurs de niveau sont prévus dans les chaudières)
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement brûleur, marche/arrêt (1)
(Cette commande est subordonnée à l'aquastat de sécurité et, éventuellement, à d'autres dispositifs de sécurité)
 - * fonctionnement brûleur, petite flamme/grande flamme (1) (2)
 - * fonctionnement pompe primaire, marche/arrêt (1) (x)
 - * commande robinet d'arrêt motorisé de chaudière, ouvert/fermé (1) (3) (4)
- Points de mesure analogiques :
 - * température générale d'eau de départ des chaudières (3)
 - * température générale d'eau de retour vers les chaudières (3) (4)
 - * température de départ, condenseur des gaz de combustion (3) (4)
(ou chaudière à condensation)
 - * température de retour, condenseur des gaz de combustion (3) (4)
(ou chaudière à condensation)
 - * température générale d'eau de départ après bouteille casse-pression (3) (4)
 - * température générale d'eau de retour avant bouteille casse-pression (3) (4)

- | | |
|---|-----------------|
| * température extérieure | (3) |
| * chaleur produite (compteur de chaleur) | (1) (3) (4) (y) |
| * combustible consommé (compteur gaz ou fuel) | (1) (3) (4) |
- Points de commande analogiques
- | | |
|----------------------|---------|
| * modulation brûleur | (1) (2) |
|----------------------|---------|

Référence (x) : ce point doit également être prévu pour le condenseur des gaz de combustion (si présent)

Référence (y) : si le compteur de chaleur a des sorties séparées pour les températures mesurées et les débits, ces données sont également à prévoir comme points de mesure analogiques.

4.2.2. Fonctionnement

Le programme détermine en premier lieu la consigne pour la température d'eau de départ. A cet effet, il reçoit de chaque programme de régulation des circuits de distribution de chaleur la température d'eau exigée par ces circuits (voir programmes 4.3. et suivants). Si une régulation de circuit de distribution ne peut pas transmettre de consigne (p.ex. parce qu'elle n'est pas raccordée à l'A.R.C.P.), ladite consigne est alors simulée par une régulation en fonction de la température extérieure.

La plus grande de ces consignes, majorée de 5°C est considérée comme la consigne pour la température d'eau de départ. Eventuellement (selon le choix de l'utilisateur), cette dernière consigne ne descendra jamais sous une limite réglable, ou ne descendra jamais sous une telle limite tant que l'un des circuits de distribution demande de la chaleur. Il y a également une limite supérieure.

Ensuite, cette consigne est comparée à la valeur mesurée de la température d'eau de départ. L'écart est transmis à un régulateur commandant le fonctionnement des brûleurs (marche/arrêt ainsi que, le cas échéant, le réglage de la puissance).

L'enclenchement des différents brûleurs ou des allures des brûleurs se fait en cascade. Le démarrage se fait à l'allure la plus réduite de la première chaudière. Ensuite la puissance de celle-ci est augmentée ; quand la première chaudière fonctionne à pleine puissance, la deuxième peut être mise en route. Idem pour les suivantes.

Le déclenchement se fait par contre dans un ordre différent. Lors d'une demande de chaleur décroissante, la puissance des chaudières en fonctionnement est diminuée à commencer par la dernière. Seulement quand toutes les chaudières fonctionnent à l'allure la plus réduite, la dernière chaudière est déclenchée, ensuite l'avant-dernière, etc.

Si la possibilité existe, au moyen d'un robinet d'isolement motorisé ou par l'arrêt d'une pompe (individuelle par chaudière), la circulation d'eau dans les chaudières hors fonctionnement est arrêtée. Cependant, avec des chaudières avec régulation tout ou rien, dans le cas d'une demande de chaleur décroissante, la circulation d'eau dans une chaudière qui a été déclenchée n'est arrêtée qu'au moment où la chaudière suivante est également déclenchée : ceci afin d'éviter que la circulation d'eau dans une chaudière ne soit sans cesse enclenchée et déclenchée.

En outre, la circulation d'eau dans la première chaudière n'est jamais arrêtée.

Le programme tient également compte des prescriptions suivantes :

- Entre la mise à pleine puissance d'une chaudière et le démarrage de la suivante s'écoule une période réglable (celle-ci peut être différente pour chaque chaudière) afin d'éviter que toutes les chaudières ne soient toujours enclenchées pour le démarrage matinal.
- A chaque chaudière est également attribuée une limite : la chaudière ne peut démarrer que si la température extérieure est au-dessous de cette limite.
- Lorsqu'une chaudière ne démarre pas (p.ex. parce qu'elle est arrêtée manuellement ou parce que le débit d'eau est insuffisant, etc.) ou lorsqu'elle est en sécurité, on prend immédiatement la suivante.

- En ce qui concerne l'ordre dans lequel les chaudières sont mises en route, le programme prévoit deux possibilités :
 - o l'ordre est régulièrement alterné, par ex. une fois par semaine (cas normal)
 - o l'ordre est fixe (d'application si les chaudières ont un rendement différent ; par exemple chaudière à condensation et chaudière normale)

Enfin, le programme commande également les pompes primaires. Cela implique qu'en cas de consigne de la température d'eau de départ inférieure à 20°C, les pompes sont arrêtées. Dans les autres cas, elles fonctionnent. Si aucune pompe ne fonctionne, les brûleurs sont arrêtés.

Il est également prévu un totalisateur du temps de fonctionnement de chaque brûleur séparément (pour les brûleurs "tout ou peu", totalisation séparée pour la petite ou la grande flamme).

4.3. Circuits de chauffage

Ce programme s'applique à tout circuit de chauffage équipé de corps de chauffe statiques dont la régulation s'opère au moyen d'un robinet modulant.

4.3.1. Régulation avec sonde intérieure

4.3.1.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
- Points de mesure analogiques :
 - * température intérieure (3)
- Points de commande analogiques :
 - * robinet modulant (3)

4.3.1.2. Fonctionnement

Il y a deux régimes : régime de jour et de nuit.

La commutation se fait comme suit (sans optimisation) :

- commutation de nuit vers jour :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant le début de la période d'occupation
- commutation de jour vers nuit :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant la fin de la période d'occupation

A chaque régime est liée une consigne pour la température intérieure.

Cette consigne est comparée à la valeur mesurée. L'écart est transmis à un régulateur commandant le robinet modulant. A partir de ce signal est également déterminée la température d'eau de départ envoyée au programme de chaudière.

4.3.2. Régulation avec sonde extérieure

4.3.2.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
- Points de mesure analogiques :
 - * température extérieure (3)
 - * température d'eau de départ (3)
 - * intensité du rayonnement solaire (3) (4)
- Points de commande analogiques :
 - * robinet modulant (3)

4.3.2.2. Fonctionnement

Il y a trois régimes : jour, nuit et accéléré.

La commutation se fait comme suit (sans optimisation) :

- commutation de nuit vers accéléré :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant le début de la période d'occupation
- commutation d'accéléré vers jour :
au début de la période d'occupation
- commutation de jour vers nuit :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant la fin de la période d'occupation

A chaque régime correspond une courbe de chauffe d'un régulateur en fonction de la température extérieure. Le signal de sortie de celui-ci est comparé à la température d'eau de départ mesurée. L'écart entre les deux valeurs est transmis à un régulateur commandant le robinet modulant.

4.3.3. Régulation avec sondes intérieure et extérieure - optimisation**4.3.3.1. Points**

Les points mentionnés sous 4.3.2.1. sont prévus, avec comme point de mesure analogique supplémentaire la température intérieure. (3)

4.3.3.2. Fonctionnement

Il y a quatre régimes à commutation optimisée décrite sous le point 4.1.3.

Les régimes correspondent comme suit aux courbes de chauffe d'un régulateur en fonction de la température extérieure :

régime	courbe de chauffe
normal	jour
nuit	pas de chauffage
sécurité	nuit
accéléré	accéléré

Le signal de sortie du régulateur en fonction de la température extérieure est comparé à la température d'eau de départ. L'écart entre les deux valeurs est transmis à un régulateur commandant le robinet modulant.

4.4. Production d'eau chaude sanitaire

4.4.1. Echangeur-accumulateur

Ce programme s'applique à tout échangeur-accumulateur.

4.4.1.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur "primaire", marche/arrêt
 - * fonctionnement circulateur circuit de circulation d'eau chaude sanitaire, marche/arrêt (1) (4)
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement du circulateur "primaire", marche/arrêt
 - * fonctionnement du circulateur circuit de circulation d'eau chaude sanitaire, marche/arrêt (1) (4)
 - * fonctionnement de l'élément de chauffe électrique, marche/arrêt (4)
- Points de mesure analogiques :
 - * température de l'eau distribuée (3)
 - * température de retour de l'eau de la boucle de circulation (1) (3) (4)
- Points de commande analogiques :
 - * robinet modulant (3)

4.4.1.2. Fonctionnement

La valeur mesurée de la température d'eau est comparée à la consigne. L'écart est transmis à un régulateur commandant le robinet modulant et déterminant également la température d'eau de départ envoyée au programme de chaudière.

Lorsque la production de chaleur est hors service, le régulateur commande un élément de chauffe électrique marche/arrêt (si celui-ci existe) au lieu du robinet modulant.

Il est prévu un programme horaire ; en dehors des heures d'occupation, l'accumulateur n'est pas maintenu à température, et le circulateur du circuit de circulation est hors service.

Un programme de désinfection commandé manuellement permet de rehausser la température de l'eau de distribution temporairement.

4.4.2. Appareil de production d'eau chaude par accumulation, à gaz

Ce programme s'applique à un appareil de production d'eau chaude par accumulation, à gaz.

4.4.2.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement brûleur, marche/arrêt
 - * mise en sécurité brûleur
 - * fonctionnement circulateur du circuit de circulation, marche/arrêt (1) (4)
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement brûleur, automatique/arrêt
 - * fonctionnement circulateur du circuit de circulation, marche/arrêt (4)

- Points de mesure analogiques :
 - * température de l'eau distribuée (3)
 - * température de retour de l'eau de la boucle de circulation (1) (3) (4)

4.4.2.2. Fonctionnement

Le thermostat de l'appareil commande directement le brûleur, sans intervention de l'A.R.C.P.

Un programme horaire interdit cependant le fonctionnement du brûleur en dehors des heures d'occupation, et arrête également le circulateur du circuit de circulation.

Une totalisation du temps de fonctionnement du brûleur est prévue.

4.5. Groupe de traitement d'air - 100 % d'air neuf - Température de pulsion fixe

Ce programme s'applique aux groupes de ventilation, fonctionnant en air neuf exclusivement.

En dehors de la batterie de chauffe, le groupe peut également comprendre :

- un système de récupération de chaleur
- une batterie de refroidissement (à eau glacée)
- un système d'humidification (éventuellement à batterie de préchauffe)

La régulation est du type à température de pulsion fixe. Elle commande également l'humidification, mais pas la déshumidification.

Le programme s'applique également :

- aux groupes qui desservent plusieurs zones. Chaque zone possède des registres d'air sur la pulsion et l'extraction, qui sont fermés lorsque la zone n'est pas utilisée.
- aux ventilateurs-extracteurs séparés (p.ex. pour des sanitaires)

Les éléments qui font partie du circuit aéraulique du groupe de traitement d'air (comme les clapets coupe-feu) sont également concernés par les dispositions suivantes.

4.5.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * thermostat antigel (3)
 - * fonctionnement ventilateur de pulsion, marche/arrêt
 - * fonctionnement ventilateur d'extraction, marche/arrêt
 - * fonctionnement circulateur batterie de chauffe, marche/arrêt
 - * fonctionnement circulateur batterie de préchauffe, marche/arrêt (4)
 - * fonctionnement circulateur batterie de refroidissement (4)
 - * pressostat filtre à air (1) (3) (4)
 - * détecteur de débit (côté aéraulique) ou pressostat différentiel (1) (3) (4)
 - * commutateur ou boutons-poussoirs de commande à distance (4)
 - * détecteur de présence (3) (4)
 - * position clapet coupe-feu type B, ouvert/position intermédiaire/fermé (1) (3) (4)
 - * alarme incendie (x)
 - * commande prioritaire fonctionnement ventilateur de pulsion (marche / automatique) (y)
 - * commande prioritaire fonctionnement ventilateur de pulsion (arrêt / automatique) (y)
 - * commande prioritaire fonctionnement ventilateur d'extraction (marche / automatique) (y)
 - * commande prioritaire fonctionnement ventilateur d'extraction (arrêt / automatique) (y)

- Points de commande logiques
 - * fonctionnement ventilateur de pulsion, marche/arrêt (3)
 - * fonctionnement ventilateur d'extraction, marche/arrêt (3)
 - * registres d'air, ouvert/fermé (3)
 - * fonctionnement ventilateur de pulsion et d'extraction, petite/grande vitesse (2)
(éventuellement plus de deux vitesses)
 - * fonctionnement circulateur batterie de chauffe, marche/arrêt (4)
 - * fonctionnement circulateur batterie de préchauffe, marche/arrêt (4)
 - * fonctionnement circulateur batterie de refroidissement, marche/arrêt (4)
 - * fonctionnement récupérateur de chaleur, marche/arrêt (4)
(p. ex. circulateur de batteries, moteur d'un échangeur rotatif, registres by-pass)
 - * fonctionnement humidification, marche/arrêt (4)
(p. ex. pompe de laveur d'air)
 - * régulation de l'humidification par paliers (2) (4)
 - * registres d'air (sur la pulsion et l'extraction) d'une zone, ouvert/fermé (3) (4)
(un point par zone)
 - * clapet coupe-feu de type B, ouvert/fermé (1) (3) (4)

- Points de mesure analogiques :
 - * température air pulsé (3)
 - * température intérieure (3) (4)
 - * humidité relative air repris (3) (4)
 - * humidité relative air pulsé (3) (4)
 - * consommation électrique ventilateur (1) (3) (4)

- Points de commande analogiques :
 - * robinet modulant batterie de chauffe (3)
 - * robinet modulant batterie de préchauffe (3) (4)
 - * robinet modulant batterie de refroidissement (3) (4)
 - * régulation de l'humidification (2) (3) (4)
(p. ex. registres by-pass, robinet modulant pour laveur d'air ou pour humidificateur à vapeur)

Remarques :

- Référence (x) : cette alarme provient de la centrale de détection incendie (cette centrale ne fait pas partie de l'entreprise) ; il faut prévoir un point par compartiment incendie (même s'il n'y a pas de centrale de détection incendie)
- Référence (y) : cette commande provient d'un tableau « pompiers » central ; s'il n'y a pas de tableau « pompiers » central, ou dans le cas où la commande « incendie » se fait à partir de la centrale de conduite (voir art. C21 par. 8 point 4.5.), ces points ne sont pas à prévoir (cas le plus courant).
- Pour les ventilateurs-extracteurs séparés, seuls les points relatifs au ventilateur et à ses accessoires (tels que clapets coupe-feu, etc.) doivent être prévus.

4.5.2. Fonctionnement**4.5.2.1. Programme de base**

Ce programme s'applique à un groupe de ventilation équipé uniquement d'une batterie de chauffe.

La valeur mesurée de la température de l'air pulsé est comparée à la consigne. L'écart est transmis à un régulateur qui commande le robinet modulant de la batterie de chauffe.

En dehors de la période d'occupation, les ventilateurs sont arrêtés, les registres d'air sont fermés, le circulateur est arrêté et le robinet modulant est fermé. Il est également possible de programmer pendant la période d'occupation des périodes plus courtes durant lesquelles le groupe est également arrêté.

Lors du fonctionnement du thermostat antigel, le robinet modulant de la batterie de chauffe est entièrement ouvert, le circulateur est mis en marche et les registres d'air sont fermés. En outre les ventilateurs sont arrêtés en agissant directement sur les circuits de commande des moteurs, donc sans intervention de l'A.R.C.P.

Lorsqu'aucun débit n'est détecté au cas où un ventilateur devrait être en marche, ce ventilateur est mis à l'arrêt et une alarme est transmise.

Lorsque la température de l'air pulsé dépasse une limite réglable, ou dans le cas d'une alarme incendie, les ventilateurs sont arrêtés et les registres d'air sont fermés ; tous les clapets coupe-feu de type B sont également fermés.

Une alarme est également transmise à l'appareil de commande. Le groupe ne peut être remis en route après la disparition de la température trop élevée ou de l'alarme incendie, que par une commande manuelle à partir de l'appareil de commande. Pour les groupes de traitement d'air qui alimentent plusieurs compartiments incendie la possibilité existe de ne fermer que les clapets coupe-feu de type B du compartiment sinistré et tandis que le groupe de traitement d'air reste en fonctionnement; ce mode de commande n'est appliqué que pour des cas spéciaux, c'est-à-dire si le cahier spécial des charges ou le fonctionnaire dirigeant l'impose.

4.5.2.2. Extensions

Si le groupe de ventilation est équipé de refroidissement, d'humidification, d'une commande à distance, commande prioritaire en cas d'incendie etc., le programme de base est étendu aux programmes correspondants qui sont décrits ci-dessous.

- Refroidissement, récupération de chaleur, préchauffe

Le régulateur de température de l'air pulsé opère en cascade les actions suivantes lors d'une demande de chaleur décroissant :

- o fermeture progressive du robinet modulant de la batterie de chauffe
- o mise à zéro progressive de la limitation de l'ouverture du robinet modulant de la batterie de préchauffe (rem. : la commande proprement dite est réalisée par un autre régulateur)
- o déclenchement du système de récupération de chaleur
- o ouverture progressive du robinet modulant de la batterie de refroidissement

Lors d'une demande de chaleur croissante, on suit le chemin inverse.

Dans le cas où certains éléments ne sont pas prévus (p.ex. refroidissement), le programme ne commande évidemment que ceux qui sont présents.

- Humidification

- o Sans batterie de préchauffe

L'humidification est commandée (modulante, par paliers ou marche/arrêt suivant le cas) par un régulateur en fonction de l'humidité relative de l'air repris, sans que l'humidité de l'air pulsé ne dépasse pour autant une certaine limite.

- o Avec batterie de préchauffe

Idem. La batterie de préchauffe est commandée par un régulateur en fonction de l'humidité absolue de l'air pulsé (celle-ci est calculée au moyen de l'humidité relative et de la température), tenant compte de la limitation mentionnée ci-dessus (voir le point "refroidissement, récupération de chaleur, préchauffe").

- Balayage nocturne

Ce programme est prévu lorsqu'il y a une sonde de température intérieure (éventuellement appartenant à une autre régulation) dans un des locaux desservis.

Ce programme met le groupe en marche à débit maximal, sans chauffage, refroidissement, humidification, récupération de chaleur ou air recyclé, dès que les conditions suivantes sont réunies :

- On se trouve en dehors de la période d'occupation.
- La température intérieure dépasse une limite réglable (p.ex. 25°C).
- La température extérieure est d'au moins 3°C plus basse que la température intérieure.
- La température extérieure n'est pas au-dessous d'une limite réglable (p.ex. 10°C).

Le groupe est arrêté lorsque la température intérieure descend en-dessous d'une limite réglable (p.ex. 20°C)

- Ventilateurs à deux ou plusieurs vitesses

Il existe un programme horaire indépendant pour chaque vitesse.

- Commutateur de commande à distance

Le groupe ne fonctionnera que si la programmation horaire de l'A.R.C.P. ainsi que le commutateur se trouvent dans la position "fonctionnement". Idem pour le fonctionnement à grande vitesse pour des groupes à deux vitesses.

- Commande à distance à boutons-poussoirs

Le groupe ne fonctionnera que lorsqu'on a poussé sur un bouton-poussoir "fonctionnement" (en cas de deux vitesses : petite vitesse ou grande vitesse selon le bouton-poussoir).

Le groupe s'arrête si on pousse sur le bouton "arrêt". En outre, on peut programmer un nombre de moments auxquels le groupe s'arrête (c.à.d. équivalent du bouton "arrêt"). A l'aide du bouton "fonctionnement", le groupe peut à nouveau être mis en marche.

- Détecteur de présence

Le groupe est enclenché quelques minutes après qu'on ait détecté la présence de personnes dans le local. Le groupe est déclenché lorsqu'il n'y a plus de présence depuis une dizaine de minutes. En dehors de la période d'occupation programmée (voir ci-dessus), le groupe ne peut jamais fonctionner.

- Commande prioritaire en cas d'incendie

Ces commandes ont priorité sur tous les autres programmes et commandes de l'A.R.C.P. La commande prioritaire en cas d'incendie peut se faire de deux façons :

- Par une centrale de conduite : voir art. C21 par. 8 point 4.5.
- Par un tableau pompiers central :
 - Lorsqu'un ventilateur (soit de pulsion, soit d'extraction) est mis à l'arrêt à partir de ce tableau de commande, tous les clapets coupe-feu de type B du réseau aéraulique correspondant sont également fermés.
 - Lorsqu'un ventilateur (soit de pulsion, soit d'extraction) est remis en marche à partir de ce tableau de commande en cas d'alarme incendie, tous les

clapets coupe-feu de type B du réseau aéraulique correspondant sont ré-ouverts dans les compartiments non sinistrés; les ventilateurs à plusieurs vitesses fonctionnent à la vitesse supérieure.

4.5.2.3. Système multizone

La régulation se fait comme décrit dans 4.5.2.1. et 4.5.2.2. Chaque zone possède cependant son propre programme horaire indépendant.

Le débit d'air du groupe est ajusté au mieux suivant le nombre de zones en fonctionnement. Exemple : un groupe avec des ventilateurs à deux vitesses dessert deux zones à débit d'air égal. Dès que les registres d'air d'une zone sont ouverts (commandés par le programme horaire), le groupe démarre à petite vitesse. Lorsque les deux zones sont en service, le groupe fonctionne à grande vitesse.

Chaque zone peut en plus être munie d'une commande à distance ou d'une détection de présence. Le fonctionnement se fait comme décrit dans 4.5.2.2.

4.5.2.4. Ventilateurs-extracteurs séparés

Il y a deux possibilités :

- Le ventilateur fonctionne toujours simultanément avec un autre groupe de ventilation ou de traitement d'air, et il est donc commandé par le programme de ce groupe.
- Le ventilateur fonctionne indépendamment et il a son propre programme de commande. Celui-ci répond à toutes les prescriptions mentionnées ci-dessus qui concernent la commande du ventilateur-extracteur.

4.6. Groupe de traitement d'air - Air neuf et repris - Température de pulsion variable

Ce programme s'applique aux groupes de traitement d'air, à air neuf et repris.

En dehors de la batterie de chauffe et des registres de mélange d'air, le groupe peut également comprendre :

- un système de récupération de chaleur
- une batterie de refroidissement (à eau glacée)
- un système d'humidification (éventuellement à batterie de préchauffe)

La régulation se fait en fonction de la température et de l'humidité intérieures. Cependant une déshumidification contrôlée n'est pas possible.

Le programme ne s'applique pas aux installations à volume variable, aux boîtes de mélange, aux éjecto-convecteurs, etc.

Les éléments qui font partie du circuit aéraulique du groupe de traitement d'air (comme les clapets coupe-feu) sont également concernés par les dispositions suivantes.

4.6.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques : voir 4.5.1., complété par
 - * détecteur de fumée dans l'air repris (3) (4)
- Points de commande logiques : voir 4.5.1.
- Points de commande analogiques : voir 4.5.1., complété par :

* température air frais	(3)
* température air repris	(3)
* température intérieure	(3)
* qualité de l'air repris	(3) (4)

- Points de commande analogiques : voir 4.5.1., complété par :

* registres d'air frais /repris/refoulé	(3)
* régulation du récupérateur de chaleur (p.ex. robinet modulant de batteries, vitesse d'un échangeur rotatif, registres by-pass)	(3) (4)

4.6.2. Fonctionnement

4.6.2.1. Programme de base

Ce programme s'applique à un groupe de traitement d'air équipé d'une batterie de chauffe et de registres de mélange d'air.

Le groupe peut fonctionner selon quatre régimes différents (voir 4.1.3.). La commutation se fait par le programme d'optimisation.

Le fonctionnement est le suivant :

- Régime normal

La température de l'air repris (ou de l'air ambiant) est comparée à la consigne. L'écart est transmis à un régulateur donnant la consigne pour la température de l'air pulsé et transmettant la température d'eau de départ exigée au programme de la chaudière. La consigne pour la température de l'air (avec limite basse), est comparée à la valeur mesurée. L'écart est transmis à un second régulateur.

Ce régulateur opère en cascade les actions suivantes lors d'une demande de chaleur décroissante :

- o Fermeture progressive du robinet modulant de la batterie de chauffe. Dans cette phase, les registres d'air se trouvent dans la position d'air frais minimale (celle-ci est réglable).
- o Ouverture progressive des registres d'air. Lorsque la température de l'air frais est supérieure à celle de l'air repris, les registres d'air reprennent la position minimale.

Lors d'une demande de chaleur croissante, on suit le chemin inverse.

Le fonctionnement de la surveillance de la température de l'air pulsé, de l'alarme incendie et du thermostat antigel se fait comme décrit dans 4.5.2.1.

Lorsque le groupe de traitement d'air reste en fonctionnement en cas d'alarme incendie (voir 4.5.2.1 dernière phrase) ou en cas de détection de fumées dans l'air repris, le groupe fonctionne avec 100% d'air frais.

- Régime de nuit

Le groupe est tout à fait arrêté.

Cependant, le programme pour balayage nocturne (voir 4.5.2.2.) est d'application.

- Régime de sécurité

Idem régime normal, mais le débit d'air frais minimal est de zéro.

- Régime accéléré

Idem régime de sécurité.

4.6.2.2. Extensions

Si le groupe de traitement d'air est équipé de refroidissement, d'humidification, d'une commande à distance, etc., le programme de base est étendu aux programmes correspondants qui sont décrits ci-dessous.

- Refroidissement, récupération de chaleur, préchauffe

Le régulateur de température de l'air pulsé opère en cascade les actions suivantes lors d'une demande de chaleur décroissante :

- Fermeture progressive du robinet modulant de la batterie de chauffe.
- Mise à zéro progressive de la limitation de l'ouverture du robinet modulant de la batterie de préchauffe (rem. : la commande proprement dite est réalisée par un autre régulateur).
- Déclenchement progressif du système de récupération de chaleur; dans les trois phases mentionnées ci-dessus, les registres d'air se trouvent dans la position d'air frais minimale (celle-ci est réglable).
- Ouverture progressive des registres d'air. Lorsque la température de l'air frais est supérieure à celle de l'air repris, les registres d'air reprennent la position minimale.
- Augmentation progressive de la limitation de l'ouverture du robinet modulant de la batterie de refroidissement (rem. : la commande proprement dite est réalisée par un autre régulateur).

Lors d'une demande de chaleur croissante, on suit le chemin inverse.

La commande de la batterie de refroidissement est réalisée par la régulation suivante.

D'abord on détermine la valeur de consigne pour la température de l'air repris. Celle-ci dépend de la température extérieure, et elle est la plus haute des deux valeurs suivantes :

- une température fixe (réglable, p.ex. 24°C)
- une température qui est la température extérieure moins une valeur fixe (réglable, p.ex. 5°C)

La valeur de consigne ainsi obtenue est comparée à la valeur mesurée de l'air repris. L'écart est transmis à un régulateur qui commande le robinet modulant de la batterie de refroidissement, tenant compte de la limitation mentionnée ci-dessus.

- Humidification

Celle-ci se fait comme décrite dans 4.5.2.2. Pendant le régime de sécurité et accéléré, l'humidification est hors service.

- Mesure de la qualité de l'air repris

Cette mesure est transmise à un régulateur qui détermine la position minimale des registres d'air frais. Cette position minimale a cependant une limite supérieure fixe.

- Commande à distance et détection de présence

Le fonctionnement se fait comme décrit dans 4.5.2.2., complété comme suit :

- Le fonctionnement des régimes de nuit, de sécurité et accéléré ne peut pas être influencé.
 - Pendant le régime normal, lorsque le groupe est arrêté par la commande à distance ou s'il n'y a pas de présence, le groupe est commuté en régime de nuit. Les limites pour la commutation vers le régime de sécurité (voir 4.1.3.) sont cependant différentes de ces limites pour le vrai régime de nuit (durant le vrai régime de nuit la commutation vers le régime de sécurité se fait si la température intérieure descend au-dessous de p. ex. 12°C. Si le groupe est arrêté pendant la période d'occupation, la commutation se fait si la température descend au-dessous de p.ex. 18°C).
- Ventilateurs à deux vitesses
La grande vitesse est utilisée dans le cas de refroidissement (free-cooling, balayage nocturne ou refroidissement normal). Si une commande à distance est prévue (voir ci-dessus), le choix des vitesses est déterminé par la commande à distance.
 - Commande prioritaire en cas d'incendie
Le fonctionnement est tel que décrit au point 4.5.2.2., mais lorsqu'un ventilateur est mis en marche par la commande prioritaire, le groupe de traitement d'air fonctionne avec 100% d'air frais.

4.7. Aérothermes

Ces programmes s'appliquent aux aérothermes.

4.7.1. Circuit d'aérothermes à air repris

Ce programme s'applique à tout ensemble d'aérothermes sans apport d'air frais.

4.7.1.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
 - * fonctionnement ventilateurs des aérothermes, marche/arrêt (un point pour l'ensemble des ventilateurs)
 - * commande robinet d'arrêt motorisé du circuit, ouvert/fermé (3) (4)
- Points de mesure analogiques :
 - * température intérieure (3)

4.7.1.2. Fonctionnement

Il y a deux régimes : régime de jour et de nuit.

La commutation se fait comme suit (sans optimisation) :

- commutation de nuit vers jour :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant le début de la période d'occupation

- commutation de jour vers nuit :
à un intervalle de temps fixe (mais réglable) avant la fin de la période d'occupation

A chaque régime est liée une consigne pour la température intérieure. Cette valeur est comparée à la valeur mesurée. Si la valeur mesurée est inférieure à la consigne, les ventilateurs se mettent en marche, une hystérésis réglable est prévue entre l'enclenchement et le déclenchement.

Lorsque les ventilateurs sont arrêtés, le circulateur du circuit est arrêté également. Si un robinet d'arrêt motorisé est prévu sur le circuit, il est fermé. Au démarrage, les ventilateurs sont mis en marche quelques minutes après le circulateur.

Si la température intérieure est inférieure à 5°C, le robinet s'ouvre toujours et le circulateur démarre pour éviter le risque de gel.

4.7.2. Circuit d'aérothermes à air frais (et repris)

Ce programme s'applique à tout ensemble d'aérothermes, dont un ou plusieurs fonctionnent à air frais, total ou partiel.

4.7.2.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
 - * thermostat antigel (3)
(s'il y en a plusieurs, ceux-ci sont raccordés en série)
 - * commutateur ou boutons-poussoirs de commande à distance (4)
 - * détecteur de présence (3) (4)
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement circulateur, marche/arrêt
 - * fonctionnement ventilateurs des aérothermes qui peuvent fonctionner uniquement avec de l'air repris, marche/arrêt (un point pour l'ensemble des ventilateurs)
 - * fonctionnement ventilateur d'un aérotherme qui peut fonctionner avec de l'air frais, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur d'extraction, marche/ arrêt (1)
 - * registres d'air d'un aérotherme qui peut fonctionner avec de l'air frais, air frais (+ repris)/air repris (1) (3)
 - * fonctionnement ventilateur d'extraction, petite/ grande vitesse (1) (2)
- Points de mesure analogiques
 - * température intérieure (3)
 - * température air pulsé d'un aérotherme à air frais (1) (3) (4)
- Points de commande analogiques
 - * robinet modulant (3)

4.7.2.2. Fonctionnement

Il y a quatre régimes à commutation optimisée comme décrit sous le point 4.1.3.

Régime normal

La consigne pour la température intérieure est comparée à la valeur mesurée. L'écart est transmis à un régulateur commandant le robinet modulant. A partir de ce signal est également déterminée la température d'eau de départ envoyée au programme de chaudière.

Si les aérothermes à air frais sont équipés d'une sonde de température d'air pulsé (indiqué dans le cas où certains aérothermes sont alimentés en air frais et d'autres non), la régulation du robinet se fait de manière à ce que la température de l'air pulsé ne descende pas au-dessous d'une limite réglable. Lorsque la température intérieure dépasse suffisamment la consigne, les ventilateurs des aérothermes à air repris sont arrêtés.

Les aérothermes qui ont cette possibilité fonctionnent avec de l'air frais (ou avec un rapport fixe air frais/repris). S'il y en a plusieurs de ce type, il doit être possible (au moyen d'un programme horaire, ou d'un commutateur de commande à distance) de commander le nombre d'aérothermes qui fonctionnent avec de l'air frais. Les autres fonctionnent alors avec de l'air repris. Le fonctionnement des ventilateurs d'extraction est commandé en conséquence.

Le fonctionnement du thermostat antigel, de la commande à distance et de la détection de présence (si celles-ci existent) se fait comme décrit au 4.6.2.

Autres régimes

En régime de sécurité et en régime accéléré, le fonctionnement est identique au régime normal mais tous les aérothermes fonctionnent avec de l'air repris. Pendant le régime de nuit, tous les ventilateurs et le circulateur sont arrêtés (le programme pour balayage de nuit (voir 4.5.1.2.) est d'application).

4.8. Circuit haute température

Ce programme s'applique à tout circuit à "haute température", c.à.d. un circuit sans régulation de température propre, par exemple pour l'alimentation d'une sous-station (éventuellement avec régulation de pression différentielle), de batteries pour groupes de traitement d'air, etc.

Il n'est cependant pas d'application lorsque le circuit n'alimente qu'une seule batterie ou qu'un seul échangeur. En l'occurrence, le circuit appartient à la batterie ou à l'échangeur de chaleur.

4.8.1. Points

Les points suivants sont prévus :

- Points de mesure logiques :
 - * fonctionnement circulateur ou pompe, marche/arrêt (1)
 - * dérangement régulateur de vitesse de la pompe, normal/dérangement (1) (4)
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement circulateur ou pompe, marche/arrêt (1)
- Points de mesure analogiques :
 - * pression différentielle collecteur (3) (4)
 - * température collecteur de départ (1) (3) (4)
- Points de commande analogiques
 - * régulateur de vitesse de la pompe (3) (4)

4.8.2. Fonctionnement

Le circulateur ou la pompe fonctionne en permanence. Il (elle) est arrêté (e) simultanément avec les pompes primaires (voir 4.2.2.).

Si tous les robinets trois ou deux voies sur le collecteur sont fermés, la pompe est également mise à l'arrêt.

Au « départ froid » de l'installation les pompes sont mises en marche avec une temporisation par rapport aux pompes principales pour permettre que la température de retour vers les chaudières ne descende pas sous une valeur minimale.

Dans le cas d'une régulation de pression différentielle d'un collecteur, la régulation se fait comme suit : la valeur de la pression différentielle entre le collecteur départ et le collecteur retour est transmis à un régulateur commandant la variation de vitesse de la pompe qui alimente le collecteur, afin de maintenir cette pression différentielle à une valeur préétablie.

4.9. Circuit ventilo-convecteurs avec batterie chaude et froide

Ce programme s'applique à chaque ensemble (c'est-à-dire relié hydrauliquement) de ventilo-convecteurs avec batterie chaude et froide. Il peut toutefois également être utilisé (mutatis mutandis) au cas où les ventilo-convecteurs n'ont qu'une batterie chaude ou froide.

4.9.1. Points

Les points suivants sont prévus:

- Points de mesure logiques
 - * fonctionnement circulateur du circuit d'eau chaude, marche/arrêt
 - * fonctionnement circulateur du circuit d'eau glacée, marche/arrêt
- Points de commande logiques
 - * fonctionnement circulateur du circuit d'eau chaude, marche/arrêt
 - * fonctionnement circulateur du circuit d'eau glacée, marche/arrêt
 - * autorisation de fonctionnement des ventilateurs des ventilo-convecteurs (1 seul point pour commande commune de tous les ventilateurs)
- Points de mesure analogiques
 - * température d'eau de départ du circuit d'eau chaude (3)
 - * température d'eau de départ du circuit d'eau glacée (3)
 - * température intérieure (3)
- Points de commande analogiques
 - * robinet modulant circuit d'eau chaude (3)
 - * robinet modulant circuit d'eau glacée (3)

4.9.2. Fonctionnement

Le circuit d'eau chaude est commandé comme décrit au point 4.3.3.2.

Le circuit d'eau glacée est commandé pour une température constante de l'eau de départ (p.ex. 13°C); en régime de nuit et lorsque la production d'eau glacée est hors service, le robinet à trois voies est fermé et le circulateur est mis à l'arrêt.

La commande des robinets de régulation sur les batteries des ventilo-convecteurs est assurée par des régulateurs autonomes locaux, indépendamment de l'A.R.C.P.

En régime de nuit, les ventilateurs des ventilo-convecteurs sont mis à l'arrêt avec priorité sur la commande locale.

4.10. Production d'eau glacée

Ce programme s'applique à chaque ensemble (c'est-à-dire relié hydrauliquement) de machines frigorifiques.

4.10.1. Machine frigorifique à condenseur refroidi par eau**4.10.1.1. Points**

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques
 - * machine frigorifique sous tension (1)
 - * fonctionnement machine frigorifique, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement machine frigorifique à pleine puissance (1)
 - * alarme machine frigorifique, normal/dérangement (1)
 - * manque d'eau dans le circuit d'expansion d'eau glacée
(à ne prévoir qu'en cas de système d'expansion à pression constante)
 - * fonctionnement pompe primaire d'eau glacée, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement pompe d'eau de refroidissement, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur tour de refroidissement, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur tour de refroidissement, petite/grande vitesse (1)
 - * fonctionnement système de traitement d'eau de refroidissement,
normal/dérangement (4)
 - * manque d'eau dans tour de refroidissement (1) (3)

- Points de commande logiques
 - * fonctionnement machine frigorifique, automatique/arrêt (1)
 - * fonctionnement pompe primaire d'eau glacée, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement pompe d'eau de refroidissement, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur tour de refroidissement, marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur tour de refroidissement, petite/grande vitesse (1)
 - * commande de robinet d'arrêt motorisé sur eau de refroidissement, ouvert/fermé (1) (3)

- Points de mesure analogiques
 - * température d'eau glacée à la sortie de machine frigorifique (1) (3)
 - * température d'eau glacée à l'entrée du collecteur de départ
des circuits de distribution (3) (x)
 - * température d'eau glacée au départ général des machines frigorifiques (3) (x)
 - * température d'eau glacée au retour général vers les machines frigorifiques (3)
 - * température d'eau de refroidissement à la sortie de machine frigorifique (1) (3)
 - * température d'eau de refroidissement au retour général
vers les machines frigorifiques (3)
 - * température extérieure (3)
 - * froid produit (compteur d'énergie) (1) (3) (4) (y)
 - * consommation électrique (compteur d'électricité) (1) (3) (4)

Référence (x) : ce point ne doit être prévu que lorsqu'il y a plusieurs machines frigorifiques.

Référence (y) : si le compteur de chaleur a des sorties séparées pour les températures mesurées et les débits, ces données sont également à prévoir comme points de mesure analogiques

4.10.1.2. Fonctionnement

Le programme détermine d'abord si la production de froid est nécessaire et possible; à cet effet, il examine si les conditions suivantes sont remplies:

- la température extérieure doit se situer au-dessus d'une certaine limite;
- un programme horaire (voir 4.1.2.) ne peut entraver le fonctionnement (p.ex. le week-end ou la nuit);
- les machines frigorifiques doivent être sous tension pendant un temps suffisamment long;
- le niveau d'eau dans les tours de refroidissement doit être suffisant.

Si ces conditions sont remplies, la production de froid est mise en marche; ceci comprend:

- l'ouverture du robinet motorisé sur le by-pass des tours de refroidissement
- le démarrage d'une pompe d'eau de refroidissement
- le démarrage d'une pompe d'eau glacée
- l'autorisation de fonctionnement de la machine frigorifique correspondante; la régulation du fonctionnement de cette machine se fait via son propre thermostat ou régulation automatique, indépendamment de l'A.R.C.P.

Dès que la température de l'eau de refroidissement est suffisamment élevée (mesurée sur le retour général vers les machines frigorifiques), les robinets d'arrêt motorisés sur les tuyauteries de l'eau de refroidissement vers une tour de refroidissement sont ouverts, et ceux du by-pass fermés. Les ventilateurs de la tour de refroidissement sont commandés (arrêt/petite/grande vitesse) de manière à maintenir une température constante de l'eau de refroidissement.

Le fonctionnement d'une machine frigorifique suivante est autorisé (selon la procédure ci-dessus) lorsque les conditions suivantes sont remplies :

- la température de l'eau glacée se situe au-dessus d'une certaine limite;
- la température extérieure se situe au-dessus d'une certaine limite;
- la machine frigorifique précédente fonctionne depuis suffisamment longtemps à pleine puissance.

Si la différence de température entre le départ et le retour général d'eau glacée se trouve au-dessous d'une certaine limite, une machine frigorifique est arrêtée (le fonctionnement d'au moins une machine reste toujours autorisé). La pompe d'eau glacée correspondante reste en fonctionnement pendant un certain temps pour éviter le gel de l'évaporateur.

Remarques :

- l'ordre dans lequel sont commandées les machines est, au choix de l'utilisateur, fixe (réglable manuellement) ou alterné automatiquement;
- lorsqu'une machine frigorifique (ou l'un de ses accessoires) est en dérangement, une machine suivante est libérée;
- lorsqu'une pompe d'eau de refroidissement est mise en marche ou qu'un robinet est ouvert ou fermé, il n'est pas tenu compte pendant une courte période de l'alarme de manque d'eau dans les tours de refroidissement, ceci pour compenser des variations temporaires de niveau.

4.10.2. Machine frigorifique à condenseur refroidi par air

Voir 4.10.1., mais les points et les actions concernant les tours de refroidissement et le circuit d'eau de refroidissement ne sont pas d'application.

La régulation du condenseur fait partie de la machine frigorifique et est indépendante de l'A.R.C.P

4.10.3. Appareil de refroidissement de type split (multisplit)

Ce programma s'applique à chaque appareil de type split (multisplit).

4.10.3.1. Points

Les points suivants sont prévus.

- Points de mesure logiques

* signal de dérangement de l'unité intérieure et extérieure
du système (multi)split

(1)

4.10.3.2. Fonctionnement

Les points de mesure logiques servent uniquement à la signalisation et l'alarme. La régulation se fait de façon autonome par l'appareil lui-même.

4.11. Ventilation et désenfumage de parking

Ce programme s'applique à chaque ensemble de ventilation de parking, qui réalise ou non également l'évacuation des fumées et de la chaleur du parking selon la NBN S21-208-2.

Ce désenfumage peut être réalisé suivant le principe horizontal ou vertical.

Si l'installation n'assure pas l'évacuation des fumées et de la chaleur, alors les dispositions et points qui concernent cet aspect ne sont pas d'application.

4.11.1. Points

Les points suivants sont prévus :

- Points de mesure logiques
 - * tableau d'alimentation sous tension
 - * tableau de commande sous tension
 - * défaillance alimentation batterie tableau de commande
 - * état circuit de commande des ventilateurs (y) (comprend le contrôle en série des protections contre les surcharges et de l'interrupteur manuel), normal/dérogation (1)
 - * fonctionnement ventilateur (y) (par mesure de la tension sur les bornes), marche/arrêt (1)
 - * détecteur de débit dans conduit ventilateur, marche/arrêt (1) (3) (4)
 - * clapet antiretour, ouvert/non ouvert (1) (4)
 - * clapet antiretour, fermé/non fermé (1) (4)
 - * clapet motorisé, ouvert/non ouvert (1) (4)
 - * clapet motorisé, fermé/non fermé (1) (4)
 - * détection incendie dans zone EFC, normal/alarme (x)
 - * écran de fumée, ouvert/non ouvert (1) (4)
 - * écran de fumée, fermé/non fermé (1) (4)
 - * commutateur à clé dérogation désenfumage, en service/hors service
 - * commutateur dérogation zone EFC, arrêt/automatique/manuel (x)
 - * défaillance centrale de détection incendie, normal/défaillant
 - * premier seuil détection CO, normal/franchi (4)
 - * deuxième seuil détection CO, normal/franchi (4)
 - * troisième seuil détection CO, normal/franchi (4)
 - * quatrième seuil détection CO, normal/franchi (4)
 - * défaillance centrale de détection CO, normal/défaillant
- Points de commande logiques :
 - * fonctionnement ventilateur (y), marche/arrêt (1)
 - * fonctionnement ventilateur (y), petite vitesse/grande vitesse (1) (2)
 - * écran antifumée, ouvert/fermé (1) (4)
 - * clapet motorisé, ouvert/fermé (1) (4)
 - * témoin lumineux (blanc) tension tableau d'alimentation, allumé/éteint
 - * témoin lumineux (blanc) tension tableau de commande, allumé/éteint
 - * témoin lumineux (vert) fonctionnement ventilation, allumé/éteint
 - * témoin lumineux (rouge) défaillance ventilation, allumé/éteint
 - * témoin lumineux (rouge) défaillance centrale de détection incendie, allumé/éteint
 - * témoin lumineux (rouge) détection incendie dans zone EFC, allumé/éteint (x)
 - * témoin lumineux (vert) fonctionnement désenfumage zone EFC, allumé/éteint (x)
 - * témoin lumineux (rouge) défaillance zone EFC, allumé/éteint (x)
 - * témoin lumineux (orange) dérogation zone EFC, allumé/éteint (x)

Remarques :

- Remarque (y) : par ventilateurs il faut comprendre tout ventilateur de pulsion/extraction et accélérateur.
- Référence (x) : un point par zone EFC

4.11.2. Fonctionnement

La ventilation du parking peut s'opérer suivant quatre modes de fonctionnement, par ordre de priorité :

- désenfumage
- fonctionnement suivant détection CO
- fonctionnement suivant horaire
- stand-by

Dès qu'un mode de fonctionnement donné est activé, les modes de fonctionnement inférieurs sont neutralisés.

4.11.2.1. Désenfumage

Ce mode de fonctionnement est activé dès qu'il y a une détection incendie dans l'une des zones EFC ou que le commutateur à clé de la dérogation est enclenché.

En cas de détection incendie, les ventilateurs, clapets, et écrans sont commandés suivant le scénario incendie de la zone EFC concernée.

Chaque ventilateur est mis en marche avec une certaine temporisation par rapport au précédent.

En cas de désenfumage horizontal l'installation démarre 2 minutes après l'activation du scénario incendie.

Les ventilateurs qui ne servent qu'à la ventilation normale sont mis à l'arrêt.

Lorsque le commutateur à clé sur le tableau de commande est enclenché, les commutateurs de dérogation des différentes zones sont opérationnels :

- en position "automatique", la zone sinistrée est désenfumée (en l'absence de détection, les ventilateurs ne sont pas mis en marche)
- en position "manuel", la zone concernée est désenfumée : démarrage des ventilateurs, commande des clapets et écrans selon le cas (prioritaire sur la commande automatique)
- en position "arrêt", les ventilateurs sont arrêtés, s'il n'y a pas désenfumage d'une autre zone.

Fonctionnement des témoins lumineux :

- témoin lumineux (vert) fonctionnement ventilation : s'allume dès qu'un débit d'extraction est détecté (via détecteur de débit ou position du clapet anti-retour) dans le cas où cela constitue un état commandé
- témoin lumineux (rouge) défaillance ventilation : s'allume lorsque
 - o l'état du circuit de commande des ventilateurs n'est pas normal
 - o l'état de fonctionnement ordonné ne correspond pas à la réalité (tension sur les bornes)
 - o aucun débit d'extraction n'est détecté (via détecteur de débit ou position du clapet anti-retour) tandis que le ventilateur correspondant devrait être en marche
 - o un clapet antiretour n'est pas fermé alors que le ventilateur correspondant devrait être à l'arrêt

(cette signalisation est à reporter comme alarme sur la centrale de conduite)

- témoin lumineux (vert) fonctionnement désenfumage zone EFC x : est allumé, lorsqu'il y a détection ou activation manuelle dans la zone concernée, dès que le témoin lumineux vert du fonctionnement de la ventilation s'allume et que les écrans de fumée/clapets anti-retour se trouvent dans la position demandée
- témoin lumineux (rouge) défaillance zone EFC x : est allumé, lorsqu'il y a détection ou activation manuelle dans la zone concernée, dès que le témoin lumineux rouge défaillance ventilation s'allume ou que les écrans de fumée/clapets anti-retour ne se trouvent pas dans la position demandée
- témoin lumineux (orange) dérogation zone EFC x : est allumé lorsque l'interrupteur de dérogation de la zone n'est pas en mode "automatique" ou lorsque la zone objet de la détection n'est pas désenfumée parce qu'une autre zone se trouve en "manuel"
- autres témoins lumineux : fonctionnent conformément à leur dénomination.

4.11.2.2. Fonctionnement sous détection CO

Ce mode de fonctionnement est activé dès qu'un seuil de détection CO est franchi.

En fonction du deuil dépassé, un ou plusieurs ventilateurs sont mis en marche (et, le cas échéant, leurs clapets ouverts).

Lorsque les troisième et quatrième seuils de la détection CO sont franchis, une alarme est donnée à la centrale de conduite.

4.11.2.3. *Fonctionnement suivant horaire*

Ce mode de fonctionnement est activé par un programme horaire, pour autant que la température extérieure ne soit pas inférieure à une valeur minimale réglable.

Deux périodes (pic au matin et pic au soir) sont à programmer par jour, celles-ci peuvent différer pour chaque jour de la semaine.

Dans ce mode un nombre de ventilateurs est mis en marche (et, le cas échéant, leurs clapets ouverts) afin d'obtenir le débit minimal requis.

4.11.2.4. *Standby*

Ce mode de fonctionnement est activé lorsqu'aucun autre mode n'est actif.

Tous les ventilateurs sont à l'arrêt et tous les clapets sont fermés.

5. Dispositions diverses

5.1. *Pose et raccordement*

L'A.R.C.P. est monté dans un tableau électrique séparé, conforme à l'art. C22. par. 4. Ce tableau est placé à côté du tableau électrique desservant les installations régulées et contrôlées par l'A.R.C.P.

Si l'A.R.C.P. n'a pas d'appareil de commande incorporé, il peut être monté dans le tableau électrique des installations, pour autant qu'il n'y ait pas de danger de perturbations par induction. L'appareil de commande indépendant est placé suivant les directives du fonctionnaire dirigeant.

Toutes les parties de l'A.R.C.P. sont réalisées sur cartes ou modules enfichables. Les raccords électriques se font par connecteurs, ce qui permet d'enlever les cartes ou modules sans devoir dévisser ou souder aucun raccord électrique.

Les connecteurs sont reliés à des borniers auxquels sont raccordés tous les câbles entrants ou sortants. A ces borniers sont raccordés d'une part les sondes, servomoteurs e. a. et d'autre part les raccordements au tableau électrique de l'appareillage de commande.

Les raccordements pour la commande des brûleurs, moteurs de pompes et ventilateurs, éléments de chauffage électrique e. a. passent par le tableau électrique desservant ces éléments. Ces raccordements sont effectués de façon à ce que la commande par l'A.R.C.P. ne fonctionne que si le commutateur manuel à trois positions arrêt/automatique/continu (voir art. C22. par. 3. point 1.2.2. et 2.2.2.) du brûleur, moteur etc. desservi se trouve dans la position automatique.

Le cahier spécial des charges peut cependant prescrire que certains moteurs (lorsque le commutateur manuel se trouve dans la position automatique) ou servomoteurs puissent également être commandés avec priorité, sans intervention de l'A.R.C.P. (p.ex. commande par pompiers).

L'A.R.C.P. est alimenté à partir du tableau desservant les installations.

Les sous-stations pour ARCP (voir 2.4.) sont placées de la même manière que les ARCP.

Le placement des modules locaux d'un réseau local et les régulateurs locaux (voir 2.2.5 ci-dessus) est réalisé comme suit :

- dans un local technique : de la même manière que les ARCP
- dans d'autres locaux : dans les tableaux ou coffrets électriques, ou en des endroits facilement accessibles via portillons ou trappes (trémies techniques, faux planchers,...)

- si un seul élément doit être connecté au module (p.ex. clapet coupe-feu), ils peuvent être placés à proximité immédiate de cet élément (dans un coffret) dans les mêmes conditions d'accès que l'élément en question.
- le placement des modules dans les tableaux électriques d'une autre partie (p. ex. Electricité) n'est pas admis.

5.2. Mise en service

La mise en service comprend l'introduction des consignes, périodes d'occupation, limites pour les conditions climatiques et autres choix de programmes selon les besoins de l'occupant.

En outre, les paramètres nécessaires relatifs aux caractéristiques des bâtiments et des installations sont déterminés et introduits. Ensuite, ces valeurs sont corrigées suivant les expériences acquises au cours du fonctionnement de l'A.R.C.P. On réalise une copie, sur unité de mémoire externe (voir 2.1.3.), du contenu complet de toutes les mémoires RAM (comprenant programmes, paramètres, etc.). Cette copie est mise à la disposition de l'administration. En cas de corrections aux programmes ou paramètres, cette copie est actualisée.

5.3. Documentation

L'entrepreneur fournit les documents suivants, en trois exemplaires :

- un manuel d'utilisation succinct

Celui-ci traite de l'introduction des périodes d'occupation et dérogations à celles-ci ainsi que de la demande de données. Les opérations nécessaires sont décrites de façon claire et simple, accompagnées d'exemples, de manière à ce que du personnel non-technique puisse les exécuter.

- un manuel d'utilisation détaillé

Celui-ci traite de toutes les opérations exécutées par l'utilisateur, c.à.d. non seulement la demande de données, l'introduction et le changement des périodes d'occupation, mais également les consignes et alarmes, dérogations manuelles, etc.

- une documentation technique

Celle-ci comprend une description du matériel, de la programmation et des programmes fournis.

- un manuel d'entretien

Celui-ci traite de la vérification du bon fonctionnement de l'appareil et de l'entretien préventif à effectuer.

5.4. Essais

5.4.1. Essais avant la première réception provisoire

Les essais suivants sont effectués, afin de vérifier le fonctionnement correct de l'A.R.C.P. :

- le contrôle du fonctionnement des points de mesure (on utilise le programme 3.2.1.)
- le contrôle du fonctionnement des points de commande. On impose de façon manuelle certains états (programme 3.2.2.)
- le contrôle des alarmes (cela peut se faire par exemple par la coupure de la tension d'alimentation des pompes, brûleurs, etc.)
- le contrôle du comportement de l'A.R.C.P. lors d'une coupure de courant. A cette fin, on coupe la tension d'alimentation

- le contrôle du fonctionnement des programmes horaires (4.1.2.), par exemple par l'introduction de dérogations
- le contrôle du fonctionnement des programmes de régulation. A cette fin, on impose des valeurs fictives pour des valeurs de mesure (p.ex. température extérieure) au moyen du programme 3.2.2., et on vérifie si les régulations réagissent de façon correcte (c.à.d. l'action des brûleurs, robinets modulants clapets d'air, etc.)

Les essais sont effectués par l'entrepreneur, en présence du représentant de l'administration, qui choisit les points, alarmes, régulations à contrôler et qui peut également imposer d'autres contrôles.

5.4.2. Essais préalables à la seconde réception provisoire

Avant la seconde réception provisoire, l'A.R.C.P. subit un essai de fonctionnement. Cet essai est effectué par l'entrepreneur. A cette fin, il fournit temporairement une imprimante à raccorder à l'A.R.C.P. (voir 2.5.), le papier nécessaire, le logiciel et d'autres accessoires.

Pendant cinq jours consécutifs, dont un week-end, les valeurs suivantes sont imprimées chaque demi-heure, pour au moins un circuit de chauffe et un groupe de traitement d'air (s'il en existe) :

- l'heure
- la température extérieure
- la température de l'eau du départ général
- la température de l'eau au départ du circuit (ou température de pulsion du groupe)
- la température intérieure pour le circuit (ou groupe) concerné

Pendant l'essai, le fonctionnaire dirigeant doit pouvoir vérifier à chaque moment les valeurs qui sont déjà imprimées. Après l'essai, les résultats sont transmis au fonctionnaire dirigeant, pour vérifier si les régulations satisfont aux prescriptions du chapitre 4.

Lorsque le délai prévu pour les essais de fonctionnement tombe en dehors de la saison de chauffe, la seconde réception provisoire est accordée suivant les modalités de point 4.3.3.3. des clauses administratives du présent cahier des charges-type. L'entrepreneur doit alors faire l'essai dans l'année qui suit la seconde réception provisoire.

Si une imprimante est incluse dans le marché, elle peut être utilisée pour l'essai de fonctionnement. L'entrepreneur fournit le papier.

5.5. Ecolage

L'entrepreneur assure l'écolage du personnel chargé de la commande des ARCP.

Cet écolage comprend :

- écolage préalable général (au moins un jour) : celui-ci traite de toutes les opérations telles que décrites dans le manuel d'utilisation détaillé (voir 5.3). Cet écolage est donné dans les locaux de l'entrepreneur ou du fabricant du système ; un appareil individuel permettant de s'exercer à l'utilisation est mis à la disposition de chaque personne à former.
- écolage spécifique (au moins un jour) : celui-ci traite des mêmes opérations, mais il est orienté spécifiquement sur la commande de l'installation concernée. Il est dispensé sur place.
- l'écolage après la mise en service (au moins deux demi-journées) : celui-ci comprend une répétition de l'écolage préalable, ainsi que le traitement des problèmes rencontrés.

Le fonctionnaire dirigeant désigne les personnes à former (au moins trois) et définit les dates de l'écolage.

5.6. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive

Jusqu'à la réception définitive l'entrepreneur contrôle régulièrement le fonctionnement des installations; ceci comprend :

- Le contrôle des alarmes, et la prise de mesures pour y remédier à l'avenir
- Donner au pouvoir adjudicateur des conseils pour mieux gérer les installations
- Au fur et à mesure de l'expérience acquise pendant le fonctionnement des installations, les réglages et les paramètres des ARCP et de la centrale de conduite sont adaptés afin de :
 - o mieux aligner le fonctionnement des installations sur les besoins de l'occupant
 - o augmenter le confort
 - o minimaliser la consommation énergétique
 - o minimaliser l'usure des installations

ARTICLE C21. PAR.8. CENTRALE DE CONDUITE POUR A.R.C.P.

1. Introduction

La centrale de conduite assure le contrôle et la commande centralisée des installations équipées d'appareils de régulation et de commande programmable (voir art. C21. par. 7.).

Le but est plus précisément de faciliter la gestion de ces installations :

- permettre à l'exploitant de vérifier à tout moment l'état de fonctionnement des installations techniques (p.ex. consommation, températures)
- détecter et signaler aussi vite que possible les erreurs et dérangements
- conduire les installations techniques de manière à réduire la consommation d'énergie
- faciliter l'entretien

A cette fin, tous les A.R.C.P. du bâtiment ou du complexe sont raccordés à une centrale de conduite. Des A.R.C.P. installés dans d'autres bâtiments peuvent éventuellement aussi être raccordés au moyen de connections internet.

2. Composition

La centrale de conduite se compose des parties suivantes :

- l'unité de calcul et de contrôle
- les mémoires
- les appareils de télétransmission
- l'écran vidéo avec clavier
- l'imprimante
- l'appareillage auxiliaire

Il y a également des possibilités d'extension.

2.1. Unité de calcul et de contrôle

Cette unité exécute tous les calculs et dirige le fonctionnement des mémoires et des appareils périphériques, ainsi que l'échange de données avec les A.R.C.P.

La capacité et la vitesse sont déterminées en fonction de la quantité d'informations à traiter (compte tenu des possibilités d'extension, voir 2.7.) et des performances demandées.

2.2. Mémoires

Il existe deux sortes de mémoires :

- des mémoires électroniques du type ROM ou RAM
- une mémoire constituée de disques magnétiques durs. Les disques sont inamovibles.

Les programmes et paramètres les plus utilisés sont stockés dans les mémoires électroniques. Le constructeur détermine les programmes qui sont stockés en continu dans les mémoires électroniques et ceux qui sont copiés de la mémoire à disque vers la RAM, en cas de besoin.

La capacité de la RAM est déterminée en conséquence.

La mémoire à disque comprend tous les programmes (à l'exception de ceux qui sont dans la ROM), les paramètres qui sont utilisés dans ces programmes ainsi qu'un certain nombre de données statistiques cumulées (p.ex. consommation, durée de fonctionnement, etc.) qui sont demandées dans les programmes d'application. La mémoire à disque contient également tous les programmes et paramètres de chaque A.R.C.P.

L'équipement fourni comprend un appareil permettant de copier sur un support externe toutes les données stockées dans la mémoire à disque, de les conserver comme réserve et de les réintroduire en cas de nécessité.

L'entrepreneur fournit des supports externes de réserve, de capacité suffisante et en nombre suffisant pour pouvoir enregistrer toutes les données et programmes deux fois.

2.3. Appareillage de télétransmission

Celui-ci comprend tous les appareils nécessaires à la communication avec les A.R.C.P.

Le raccordement des A.R.C.P. à la centrale de conduite peut être exécuté en boucle ou en étoile, ou par une combinaison de ces deux formes.

L'organisation de la transmission de données peut se faire de deux façons :

- Intermittente :

La transmission de données a lieu en cas de nécessité, aussi bien à l'initiative de la centrale de conduite (p.ex. pour demander des données) qu'à l'initiative d'un A.R.C.P. (p.ex. pour transmettre une alarme).

- Permanente :

La transmission de données est permanente, contrôlée par la centrale de conduite. Ce mode de transmission n'est pas applicable aux A.R.C.P. qui ne sont pas raccordés de façon permanente à la centrale de conduite (mais p.ex. par une ligne téléphonique commutée).

L'appareillage de télétransmission exécute les tâches suivantes :

- le codage de l'information
- la sélection du destinataire
- la transmission de l'information
- la réception et le décodage de l'information reçue
- la vérification de l'exactitude de l'information reçue

Dans le cas de liaisons à grande distance ou par ligne téléphonique, les modems et autres appareils nécessaires à la transmission, agréés par l'IBPT, sont également fournis.

Au cas où aucune communication n'est plus possible ou que trop de fautes apparaissent, cela est signalé à l'opérateur.

2.4. Ecran vidéo et clavier

L'écran vidéo est du type TFT « flat screen ». La diagonale est de 60 cm au minimum.

Le clavier se compose de touches comportant 96 caractères alphanumériques différents, plus un nombre de touches de contrôle pour l'emploi de l'écran.

Eventuellement, il y a aussi des touches pour l'exécution directe de fonctions ou programmes à programmer par l'utilisateur.

2.5. L'imprimante

L'imprimante a des possibilités graphiques et alphanumériques.

En mode graphique elle peut imprimer des graphiques et des schémas en couleur (mêmes couleurs qu'à l'écran).

Les formats d'impression sont A3 et A4.

Les consommables suivants sont livrés avec l'imprimante :

- 1000 feuilles A4 papier blanc
- 1000 feuilles A3 papier blanc
- Une cartouche d'encre de réserve par couleur.

2.6. Appareillage auxiliaire

2.6.1. Alimentation

La centrale de conduite est alimentée par le réseau électrique.

La centrale doit pouvoir être alimentée par une tension de 230 V -15 % + 10 % avec fréquence de 50 Hz \pm 2 %.

2.6.2. Alimentation de secours

Une batterie est prévue, qui permet à la centrale de conduite de rester en fonctionnement en cas de défaut de l'alimentation par le réseau. L'autonomie minimale est de 15 minutes.

2.6.3. Liaisons externes

Si le raccordement d'un ou plusieurs A.R.C.P. se fait au moyen de lignes téléphoniques commutées, la centrale de conduite sera équipée de l'appareillage nécessaire pour réaliser la transmission de données par ces lignes externes.

En outre, la centrale de conduite est équipée d'une liaison internet, de façon à pouvoir accéder, à distance depuis tout PC commun, aux fonctions qui correspondent au niveau 1, décrites au point 3.1.1. Cet accès doit être possible sans l'installation d'un logiciel spécifique sur ce PC.

2.6.4. Meubles

La centrale de conduite comprend également les meubles dans lesquels sont placés les appareils :

- une table sur laquelle se trouve l'écran vidéo avec le clavier et l'imprimante. Une zone d'écriture libre de 50 x 50 cm doit en outre y être réservée
- des armoires pour l'ordinateur, la mémoire à disque, etc. pourvues des dispositifs de ventilation nécessaires

2.7. Diverses dispositions

2.7.1. Réserve

Le raccordement d'au moins deux A.R.C.P. additionnels à la centrale de conduite doit être possible sans aucune adaptation ou extension.

En outre, il doit être possible de raccorder au moins vingt A.R.C.P. à la centrale de conduite, éventuellement moyennant une extension de l'appareillage de télétransmission et de la mémoire.

2.7.2. Conditions climatiques

La centrale de conduite et tous ses appareils doivent pouvoir fonctionner à une température ambiante de 5 à 40°C, et une humidité relative de 20 à 80 %.

2.8. Performances

Le système répond au moins aux performances ci-dessous :

- intervalle de temps entre un changement d'état et l'affichage complet sur l'écran vidéo, d'une annonce ou d'une alarme à ce sujet : 15 secondes (*)
- intervalle de temps entre la demande de l'état d'un point (fin de l'instruction) et l'affichage sur l'écran vidéo :
 - o si le point est raccordé à un A.R.C.P. qui est relié de façon permanente à la centrale de conduite : 5 s.
 - o si le point est raccordé à un A.R.C.P. qui n'est pas relié de façon permanente à la centrale de conduite : 10 s. (*)

- intervalle de temps entre l'ordre de modification d'un point de commande (fin de l'instruction) et le début de son exécution : 15 s. (*)
- intervalle de temps entre la demande de listes, données etc. (fin de l'instruction) et le début de l'affichage sur l'écran vidéo : 5 s.
- intervalle de temps entre la demande d'un schéma graphique (fin de l'instruction) et l'affichage complet (y compris les valeurs exactes de tous les points) : 15 s.

(*) Dans le cas où le point est raccordé à un A.R.C.P. qui n'est pas relié de façon permanente à la centrale de conduite, ces temps sont comptés à partir du moment où les raccordements nécessaires sont établis.

3. Commande, fonctionnement et programmes de base

3.1. Généralités

3.1.1. Accès au système

L'accès à la programmation et aux fonctions est limité en fonction du niveau de priorité de l'opérateur.

Il y a au moins quatre niveaux de priorité respectivement, pour les opérations suivantes :

1. demande d'information
2. modification des consignes (températures des locaux, heures d'occupation,...) et acceptation des alarmes
3. modification des paramètres, alarmes, etc., verrouillage de points
4. modification des programmes

Chaque priorité englobe les priorités moins élevées. Chaque opérateur a un mot de passe auquel est lié le niveau de priorité.

3.1.2. Adressage

L'adressage des points raccordés aux A.R.C.P. se fait de manière symbolique, c.à.d. que les adresses utilisées par l'opérateur sont totalement indépendantes de la situation réelle des points et peuvent être choisies librement.

L'adresse se compose d'au moins huit caractères alphanumériques, choisis par l'entrepreneur de manière mnémotechnique.

L'adresse peut être modifiée par après par l'opérateur.

A côté des points proprement dits (voir définition à l'art. C21. par. 7.), on peut également adresser de cette manière les "points software". Ce sont des variables qui apparaissent dans les programmes, tels que des combinaisons logiques de points logiques, des combinaisons arithmétiques de points analogiques, résultats de programmes de calcul, etc.

3.1.3. Programmation

La programmation de la centrale de conduite se fait en langage évolué, tel que le fortran, le pascal, le Visual basic, etc. Il doit être possible d'établir de nouveaux programmes, c.à.d. qu'un nombre suffisant d'instructions du langage choisi doit être disponible.

La programmation des A.R.C.P. se fait dans leur propre langage (voir art. C21. par. 7. point 3.1.3.). Cependant ils doivent aussi pouvoir être programmés à partir de la centrale de conduite.

Tous les programmes, à l'exception de ceux fixés sur mémoires ROM, sont stockés dans la mémoire à disque.

3.1.4. Utilisation du système

Pour la commande du système l'opérateur dispose de programmes qui le guident au moyen de menus de telle façon qu'un opérateur non expérimenté puisse l'utiliser.

La possibilité de commande directe existe également. Celle-ci permet à un utilisateur expérimenté d'exécuter certaines fonctions et de demander des données en recourant à un minimum de touches.

Une instruction directe se compose en général de trois parties :

- le nom de l'instruction (cela peut éventuellement être une touche programmée)
- le numéro, adresse ou nom de la fonction, du programme ou du point auquel on veut appliquer l'instruction. La détermination de l'adresse se fait de manière sélective, c.à.d. que si l'adresse se compose de huit caractères, l'opérateur peut p.ex. demander la sélection suivante : "A **** X * 6" ; l'instruction est alors appliquée à tous les points ou fonctions dont l'adresse a comme premier caractère A, comme sixième un X et comme huitième un 6.
- les données qui sont nécessaires à l'instruction (éventuellement également une touche préprogrammée). La plausibilité des données est vérifiée.

Des instructions directes doivent au moins exister pour l'utilisation des programmes de base (voir 3.2.) et pour l'introduction des heures d'occupation.

Le catalogue des instructions directes peut être représenté sur l'écran ou être imprimé.

Toutes les commandes (voir description dans l'art. C21. par. 7.) des A.R.C.P. raccordés sont possibles à partir de la centrale de conduite. Par l'utilisation de l'adressage sélectif, on peut demander des données à (ou envoyer des commandes vers) plusieurs A.R.C.P., au moyen d'une seule instruction.

Chaque utilisation de la commande locale d'un A.R.C.P. (voir l'art. C21. par. 7. point 2.3. et 2.5.) est signalée à l'opérateur de la centrale de conduite.

Les données stockées dans la centrale de conduite sont adaptées en conséquence.

3.1.5. Choix et stockage de données

Toutes les données qui sont nécessaires pour adapter le système (centrale de conduite et A.R.C.P.) à l'installation thermique concernée, telles que :

- les constantes, les caractéristiques des bâtiments ou des installations et les autres données nécessaires au système pour les régulations, l'optimisation, les décisions ou jugements et les statistiques
- les adresses symboliques des points (voir 3.1.2.)
- les annonces et les alarmes (voir 3.2.2. en 3.2.3.)
- les messages, textes, symboles, abréviations utilisés dans les programmes pour la représentation sur l'écran ou pour l'impression
- les schémas des installations thermiques (voir 3.3.)

sont choisies ou rédigées par l'entrepreneur et soumises au fonctionnaire dirigeant pour approbation. Les textes sont rédigés dans le langage du cahier spécial des charges, le cas échéant bilingue. Toutes les données mentionnées ci-dessus sont stockées dans la mémoire à disque. Par une commande simple, elles peuvent être recopiées sur un support externe de réserve (voir 2.2.).

Par après ces données doivent pouvoir être adaptées par l'utilisateur d'une façon conviviale (p.ex. de façon graphique ou via des menus).

3.1.6. Comportement du système dans le cas d'une coupure de courant ou d'un défaut

Lors du retour du réseau, après une coupure de courant qui dure plus longtemps que l'autonomie de l'alimentation de secours, la centrale de conduite reprend automatiquement ses fonctions sans qu'aucune intervention manuelle ne soit nécessaire.

Lorsqu'un A.R.C.P. a perdu le contenu de ses mémoires, suite à une coupure de courant prolongée ou un défaut, la mémoire est automatiquement rechargée à partir de la mémoire à disque de la centrale de conduite après réparation ou retour du réseau.

Chaque défaut d'un A.R.C.P. est immédiatement signalé à l'opérateur de la centrale de conduite.

3.2. Programmes de base

3.2.1. Généralités

Les programmes décrits ci-dessous sont destinés à l'usage général de la centrale de conduite et à l'information de l'opérateur sur l'état des installations contrôlées par le système.

Lorsqu'il est question de l'état d'un point dans les programmes ci-dessous, cela signifie :

- pour les points logiques : l'état du point, indiqué par l'un des mots ou abréviations d'un couple préprogrammé tel que marche/ arrêt, auto/manuel, ouvert/fermé, défaut/normal, etc. ; les couples disponibles doivent être en nombre suffisant
- pour les points analogiques : la valeur du point, ainsi que l'unité dans laquelle cette valeur est exprimée.

3.2.2. Annonce

Une annonce est un message programmé qui apparaît suite à un changement d'état d'une variable logique. Cette variable peut être un point de mesure ou de commande, ou bien tout autre variable logique intervenant dans les programmes, telle que par exemple le dépassement d'un certain seuil d'une variable analogique.

L'annonce comprend :

- l'heure à laquelle elle se produit
- l'adresse du point
- le nouvel état du point
- un message préprogrammé

Elle apparaît sur l'écran vidéo, dans une zone réservée à cet effet, et y demeure jusqu'à ce qu'on ait appuyé, au clavier, sur une touche d'acquiescement spéciale prévue à cette fin. Au cas où plusieurs annonces se présentent simultanément, seule la dernière annonce non acquittée apparaît et elles sont acquittées l'une après l'autre. L'annonce est aussi imprimée mais n'interrompt pas les listings en cours des autres programmes.

L'annonce est supprimée lorsque le point concerné est verrouillé et lorsque le programme qui commande le système auquel appartient le point met ce système à l'arrêt, ceci afin d'éviter lors de l'arrêt par le programme que des annonces insignifiantes se produisent. Elle peut aussi être différée d'un temps réglable de quelques secondes ou minutes.

Une annonce est d'office liée aux variables suivantes :

- le dépassement d'un seuil déterminé sur des mesurages et totalisations, pour autant qu'ils ne soient pas critiques
- les signalisations qui exigent une intervention dans les installations, pour autant que cette intervention ne soit pas urgente (p.ex. l'encrassement des filtres à air)
- les dérogations à la régulation automatique

Il doit être possible pour l'utilisateur de programmer par après de façon simple des annonces supplémentaires. L'espace nécessaire est réservé à cet effet dans la mémoire.

3.2.3. Alarme

Une alarme est similaire à une annonce, mais l'apparition sur l'écran se fait soit en plus grands caractères soit par clignotements, et est accompagnée d'un signal sonore.

Une alarme est d'office liée aux variables logiques suivantes :

- toutes les signalisations de sécurité et de défaut pour autant qu'elles sont transmises à un A.R.C.P. (par ex. sécurité de brûleur, détecteur de débit, protection thermique pour moteur, contrôleur de niveau d'eau, etc.)
- si l'état réel de fonctionnement d'un élément (p.ex. pompe, brûleur, etc.) ne correspond pas avec l'état qui est commandé par un A.R.C.P., pour autant que cet état réel soit connu par l'A.R.C.P. (c.à.d. qu'un point de mesure indépendant doit être ajouté au point de commande afin de relever l'état réel)
- le dépassement d'un seuil critique sur des mesurages

3.2.4. Liste des annonces

Cette liste comprend toutes les annonces qui se sont produites. Chaque jour, cette liste est imprimée à une heure programmable. Ensuite débute une nouvelle liste, c.à.d. que les annonces imprimées sont rayées de la liste. Chaque liste comprend aussi l'indication de la date.

3.2.5. Liste des alarmes

Cette liste est analogue à celle des annonces, avec la différence que les alarmes ne peuvent être rayées de la liste tant que le changement d'état inverse de celui qui a provoqué l'alarme ne s'est pas produit.

Par alarme on indique en plus :

- pour toutes les alarmes : l'heure d'acquiescement
- pour les alarmes de plus d'un jour : date à laquelle elles se sont produites
- pour les alarmes de moins d'un jour : l'heure du changement d'état inverse, s'il s'est déjà produit

3.2.6. Liste des états

Sur ordre de l'opérateur, les états d'un certain nombre de points sont affichés ou imprimés.

La liste comprend la date et l'heure ainsi que par point :

- l'adresse
- l'état
- des indications supplémentaires (le cas échéant), comme "verrouillé", "alarme", "dépassement de limite", etc.

La détermination des points qui sont repris dans la liste, se fait de manière sélective (voir 3.1.4.).

3.2.7. Enregistrement régulier d'états

- a) Pour tous les points de mesure et de commande logiques, l'état est enregistré à chaque changement d'état ; pour tous les points de mesure et de commande analogiques, l'état est enregistré tous les quarts d'heure.
Par point (logique et analogique), les données sont conservées en mémoire, ainsi que les heures d'enregistrement, pendant au moins un an ; après cette période, les données les plus anciennes sont automatiquement effacées, de façon à pouvoir en tout temps disposer des données les plus récentes.
- b) L'opérateur peut également faire enregistrer (p.ex. avec une fréquence différente, ou sur une période plus étendue) à des moments ou intervalles de temps programmés, les états de points à choisir.
- c) Les données enregistrées sous a) et b) peuvent par après être traitées, comme par exemple :
 - classées selon valeur ou moment d'occurrence
 - utilisées pour des calculs
 - représentées sous forme de tableau ou de graphique
 - stockées dans un fichier séparé

3.2.8. Liste des points verrouillés

Cette liste comprend tous les points verrouillés et leur état. Elle est affichée ou imprimée sur ordre de l'opérateur.

3.2.9. Liste des adresses

Cette liste comprend toutes les adresses présentes dans le système.
Elle est affichée ou imprimée sur ordre de l'opérateur.

3.2.10. Calendrier

Ce calendrier indique la date et l'heure. Celles-ci apparaissent toujours au-dessus de l'écran vidéo et sont aussi disponibles pour d'autres programmes. Le programme tient automatiquement compte des heures d'hiver et d'été.

3.2.11. Totalisateur

Ce programme totalise le temps durant lequel des points logiques ont été enclenchés, ainsi que le nombre d'enclenchements. Les points sont indiqués de manière sélective ou individuelle par l'opérateur.

Les résultats du totalisateur apparaissent ou sont imprimés sur ordre de l'opérateur avec mention de la période à laquelle ils ont trait. Le totalisateur travaille en même temps pour plusieurs périodes indépendantes et réglables.

Un seuil réglable est prévu pour chaque point. Le dépassement de celui-ci occasionne une annonce.

3.2.12. Mémorisation des commandes

Ce programme enregistre les n dernières commandes de l'opérateur, où n est un nombre entier au choix de l'utilisateur.

3.3. Commande graphique

La commande normale de la centrale de conduite (c'est à dire les actions qui correspondent aux niveaux de priorité 1, 2 et 3 tels que renseignés au point 3.1.1.) doit également pouvoir être réalisée de façon entièrement graphique; en cliquant sur les représentations graphiques des points ou zones d'un plan ou schéma. Dans ce cas les instructions telles que décrites au point 3.1.4. ne doivent plus être utilisées.

A cette fin, **tous les points** doivent être représentés sur des schémas ou plans graphiques.

Le logiciel afin de créer, de manière simple, des schémas complémentaires ou d'apporter des modifications doit également être livré. Il doit être possible de créer 20% de schémas complémentaires sans qu'une extension de mémoire ne soit nécessaire.

Les vues en plan doivent pouvoir être adaptées de manière simple, par exemple en cas de réaffectation de locaux. A effectuer par exemple en prévoyant pour la partie constructive un lien vers un fichier externe au format dwg, dxf ou dwf.

La représentation du point se compose d'un symbole avec mention de l'état ou de la valeur du point. La représentation du symbole en différentes couleurs suivant que l'élément correspondant est en service ou non (par exemple, pour les brûleurs, pompes, ventilateurs...), ouvert ou fermé (par exemple, pour les clapets), en alarme, etc.

Le fait de cliquer sur le symbole ouvre un menu avec les choix suivants :

- représentation de l'adresse du point
- les éventuelles alarmes associées au point (cf. 3.2.3.)
- représentation de la liste des alarmes (cf. 3.2.5., mais uniquement pour le point concerné)
- les valeurs antérieures de ce point (cf. 3.2.7., représentation tabulaire des points logiques et graphiques pour les points analogiques)
- verrouillage du point (cf. 3.2.2.)
- pour les points de consigne : les programmes horaires et/ou de régulation associés à ce point

4. Programmes d'application

Ce chapitre comprend une description des programmes et fonctions spécifiques aux installations thermiques.

4.1. Registre des consommations

Ce programme totalise la consommation d'énergie (gaz, fuel, électricité) et l'énergie thermique produite (chaud, froid), pour autant que les compteurs nécessaires soient prévus ; cela concerne les chaudières, machines frigorifiques, ventilateurs etc.

S'il n'y a pas de compteurs prévus, la consommation est déterminée à partir du nombre d'heures de fonctionnement des brûleurs et des machines frigorifiques, qui est calculé à l'aide des informations fournies par les A.R.C.P. (voir aussi art. C21. par. 7.)

La totalisation des consommations se fait séparément pour chaque compteur (ou chaque chaufferie et centrale de production de froid, en absence de compteurs), et pour les périodes suivantes :

- Journée :

Les données des 10 derniers jours sont conservées en mémoire.

- Période fixe :

La période commence à une date donnée et possède une durée donnée (c.à.d. un nombre de jours). Après l'écoulement de la période, une nouvelle période de même durée commence le jour suivant (jusqu'à l'introduction d'une nouvelle date de début et de durée). Les données des 60 dernières périodes sont conservées en mémoire.

- Période variable :

La période commence à une date donnée. Si on donne une nouvelle date, la période en cours se termine à cette date, et une nouvelle période commence le jour suivant. On peut introduire 15 dates à l'avance.

Les données des 15 dernières périodes sont conservées en mémoire.

- Mois

Les données mensuelles des 20 dernières années sont conservées en mémoire.

Toutes les valeurs peuvent être appelées par une commande simple. Chaque valeur est accompagnée d'une indication de la période y relative.

4.2. Périodes d'occupation

Toutes les données relatives aux programmes horaires (voir art. C21. par. 7. point 4.1.2.) sont stockées dans les A.R.C.P. concernés et dans la centrale de conduite.

Si on change ces données à partir de la centrale de conduite, ces changements sont automatiquement transmis vers les A.R.C.P. concernés (et inversement).

La programmation des jours sans occupation peut également se faire de façon commune pour tous les circuits ou groupes de traitement d'air de tous les A.R.C.P. raccordés.

On peut cependant attacher une indication à chaque circuit ou groupe, de façon que la programmation commune ne s'applique pas à ce circuit ou groupe (p.ex. pour circuit concierge).

En ce qui concerne l'affichage des données, les possibilités suivantes sont disponibles :

- pour chaque circuit ou groupe de traitement d'air : un tableau qui donne pour chaque jour la période d'occupation, ainsi que les jours de congé
- un tableau qui donne pour chaque circuit ou groupe de traitement d'air les données suivantes :
 - o la période d'occupation du jour actuel
 - o le régime actuel
 - o le moment et la nature des deux dernières commutations de régime

La mention de chaque circuit ou groupe est accompagnée d'une brève indication concernant la nature du circuit ou groupe.

4.3. Fonctionnement cyclique

Ce programme arrête un certain nombre de charges de façon cyclique, afin d'obtenir une limitation soit de la puissance électrique, soit de la consommation.

Le programme ne doit être prévu que s'il est explicitement demandé dans le cahier spécial des charges.

Une mesure de la consommation électrique est nécessaire. A cette fin un compteur, raccordé à un des A.R.C.P. comme point de mesure analogique, doit être prévu dans l'alimentation électrique des installations desservies.

4.3.1. Généralités

Les données suivantes sont déterminées pour chaque charge :

- le niveau de priorité
- le temps d'arrêt maximal
- le temps d'arrêt minimal
- le temps de fonctionnement minimal, avant que la charge puisse être déclenchée à nouveau
- des limites éventuelles (p.ex. température)
- la grandeur physique exprimant la charge (p.ex. puissance électrique)

Ces données sont déterminées par l'entrepreneur et soumises au fonctionnaire dirigeant pour approbation.

Le fonctionnement est le suivant.

Le programme détermine d'abord de quelle quantité la puissance ou la consommation doit être réduite. Ensuite un certain nombre de charges, appartenant au groupe ayant le niveau de priorité le plus bas, sont déclenchées. Si cela s'avère insuffisant, des charges du groupe de priorité suivant sont déclenchées, etc.

Dans chaque groupe, l'ordre de déclenchement est variable, afin de respecter le temps de fonctionnement minimal et le temps d'arrêt maximal. Lorsque la puissance ou la consommation revient suffisamment en-dessous du seuil assigné, les charges ayant le niveau de priorité le plus haut sont à nouveau enclenchées à moins que ceci ne porte la puissance ou la consommation trop haut (ce qui est calculé d'avance).

Si certaines limites (p.ex. la température) sont dépassées, les charges correspondantes sont toujours réenclenchées.

4.3.2. Limitation de la consommation électrique de pointe

Dans ce cas on limite la consommation de pointe, c.à.d. la consommation pendant une période de 15 minutes. La période pendant laquelle la consommation est limitée, est flottante, c.à.d. qu'une nouvelle période est entamée à chaque minute.

Lorsque, au cours d'une période donnée, il apparaît à un certain moment (p.ex. après 5 minutes) que la consommation risque de dépasser le seuil assigné, on réduit légèrement la consommation pendant les minutes restantes de la période. Cela est fait chaque minute pour toutes les périodes en cours. La consommation maximale admise dans la minute suivante est la plus petite de toutes celles qui ont été déterminées pour les différentes périodes en cours, sans dépasser un quinzième de la consommation maximale quart-horaire.

Lorsque, après déclenchement de toutes les charges possibles, la consommation reste trop élevée, une alarme est donnée.

4.3.3. Limitation de la consommation électrique

Dans ce cas une certaine limitation de la consommation électrique est imposée sur une période à choisir. Les charges ne peuvent pas toutes être considérées pour déclenchement par ce programme (p.ex. pas celles qui compensent par après un fonctionnement temporaire à puissance réduite, comme les machines frigorifiques). En outre, pour les groupes de traitement d'air le temps d'arrêt maximal est adapté selon la température dans la zone concernée.

4.3.4. Limitation de la consommation thermique

Dans ce cas, une certaine limitation de la consommation thermique est imposée (chauffage ou refroidissement). Les charges qui compensent par après le déclenchement (par exemple les générateurs) ne peuvent pas être considérées.

La consommation de chaque charge est calculée au moyen de mesures de température.

4.4. Représentation graphique

4.4.1. Schémas

L'entrepreneur élabore des schémas de toutes les installations techniques qui sont raccordées sur les ARCP. Pour chacun des ensembles fonctionnels tels que collecteur, sous-station, groupe de traitement d'air, etc., un schéma individuel est élaboré.

Chaque schéma comprend une représentation graphique claire des éléments de l'installation concernée, avec mention de tous les points de cette installation qui sont raccordés sur un ARCP.

Les points sont représentés comme décrit sous 3.3.

Pour les groupes de traitement d'air, il doit être possible de les démarrer ou de les mettre à l'arrêt de façon prioritaire depuis ce schéma; avec ces commandes, les vannes de régulation, les clapets d'air et coupe-feu du groupe concerné sont également commandés en concordance ; pour les ensembles à débit variable, on peut laisser fonctionner tous les éléments (ventilateurs, unités intermédiaires et

terminales) à leur débit nominal en cliquant sur une case correspondante, ceci afin de pouvoir procéder à des mesures de débit.

Lorsqu'un appareil donné comme une chaudière, une machine de froid, un groupe de traitement d'air, etc. ne fonctionne pas, alors qu'il le devrait, une indication est donnée quant à la cause de la défaillance.

4.4.2. Vues en plan

Une ou plusieurs vues en plan sont établies de chaque étage de tous les bâtiments (/ailes de bâtiment), reprenant le numéro et la fonction des locaux.

Différents modes de représentation peuvent être choisis par l'utilisateur :

- remplissage couleur suivant le circuit de chauffage statique qui dessert les locaux concernés, le cas échéant subdivisé en zones de régulation locale
- remplissage couleur suivant le groupe de traitement d'air qui dessert les locaux concernés, le cas échéant subdivisé en zones de régulation locale
- remplissage couleur suivant le compartimentage incendie ou fumées
- le cas échéant, remplissage couleur suivant le circuit d'éclairage qui dessert les zones concernés
- sans remplissage couleur

Tous les points disséminés dans le bâtiment sont renseignés sur ces plans, notamment sondes de température, régulateurs et vannes de régulation en local, clapets coupe-feu, ventilateurs d'aspiration et pompes en local, commande de l'éclairage, trappes motorisées.

Pour les locaux techniques, les symboles des différents ensembles fonctionnels sont utilisés au lieu des points, en les cliquant, le schéma correspondant comme décrit sous 3.3.2. ci-dessus est obtenu.

Si un remplissage couleur est actif, le cliquer permet également d'obtenir le schéma de l'installation correspondante.

Une fenêtre de navigation distincte permet de changer de bâtiment/étage/zone.

En cas d'alarme incendie, la zone du compartiment en alarme est immédiatement représentée avec remplissage en couleur rouge.

4.5. Programme de commande « incendie »

Ce programme est d'application pour les groupes de traitement d'air et les ventilateurs d'extraction dans les bâtiments où une commande de sécurité des installations de ventilation en cas d'incendie est nécessaire; permettant de commander en priorité les installations de ventilation, en dérogeant à la régulation automatique.

Le programme fonctionne de manière entièrement graphique, c'est-à-dire que tous les ordres et actions sont accomplis sur l'écran avec la souris.

Il est établi une vue en plan schématique de chaque étage, avec représentation des parois, portes et compartiments au feu.

Il y est indiqué:

- par local: le numéro et la nature (bureau, salle de réunion...)
- les compartiments au feu (contours) dans les couleurs suivantes:
blanc = normal, clignotant rouge = alarme
- lorsque l'état des détecteurs d'incendie est transmis individuellement à la centrale de conduite, ces détecteurs sont indiqués dans les couleurs suivantes:
blanc = normal, clignotant rouge = alarme (les détecteurs dont l'état n'est pas transmis à l'A.R.C.P. sont représentés en ligne pointillée)
- les ventilateurs qui desservent les locaux et compartiments concernés, dans une couleur dépendant de l'état de fonctionnement: blanc = arrêt, vert = marche
- les clapets coupe-feu type B, dans les couleurs suivantes: blanc = ouvert, rouge = fermé.

Pour chaque ventilateur ou clapet coupe-feu 2 petites cases marche et arrêt sont prévues; en cliquant sur celles-ci avec la souris, l'état de fonctionnement correspondant est enclenché dans le cas de la marche des ventilateurs, cela se fait avec 100% d'air frais).

Le changement d'étage s'opère en cliquant sur une case correspondante; cette case est rouge clignotant s'il y a une alarme à l'étage concerné. Dès qu'il y a une alarme, le programme de commande incendie démarre automatiquement et l'étage en question est représenté sur l'écran.

Enfin, il y a une case "reset" avec laquelle toutes les dérogations sont annulées et l'installation est commandée à nouveau par la régulation automatique.

Le programme doit être exécuté de telle manière que, même dans le cas d'apparition simultanée d'un nombre maximal d'alarmes, tout continue à fonctionner correctement. Cela fait l'objet d'un test préalable approfondi.

5. Dispositions diverses

5.1. Pose et raccordement

L'alimentation de la centrale de conduite est branchée directement sur un tableau électrique.

Tous les câbles pour la transmission des données sont protégés contre les perturbations des câbles situés à proximité. Le trajet est choisi de telle façon qu'il soit aussi éloigné que possible des sources de perturbation.

Si un câble souterrain est nécessaire pour relier des bâtiments entre eux, ce câble et le mode de placement satisfont aux prescriptions du chapitre B.i. du cahier des charges-type n° 400.B.01.

Le creusement et le remplissage des tranchées fait partie de l'entreprise. Tous les tracés de câbles sont soumis pour approbation au fonctionnaire dirigeant.

5.2. Documentation

L'adjudicataire fournit les documents suivants, en trois exemplaires:

- un manuel d'utilisation

Celui-ci traite de toutes les opérations qui sont normalement exécutées par l'utilisateur, telles que la demande de données, l'introduction et le changement des périodes d'occupation, les consignes et alarmes, dérogations manuelles, etc.

- une documentation technique

Celle-ci comprend une description du matériel, de la programmation et des programmes fournis.

- un manuel d'entretien

Celui-ci traite de la vérification du bon fonctionnement de la centrale de conduite et de l'entretien préventif à effectuer.

5.3. Essais

Avant la première réception provisoire, les essais suivants sont effectués :

- les essais prévus à l'art. C21. par. 7. point 5.4.1., sont effectués à partir de la centrale de conduite
- le contrôle du fonctionnement de l'adressage sélectif, l'affichage des schémas, les listes, etc.
- le contrôle du comportement du système lors d'une coupure de courant ou d'un défaut :
 - o coupure de l'alimentation de la centrale de conduite
 - o coupure d'un câble de transmission de données
 - o coupure de l'alimentation d'un A.R.C.P.

- effacement total des mémoires d'un A.R.C.P. (p.ex. par la déconnection de l'alimentation et de l'alimentation de secours)

La signalisation correcte de ces défauts est vérifiée. Après la réparation, le système complet doit automatiquement reprendre son fonctionnement.

- le contrôle des temps de réaction (voir 2.8.)
- le contrôle du fonctionnement des programmes de base et d'application ; pour le fonctionnement cyclique (si ce programme est exigé), cela se fait par l'imposition d'une limite plus basse pour la consommation

5.4. Ecolage

L'entrepreneur prend à ses frais l'écolage du personnel chargé de l'utilisation de la centrale de conduite.

Cet écolage comprend :

- l'écolage préalable général (au moins trois jours) : celui-ci traite de toutes les opérations telles que décrites dans le manuel d'utilisation (voir 5.2.). Cet écolage est donné dans les locaux de l'entrepreneur ou du fabricant du système; un appareil individuel permettant l'apprentissage de l'utilisation du système est mis à la disposition de chaque personne à écoler ;
- l'écolage spécifique (au moins un jour) : celui-ci traite des mêmes opérations mais il est orienté vers la commande de l'installation concernée. Il est donné sur place;
- l'écolage après la mise en service (au moins quatre demi-journées) : celui-ci comprend une répétition de l'écolage préalable et traite des problèmes qui se sont présentés.

Le fonctionnaire dirigeant désigne les personnes à écoler (au moins trois) et détermine les dates de l'écolage.

5.5. Obligations de l'entrepreneur jusqu'à la réception définitive

Jusqu'à la réception définitive l'entrepreneur contrôle régulièrement le fonctionnement des installations; ceci comprend :

- Le contrôle des alarmes, et la prise de mesures pour y remédier dans l'avenir
- Donner au pouvoir adjudicateur des conseils pour mieux gérer les installations
- Au fur et à mesure de l'expérience acquise pendant le fonctionnement des installations, les réglages et les paramètres des ARCP et de la centrale de conduite sont adaptés afin de :
 - mieux aligner le fonctionnement des installations sur les besoins de l'occupant
 - augmenter le confort
 - minimaliser la consommation énergétique
 - minimaliser l'usure des installations

ARTICLE C22. - APPAREILLAGE ELECTRIQUE

ARTICLE C22. PAR. 1. - MOTEURS

Les moteurs sont des moteurs asynchrones triphasés. Ils satisfont aux prescriptions de la norme NBN C 51-101.

Toutefois, les moteurs monophasés sont admis dans les cas suivants :

- les moteurs qui entraînent des ventilateurs (également pour les brûleurs), pour autant que la puissance du moteur soit inférieure à 0,5 kW et que le ventilateur soit monté de manière fixe sur l'axe du moteur
- les moteurs des circulateurs, pour autant que la puissance hydraulique demandée [= débit (en m³/s) x hauteur manométrique (en Pa)] soit inférieure à 10 W

Les moteurs monophasés sont des moteurs à induction à cage d'écureuil munis d'un dispositif de démarrage automatique ou d'un condensateur raccordé en permanence.

Le rendement des moteurs asynchrones triphasés, déterminé suivant NBN C 51-102 (CEI 34-2) a au moins les valeurs suivantes, à la puissance nominale :

Puissance nominale (kW)	Rendement (%)
0,06	50
0,09	53
0,12	56
0,18	59
0,25	62
0,37	65
0,55	68
0,75	71
1,1	73
1,5	75
2,2	77
3	79
4	81
5,5	83
7,5	85
11	87
15	88
18,5	89
22	90
30	91
37	92
45	93
55	93

75	94
90	94
110	94
≥ 132	95

Le degré de protection minimal, selon la norme NBN C 51-105, est fixé comme suit :

1. Protection IP 11 pour les moteurs des :

- pompes de circulation et circulateurs
- ventilateurs pour les installations de traitement d'air, sauf dans les groupes de traitement d'air comprenant une installation d'humidification, lorsque le moteur se trouve dans le flux d'air
- ventilateurs pour les installations de protection contre l'incendie

s'ils sont installés dans un local fermé.

2. Protection IP 44 pour les moteurs des :

- appareils énumérés sous 1., mais non installés dans un local fermé
- ventilateurs de chaudières
- condenseurs d'air
- tours de refroidissement (IP 55 s'ils se trouvent dans le courant d'air humide)
- pompes de vidange

3. Protection IP 14 pour les moteurs de groupes de traitement d'air comprenant une installation d'humidification, lorsque le moteur du ventilateur se trouve dans le flux d'air.

Les moteurs sont prévus pour un fonctionnement continu. L'isolation est de classe B au minimum, suivant la norme NBN C 51-101.

Le nombre de marques, types et puissances des moteurs d'une fourniture est réduit au minimum, afin de faciliter l'entreposage de moteurs de réserve.

Les prescriptions précitées ne s'appliquent pas aux servomoteurs.

ARTICLE C22. PAR. 3. - PROTECTION, COMMANDE ET SIGNALISATION DES APPAREILS ELECTRIQUES

1. Moteurs

1.0.

Ce paragraphe s'applique à tous les moteurs triphasés.

1.1. Protection

Les moteurs sont protégés par des disjoncteurs munis de déclencheurs à maximum de courant.

Les disjoncteurs et les déclencheurs satisfont à la norme NBN C 63-157.

La tension nominale est de 380 V au moins, la tension nominale d'isolation est de 500 V.

L'intensité nominale est d'au moins 1,2 fois le courant nominal du moteur, avec un minimum de 9 A. Le pouvoir de fermeture et de coupure est déterminé en fonction des caractéristiques de l'installation desservie et des prescriptions de la norme.

Sur chacune des phases ou chacun des pôles du disjoncteur sont placés deux déclencheurs à maximum de courant :

- l'un à fonctionnement instantané (par. ex. électromagnétique), pour la protection contre les courts-circuits. Il est réglable ou réglé pour s'ouvrir lorsque l'intensité atteint entre 8 et 12 fois la valeur de réglage du déclencheur à temps inverse dépendant.
- l'autre, à fonctionnement à temps inverse dépendant (par ex. thermique), pour la protection contre les surcharges. Il est réglable pour s'ouvrir lorsque l'intensité atteint 0,8 à 1 fois l'intensité nominale du moteur. Le retard est suffisant pour permettre le démarrage du moteur sans que l'on doive régler le déclencheur à une intensité qui dépasse l'intensité nominale du moteur.

Les deux déclencheurs peuvent être combinés dans un seul appareil (éventuellement avec le disjoncteur), mais doivent être ou pouvoir être réglés suivant les conditions précitées.

1.2. Commande

1.2.1. Contacteur

La commande des moteurs est assurée par des contacteurs, à commande électromagnétique.

Ceux-ci répondent aux prescriptions de la norme NBN C 63-158. Les grandeurs nominales sont déterminées comme pour les disjoncteurs (voir point 1.1. ci-dessus).

Le disjoncteur et le contacteur peuvent constituer un seul appareil.

Pour les moteurs ayant une puissance inférieure à 1 kW, les disjoncteurs peuvent être remplacés par de petits disjoncteurs selon NBN C 61-141. Dans ce cas, les contacteurs sont munis sur chaque pôle d'un relais à maximum de courant à temps inverse dépendant tel que décrit au point 1.1. ci-avant.

Chaque moteur a son propre circuit d'alimentation avec les appareils de protection et de commande.

Les bobines de commande des appareils sont protégées sur les deux phases par de petits disjoncteurs selon NBN C 61-141. Il est fournis une bobine de réserve pour chaque type d'appareil repris dans la fourniture.

1.2.2. Commande manuelle

Chaque moteur peut être commandé de façon manuelle. La commande manuelle se fait au fronton d'un tableau électrique, par un commutateur multipolaire, propre à chaque moteur.

Ce commutateur possède trois positions : arrêt/automatique (ou distance)/continu.

Ces positions ont les fonctions suivantes :

- arrêt : dans cette position, le moteur est toujours hors tension
- automatique (ou distance) : dans cette position, le fonctionnement du moteur est commandé par une régulation automatique (par ex. : thermostat, horloge à programme, etc.), ou bien le moteur est commandé d'un autre lieu situé à distance
- continu : dans cette position, le moteur fonctionne de façon continue, indépendamment des commandes de la régulation automatique ou de la commande à distance. Toutefois, si certains appareils de sécurité sont prévus (tel que l'interrupteur de sécurité, voir point 1.5.), ceux-ci ont priorité et peuvent arrêter le moteur.

La position automatique (ou distance) ne doit pas être prévue s'il n'y a pas de régulation automatique ou de commande à distance.

S'il y a à proximité du tableau électrique ou du moteur des appareils locaux pour la régulation ou la commande à partir desquelles on peut commander le moteur manuellement et automatiquement (ne pas confondre avec la commande à distance), les positions "automatique" et "continu" sont remplacées par une position unique (marche), qui met sous tension l'ensemble des appareils locaux de réglage et de commande, et le moteur.

Pour les moteurs à deux vitesses, il y a deux positions "continu" : continu petite vitesse et continu grande vitesse.

Si plusieurs possibilités pour la régulation automatique ou la commande sont prévues (par ex. commande normale et commande par pompiers), le cahier spécial des charges détermine l'ordre de priorité entre ces régulations et commandes à distance. En tout cas, ils ne sont actifs que si le commutateur mentionné ci-dessus se trouve dans la position "automatique", et les positions "arrêt" et "continu" ont toujours priorité.

Le cahier spécial des charges peut aussi prescrire qu'un contact supplémentaire soit monté sur le commutateur de façon qu'on puisse surveiller à distance la position du commutateur.

1.3. Démarrage et réglage de la vitesse

Le démarrage direct des moteurs est admis dans la mesure où il n'a pas de conséquences néfastes pour le système d'entraînement et pour le fonctionnement de l'installation électrique. En outre, il y a lieu de satisfaire aux prescriptions du Règlement Technique de l'Union des Exploitations Electriques en Belgique, concernant le courant maximal de démarrage. De toute façon, il est interdit de faire démarrer directement des moteurs d'une puissance supérieure à 20 kW.

Lorsque le moteur ne démarre pas directement, l'on fait usage, soit de démarreurs étoile-triangle avec contacteurs, dans le cas de moteurs à cage d'écureuil, soit de démarreurs à résistances rotoriques dans le cas de moteurs à rotor bobiné. Le choix entre les deux systèmes est fait en fonction de la charge entraînée et des conditions de fonctionnement. Les démarreurs satisfont aux prescriptions de la norme NBN C 63-292 et du chapitre B.b.6. du cahier des charges 400, partie B.01..

Pour la variation de la vitesse de rotation, l'on fait usage de moteurs à plusieurs vitesses. La commutation des pôles se fait au moyen de contacteurs.

Il y a lieu de prendre les précautions nécessaires pour qu'au cours de la commutation des pôles, ou du passage étoile-triangle, l'axe du moteur ne subisse pas de chocs trop violents susceptibles d'endommager la transmission ou la charge entraînée ou d'en réduire la durée de vie.

Si cela s'avère nécessaire ou avantageux, d'autres systèmes de démarrage ou de réglage de la vitesse sont admis.

L'entrepreneur soumet à l'administration, pour approbation, le système qu'il préconise.

L'entrepreneur place également tous les appareils supplémentaires, protections spéciales, etc., suivant les indications du constructeur du système.

1.4. Signalisation

La marche des moteurs est signalée au fronton du tableau de commande par une lampe-témoin verte. Cette lampe doit indiquer la tension aux bornes du moteur et non seulement la fermeture du contacteur.

Si la section des conducteurs du câble de signalisation est inférieure à celle du câble d'alimentation du moteur, le câble de signalisation doit être protégé par un petit disjoncteur multipolaire, placé près du point où le câble de signalisation est raccordé au câble d'alimentation.

Cependant, lorsque le déclenchement par la protection contre les courts-circuits et contre les surcharges, et l'ouverture de l'éventuel interrupteur de sécurité (voir 1.5.), ont également pour suite le déclenchement du contacteur, la signalisation peut se faire par un contact auxiliaire sur le contacteur.

Pour les moteurs d'une puissance supérieure à 1 kW, toute mise en sécurité est signalisée par une lampe-témoin rouge et toute dérogation à la régulation automatique par une lampe-témoin orange.

1.5. Interrupteur de sécurité

Lorsque l'interrupteur de commande sur le tableau n'est pas visible de l'endroit où se trouve le moteur, il est placé, à proximité immédiate du moteur, un interrupteur qui coupe toutes les phases d'alimentation.

Un contact auxiliaire de cet interrupteur signale le déclenchement au moyen d'une lampe-témoin orange (dérogation) sur le tableau de commande.

Lorsque le moteur ne démarre pas directement, l'ouverture de l'interrupteur doit avoir pour conséquence que le démarreur revient dans la position zéro ou un.

2. Autres appareils

2.1. Moteurs monophasés

Les moteurs monophasés sont protégés sur les deux phases par des petits disjoncteurs selon NBN C 61-141.

La tension nominale est de 380 V. Le courant nominal et le pouvoir de coupure sont déterminés en fonction des caractéristiques de l'installation à protéger. Les petits disjoncteurs monopolaires ne sont pas admis.

Les moteurs sont munis d'une protection contre les surcharges. Cependant, celle-ci peut être incorporée dans le moteur. La marche des moteurs est signalée au fronton du tableau de commande par une lampe-témoin verte.

Les prescriptions des points 1.2.2. et 1.5. ci-dessus sont d'application.

2.2. Brûleurs

2.2.1. Protection et commande

Les points précités sont d'application :

- brûleurs à air pulsé, triphasés : 1.1. et 1.2.
- brûleurs à air pulsé, monophasés : 2.1.
- brûleurs atmosphériques : 2.1.

2.2.2. Commande manuelle

La commande manuelle se fait au fronton d'un tableau électrique par un commutateur multipolaire, propre à chaque brûleur. Ce commutateur possède trois positions : arrêt/automatique/continu.

Ces positions ont les fonctions suivantes :

- arrêt : dans cette position, le brûleur est entièrement hors tension (y compris les appareils de sécurité)
- automatique : dans cette position, le fonctionnement du brûleur est commandé par la régulation automatique (par ex. l'aquastat de réglage)
- continu : dans cette position, le brûleur fonctionne de façon continue, indépendamment des commandes de la régulation automatique, mais cependant sous contrôle des divers appareils de sécurité (par ex. l'aquastat de sécurité)

Pour les brûleurs à réglage "tout ou peu", le commutateur possède quatre positions : arrêt/automatique/continu petite flamme/continu grande flamme.

Pour les brûleurs à réglage modulant, le commutateur possède trois positions, et il y a un deuxième commutateur qui permet de régler la modulation dans le cas "continu".

2.2.3. Signalisation

La signalisation se fait au fronton du tableau de commande au moyen des lampes-témoin suivantes :

- blanche : brûleur sous tension (lorsque certains dispositifs de sécurité coupent directement l'alimentation du brûleur, la lampe est raccordée en aval de ces dispositifs)
- verte : brûleur en fonctionnement
- orange : dérogation à la régulation automatique
- rouge : brûleur en dérangement

Pour les brûleurs à réglage "tout ou peu", "modulant", il y a une lampe supplémentaire qui indique le fonctionnement à puissance maximale. Cette lampe n'est cependant pas requise lorsque le brûleur est équipée d'un indicateur de position visible.

Pour les brûleurs à gaz atmosphériques d'un débit calorifique nominal inférieur ou égal à 120 kW, les lampes-témoin rouge et verte ne sont pas exigées au fronton du tableau de commande.

2.3. Servomoteurs

L'alimentation des servomoteurs est protégée par des petits disjoncteurs (cette protection peut être commune pour tous les servomoteurs).

2.4. Appareils aprogrammables

Les horloges à programme et les appareils électroniques programmables sont raccordés avant l'interrupteur général du tableau électrique, de façon qu'ils restent sous tension lors du déclenchement de cet interrupteur.

Un interrupteur général supplémentaire permettant de déclencher tous ces appareils est prévu.

La protection se fait par des petits disjoncteurs (voir 2.1.).

2.5. Autres appareils

2.5.1.

Pour les autres appareils tels que les éléments électriques de chauffe d'une puissance supérieure à 5 kW, les générateurs de vapeur électriques, les appareils à électronique de puissance pour la variation de la vitesse des moteurs, etc., la protection, la commande et la signalisation se font comme il est décrit aux points 1.1., 1.2., 1.4. et 1.5. ci-dessus.

Toutefois, la protection contre les surcharges par un déclencheur à maximum de courant à fonctionnement à temps inverse dépendant ne doit être prévu que si la nature de l'appareil à protéger l'exige.

2.5.2.

Les appareils tels que les éléments électriques de chauffe d'une puissance inférieure à 5 kW, les petits ventilateurs avec commande locale, les adoucisseurs d'eau, les systèmes d'expansion pneumatiques, l'appareillage de mesure et de régulation, etc., sont protégés par de petits disjoncteurs (voir 2.1.).

3. Tableaux électriques

A l'entrée du tableau est placé un interrupteur général tétrapolaire. Si le tableau est raccordé directement au réseau électrique, on place après l'interrupteur général un disjoncteur répondant aux prescriptions du point 1.1. ci-avant, mais sans déclencheur à maximum de courant à fonctionnement à temps inverse dépendant. Il faut également respecter les exigences supplémentaires éventuelles du fournisseur de courant.

La mise sous tension du tableau est signalée par une lampe-témoin blanche sur chaque phase.

Lorsque certains appareils sont raccordés en amont de l'interrupteur général, la mise sous tension de ces appareils est signalée par une lampe-témoin blanche supplémentaire.

Toute sortie vers les moteurs et appareils est protégée comme il est indiqué ci-dessus. Une sortie alimentant un autre tableau est également protégée par un disjoncteur tel que décrit au point 1.1. ci-avant, mais sans déclencheur à maximum de courant à fonctionnement à temps inverse dépendant.

ARTICLE C22. PAR. 4. - TABLEAUX ELECTRIQUES

Les appareils de commande, de protection, de contrôle et de mesure sont montés dans les tableaux ou pupitres de commande. Certains appareils peuvent comporter leur propre tableau. Celui-ci n'est pas soumis aux impositions ci-dessous.

Les dispositifs de commande répondent aux prescriptions de la norme NBN C 63-439.

Le choix entre un tableau et un pupitre est fixé par le cahier spécial des charges. Les tableaux de commande sont du type reposant sur le sol si la hauteur, mesurée du côté extérieur, est de 1,6 m au minimum. Sinon ils sont du type mural.

Les tableaux du type reposant sur le sol et les pupitres répondent aux impositions du paragraphe B.f.2. du cahier des charges 400, partie B.02.. Les tableaux du type mural sont construits selon les prescriptions du par. B.f.5. du cahier des charges 400, partie B.02..

Les tableaux sont pourvus d'un panneau frontal portant les commutateurs manuels, les lampes-témoin et les appareils de mesure. Le hauteur de ce panneau est déterminée suivant le nombre et l'encombrement des appareils. Il est fixé par charnières de manière à s'ouvrir vers le haut, et peut être verrouillé en position ouverte et en position fermée.

Les dispositifs de commande ne sont construits qu'après approbation par l'administration des schémas électriques et des plans de construction détaillés des armoires.

ARTICLE C22. PAR. 5. - CANALISATIONS ELECTRIQUES

1. Types de canalisations

Il est fait usage de câbles VFVB dans la chaufferie, la soute à combustible, les caves et à l'extérieur. Toutefois, pour les brûleurs qui sont livrés précablés; l'utilisation de fil CRVB ou de câble CTMB sous tube métallique du type flexible annelé, dont les bouts sont raccordés dans les entrées de l'appareillage d'une manière fixe et telle que les raccordements soient étanches à l'eau, est admise.

Il est fait usage de câble VVB dans les locaux non cités ci-dessus.

Les canalisations posées dans le sol satisfont aux impositions du chapitre B.i. du cahier des charges-type n° 400, partie B.01.

2. Circuits spéciaux

Les circuits spéciaux sont ceux constitués pour les montages électroniques, pour les signalisations à distance, pour l'indication de température à distance et, en général, pour les montages où l'impédance des circuits joue un rôle primordial.

L'entrepreneur se conforme aux instructions du constructeur des appareils à raccorder. Pour la signalisation à distance, il peut être fait usage de câble à paires multiples type câble de téléphone ou de signalisation, à condition d'opérer à tension de 12,24 ou 36 V.

3. Section des canalisations

Les sections des conducteurs sont déterminées par l'entrepreneur en fonction de l'intensité des appareils raccordés et de la chute de tension qui ne peut dépasser 3 % de la tension au départ.

Néanmoins, la section des conducteurs d'alimentation des moteurs de 0,25 kW et plus ne peut être inférieure à 2,5 mm². La section des conducteurs d'alimentation des autres moteurs et des circuits de commande ne peut être inférieure à 1,5 mm². Toutefois, pour les circuits spéciaux, une section inférieure à 1,5 mm² est admise, le diamètre minimal étant fixé à 0,8 mm.

4. Montage des canalisations

4.1.

Les canalisations sont montées en apparent sauf spécifications contraire du cahier spécial des charges.

4.2.

Chaque câble est placé dans un tube en matière plastique. On entend par là que le câble est glissé dans un tube en matière plastique rigide du type renforcé, d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur du câble; celui-ci doit rester libre dans les courbes et près des appareils.

Les tubes sont suffisamment rigides pour qu'ils ne présentent, après pose, aucun affaissement apparent. Au cas où la rigidité des tubes est contestée, on admet que ces tubes ne présentent pas d'affaissement apparent s'ils satisfont à l'essai suivant : un échantillon de tube contesté d'environ 0,85 m de longueur est placé horizontalement sur deux appuis distants de 0,80 m et chargé au milieu soit d'un poids de 1 kg, soit d'un rouleau de 5 m de câble VVB 3 x 2,5 mm²; l'affaissement ne peut pas être supérieur à 10 mm.

Les extrémités libres des tubes sont soigneusement sciées et ébarbées.

4.3.

Les tubes sont fixés sur des colliers sanitaires en matière plastique, comme décrit au par. B.h.6. du cahier des charges 400 partie B.01, au moins tous les 80 cm, une fixation étant prévue au moins de 10 cm de chaque extrémité.

4.4.

Lorsque plusieurs câbles suivent un même chemin, les tubes supports peuvent être fixés sur rails. Il est alors fait usage de rails en forme d'un U, en fer galvanisé, à ailes repliées vers l'intérieur, disposés perpendiculairement à la direction des câbles et fixés par au moins deux vis.

Les tubes sont fixés par des attaches à écrou curseur pouvant être serrés en un endroit quelconque contre les ailes repliées du rail.

4.5.

Le mode de fixation précité peut être remplacé par une gaine à câble en tôle galvanisée, telle que décrite au par. B.h.10. du cahier des charges n° 400, partie B.01.

Une cloison sépare les conducteurs alimentés en tension inférieure ou égale à 36 V de ceux alimentés en tension supérieure à 36 V.

Les gaines sont dimensionnées pour permettre de poser tous les câbles de façon jointive, avec une réserve à fixer par l'administration, cette réserve ne dépassera toutefois pas 25 % .

Le cas échéant, les tubes de la régulation pneumatique peuvent être placés dans la gaine à câbles, soit dans le compartiment des câbles à tension inférieure ou égale à 36 V, soit dans un compartiment séparé.

Les gaines à câbles ne peuvent perturber la commande d'appareils, tels que robinets, clapets résistant au feu, ... ni la lecture d'indicateurs tels que thermomètres, manomètres, ...

4.6.

Lorsque les câbles ne peuvent être fixés au mur, il doit être fait usage de gaines à câbles telles que décrites ci-avant.

4.7.

Les raccordements des canalisations d'alimentation et de commande des brûleurs permettent d'ouvrir les portes foyères sans déconnecter ces raccordements.

5. Raccordement électrique au tableau

Le raccordement des tableaux principaux au réseau de distribution est à charge de l'administration, mais l'entrepreneur prévoit l'emplacement pour ce raccordement et dans les tableaux le nécessaire afin de pouvoir le réaliser, et ce conformément aux indications du fonctionnaire dirigeant.

ARTICLE C22. PAR. 6. - MISE A LA TERRE

1. Basse et moyenne tension

L'électrode de terre et le raccordement des tableaux principaux à celle-ci (c.à.d. les tableaux dont l'alimentation n'est pas comprise dans l'entreprise) ne font pas partie des entreprises auxquelles s'applique le présent cahier des charges.

Les tableaux secondaires, c.à.d. les tableaux de commande alimentés à partir d'un autre tableau, et les enveloppes métalliques des machines ou appareils électriques, sont mis à la terre par raccordement à la barre de terre du tableau qui les alimente. Ce raccordement satisfait aux prescriptions du Règlement Général sur les installations électriques, entre autres en ce qui concerne le type et la section du conducteur de terre.

La mise à la terre des différentes parties des tableaux électriques se fait suivant les impositions du par. B.h.1.3. du cahier des charges n° 400, partie B.01.

2. Haute tension

Les enveloppes métalliques des appareils électriques des brûleurs sont mises à la terre par raccordement à l'électrode de terre pour basse tension, à moins que celle-ci ait une résistance de dispersion supérieure à 10 ohms. Dans ce cas, les appareils à haute tension sont raccordés à une électrode de terre indépendante.

Si le cahier spécial des charges l'exige, cette électrode de terre est comprise dans l'entreprise. Elle est exécutée suivant les impositions du Règlement Général sur les installations électriques et les prescriptions du cahier des charges n° 400, partie B.01, art. B.k.1. (ces prescriptions pour basse tension sont également d'application pour la haute tension.

Les conducteurs transportant le courant sous haute tension sont isolés au caoutchouc et placés dans des gaines métalliques, tubes en acier ou en fer plombé, mis eux-même soigneusement à la terre.

3. Appareils à courant faible

Les appareils alimentés sous une tension inférieure à 36 V ne doivent pas être mis à la terre, sauf si leur fonctionnement l'exige.

4. Liaisons équipotentiellles

Les canalisations principales de gaz, de chauffage central et de climatisation sont reliées par des conducteurs d'équipotentialité à la borne principale de terre, suivant les impositions du Règlement Général sur les installations électriques.

ARTICLE C23. - APPAREILS DE MESURE ET DE CONTROLE

ARTICLE C23. PAR. 1. - COMPTEUR DE CHALEUR

Le compteur de chaleur est composé des parties suivantes :

1. Sondes de température

Deux sondes sont à prévoir, l'une sur la canalisation de départ, l'autre sur la canalisation de retour.

Elles sont du type à plongeur. La précision des mesures est telle que l'erreur sur la différence de température entre départ et retour soit inférieure à 1 % de la différence nominale.

Cette précision doit être maintenue :

- pour chaque différence de température qui se trouve entre 0 et 150 % de la différence nominale
- pour chaque température qui peut se produire dans le départ et le retour dans les conditions normales de fonctionnement

2. Compteur de débit d'eau

Le compteur de débit est à placer sur la tuyauterie de retour, tenant compte des directives du constructeur (position, tuyauteries droites en amont et en aval, etc.).

Les types suivants sont admis :

- compteur à turbine à plusieurs jets : les jets d'eau provoquent la rotation d'une roue à palettes dont l'axe est perpendiculaire à ces jets
- compteur à hélice (également appelé compteur Woltman) : le flux de l'eau provoque la rotation d'une hélice dont l'axe est confondu avec celui de l'écoulement.

La turbine ou l'hélice est reliée un générateur d'impulsions au moyen d'un couplage magnétique. Le générateur d'impulsions donne une impulsion par unité de volume qui a parcouru le compteur ; il est amovible sans démontage ni vidange du compteur.

La pression maximale admissible est d'au moins 10 bar. Le compteur convient pour une température constante correspondant aux conditions de fonctionnement, avec un minimum de 40° C.

Le compteur est choisi de telle sorte que le débit nominal qui le caractérise soit aussi proche que possible - mais non inférieur - du débit maximum normal circulant dans la canalisation sur laquelle il est raccordé.

La précision des mesures ne peut être inférieure à 2 % dans toute la plage de débit comprise entre 20 et 150 % du débit nominal.

La perte de pression due au compteur ne peut excéder 25.000 Pa, au débit nominal.

3. Intégrateur-totalisateur

Les sondes de température et le compteur d'impulsions sont raccordés à l'intégrateur-totalisateur.

L'intégrateur intègre le produit du débit hydraulique et de la différence de température entre départ et retour. Il est du type entièrement électronique et est alimenté par le réseau électrique.

Le signal de sortie est dirigé vers un totalisateur qui affiche la quantité de chaleur. La lecture s'opère en Gigajoule ou en MWh, avec 6 chiffres, dont éventuellement un ou plusieurs derrière la virgule. Le totalisateur est exécuté de façon que la valeur totalisée est conservée en cas de rupture de l'alimentation ou en cas de défaut.

L'intégrateur-totalisateur est disposé en un endroit permettant la lecture aisée des mesures, de préférence le long d'un mur, à proximité du tableau électrique de l'installation.

Le cahier spécial des charges peut exiger que l'appareil soit équipé :

- d'un affichage des valeurs instantanées de la différence de température, du débit et de la puissance
- d'une sortie pour télétransmission, qui donne une impulsion par unité de chaleur

En plus, le cahier spécial des charges précise le régime de température et le débit du circuit dans lequel le compteur de chaleur doit être installé.

ARTICLE C24. SECURITE INCENDIE

CONTENU

ARTICLE C24. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES.....	3
ARTICLE C24. PAR. 1. CLAPETS COUPE-FEU DE TYPES A ET B.....	5
1. GÉNÉRALITÉS	5
2. APPLICATION	5
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	5
3.1. Construction	5
3.2. Résistance au feu	5
3.3. Type de commande	6
3.4. Dimensions	7
4. MISE EN ŒUVRE.....	7
4.1. Généralités.....	7
4.2. Resserrage	7
4.3. Cas spéciaux	7
4.4. Entretien.....	7
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	8
ARTICLE C24. PAR. 2. CLAPETS COUPE-FEU DE TYPE C.....	9
1. GÉNÉRALITÉS	9
2. APPLICATION	9
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	9
3.1. Construction	9
3.2. Résistance au feu	9
3.3. Type de commande	10
3.4. Dimensions	10
4. MISE EN ŒUVRE.....	10
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	10
ARTICLE C24. PAR. 3. DISPOSITIFS COUPE-FEU POUR CONDUITS D'AIR	11
1. GÉNÉRALITÉS	11
2. APPLICATION	11
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	11
3.1. Construction	11
3.2. Résistance au feu	11
4. MISE EN ŒUVRE.....	12
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	12
ARTICLE C24. PAR. 4. CLAPETS COUPE-FUMEE	13
1. GÉNÉRALITÉS	13
2. APPLICATION	13
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	13
3.1. Construction	13
3.2. Résistance au feu	13
3.3. Commande	14

4. MISE EN ŒUVRE.....	14
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	14
ARTICLE C24. PAR. 5. GRILLES COUPE-FEU.....	15
1. GÉNÉRALITÉS	15
2. APPLICATION	15
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	15
3.1. Construction	15
3.2. Résistance au feu	15
4. MISE EN ŒUVRE.....	15
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	15
ARTICLE C24. PAR. 6. CONDUITS D'AIR RESISTANTS AU FEU.....	16
1. GÉNÉRALITÉS	16
2. APPLICATION	16
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	16
3.1. Construction	16
3.2. Résistance au feu	16
4. MISE EN ŒUVRE.....	16
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	17
ARTICLE C24. PAR. 7. CONDUITS DE DESENFUMAGE.....	18
1. GÉNÉRALITÉS	18
2. APPLICATION	18
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	18
3.1. Construction	18
3.2. Résistance au feu	18
4. MISE EN ŒUVRE.....	19
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	19
ARTICLE C24. PAR. 8. OBTURATION DE TRAVERSEES DE PAROIS RESISTANTES AU FEU ²⁰	
1. GÉNÉRALITÉS	20
2. APPLICATION	20
3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	20
3.1. Solution type	20
3.2. Produits d'obturation	20
4. MISE EN ŒUVRE.....	21
5. DOCUMENTS À INTRODUIRE	21

ARTICLE C24. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN 713-020	Protection contre l'incendie - Comportement au feu des matériaux et éléments de construction - Résistance au feu des éléments de construction (avec erratum)	1968
NBN 713-020/A3	Protection contre l'incendie - Comportement au feu des matériaux et éléments de construction - Résistance au feu des éléments de construction	1994
NBN ISO 8421-5	Protection contre l'incendie - Vocabulaire - Partie 5 : Désenfumage	1992
NBN S 21-208-1	Protection incendie dans les bâtiments - Conception et calcul des installations d'évacuation de fumées et de chaleur (EFC) - Partie 1 : Grands espaces intérieurs non cloisonnés s'étendant sur un niveau	1995
NBN S 21-208-2	Protection incendie dans les bâtiments - Conception des systèmes d'évacuation des fumées et de la chaleur (EFC) des bâtiments de parking intérieurs	2006
NBN EN 12101-3 NBN EN 12101-3/AC	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 3: Spécifications pour les ventilateurs extracteurs de fumées et de chaleur	2002 2005
CEN/TR 12101-4	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 4 : Systèmes SEFCV installés pour l'évacuation de fumées et de chaleur par ventilation	2009
CEN/TR 12101-5	Systèmes de contrôle de fumées et de chaleur Partie 5 : Guide de recommandations fonctionnelles et de calcul pour les systèmes d'exutoires de fumées et de chaleur	2005
NBN EN 12101-6 NBN EN 12101-6/AC	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 6: Spécifications pour les systèmes à différentiel de pression - Kits	2005 2006
NBN EN 12101-7	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 7: Tronçons de conduit de désenfumage	2011
NBN EN 12101-8	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 8: Volets de désenfumage	2011
NBN EN 12101-10 NBN EN 12101-10/AC	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur Partie 10 : Equipement d'alimentation en énergie	2006 2007
NBN EN 1364-1	Essais de résistance au feu des éléments non-porteurs Partie 1 : Murs	1999
NBN EN 1364-2	Essais de résistance au feu des éléments non-porteurs Partie 2 : Plafonds	1999
NBN EN 1634-1	Essais de résistance au feu et d'étanchéité aux fumées des portes, fermetures, fenêtres et éléments de quincailleries – Partie 1 : Essais de résistance au feu des portes, fermetures et fenêtres	2009
NBN EN 1366-1	Essais de résistance au feu des installations techniques Partie 1: Conduits	1999
NBN EN 1366-2	Essais de résistance au feu des installations techniques Partie 2: Clapets résistant au feu	1999
NBN EN 1366-3	Essais de résistance au feu des installations techniques Partie 3 : Calfeutrements de trémies	2009
NBN EN 1366-8	Essai de résistance au feu des installations de service Partie 8: Conduits d'extraction de fumées	2004

Norme	Titre	Date
NBN EN 1366-9	Essai de résistance au feu des installations de service Partie 9 : Conduits d'extraction de fumées relatifs à un seul compartiment	2008
NBN EN 1366-10	Essais de résistance au feu des installations techniques Partie 10: Volets de désenfumage	2011
NBN EN 13501-1+A1	Classement au feu des produits et éléments de construction Partie 1: Classement à partir des données d'essais de réaction au feu	2010
NBN EN 13501-2+A1	Classement au feu des produits et éléments de construction Partie 2: Classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation	2010
NBN EN 13501-3+A1	Classement au feu des produits et éléments de construction Partie 3: Classement utilisant des données d'essais de résistance au feu de produits et éléments utilisés dans des installations d'entretien: Conduits et clapets résistants au feu	2010
NBN EN 13501-4+A1	Classement au feu des produits et éléments de construction Partie 4: Classement à partir des données d'essais de résistance au feu des composants de dispositifs de contrôle de fumée	2010
NBN EN 15650	Ventilation dans les bâtiments - Clapets coupe-feu	2010
ETAG 026-1	Guideline for European Technical Approval of Fire Stopping and Fire Sealing Products Part 1: General	2008
ETAG 026-2	Guideline for European Technical Approval of Fire Stopping and Fire Sealing Products Part 2: Penetration seals	2011
ETAG 026-4	Guideline for European Technical Approval of Fire Stopping and Fire Sealing Products Part 4: Reactive and Mechanical Air Transfer Grilles, (Fire resistant and Cold Smoke Control Fire Resistant Types)	2012
AR du 1994-07-07	Arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire	1994
AR du 2012-07-12	Arrêté royal du 12 juillet 2012 modifiant l'arrêté royal 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire	2012

ARTICLE C24. PAR. 1. CLAPETS COUPE-FEU DE TYPES A ET B

1. Généralités

Le clapet coupe-feu est un dispositif conçu pour empêcher la propagation du feu, généralement placé dans un conduit d'air au droit de son passage d'une paroi résistante au feu.

Le clapet coupe-feu est généralement constitué d'un caisson fixe, dans lequel se trouve une lame pivotante, équipé un dispositif de commande qui provoque le passage de la position ouverte à la position fermée (ou inverse) de la partie mobile du clapet.

Remarque concernant la terminologie : en général et dans la norme NBN EN 15650 on utilise le terme « clapet coupe-feu » ; par contre dans la norme NBN EN 1366-2 et dans l'AR du 1994-07-07 et ses arrêtés modificatifs, on utilise le terme « clapet résistant au feu ». La dénomination « clapet résistant au feu » utilisée dans la norme NBN EN 1366-2 et dans l'AR du 1994-07-07 et ses arrêtés modificatifs doit être considérée comme un « clapet coupe-feu » au sens du présent article.

Remarque concernant les définitions : il est renvoyé aux normes et aux AR mentionnés ci-dessus.

2. Application

Les normes et la réglementation en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion imposent qu'un clapet coupe-feu de résistance au feu équivalente à celle exigée pour la paroi traversée par un conduit d'air soit placé au droit de la traversée de la paroi.

Remarques :

- Les normes et la réglementation en vigueur dépendent de la destination et de l'âge du bâtiment en question ; pour la majorité des bâtiments d'après 1994, il s'agit de l'AR du 1994-07-07 et ses arrêtés modificatifs (la dernière modification importante, qui remplace les autres, date du 2012-07-12)
- Sous certaines conditions, l'AR mentionné ci-dessus permet le passage au travers d'une paroi résistante au feu sans l'utilisation d'un clapet coupe-feu, ou en utilisant d'autres moyens (voir par. 3 et 6)

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des clapets coupe-feu, ainsi que leur type.

En l'absence de ces informations, il faut placer des clapets coupe-feu suivant les impositions des normes et de la réglementation en vigueur.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Le clapet coupe-feu satisfait aux prescriptions de la norme NBN EN 15650 et du point 6.7.4.2 des annexes 2/1, 3/1 et 4/1 de l'AR du 2012-07-12 ; il est obligatoirement soumis au marquage CE selon la NBN EN 15650.

Les prescriptions du point 6.7.4.2 sont toujours d'application, même dans le cas où l'AR du 2012-07-12 n'est pas d'application pour le bâtiment en question, ou lorsque les clapets sont marqués CE.

3.2. Résistance au feu

3.2.1. Classement

La résistance au feu est désignée par le classement suivant NBN EN 13501-3+A1 :

El tt (y i↔o) S

Où:

E = étanchéité au feu

I = isolation thermique

tt = temps pendant lequel les critères d'étanchéité au feu et d'isolation thermique sont satisfaits ;
par exemple 30, 60, 120 min

y = position du clapet, peut être horizontale (h_o) ou verticale (v_e)

$i \leftrightarrow o$ = indication concernant la direction de propagation du feu pour l'application des critères E et

I (peut également être $i \rightarrow o$ ou $i \leftarrow o$)

S = étanchéité aux fumées (pendant le temps tt)

Par exemple, le classement E60 ($v_e i \leftrightarrow o$) indique un clapet qui répond pendant 60 minutes au critère d'étanchéité au feu des deux côtés et dans une position verticale, mais pas aux critères d'isolation thermique et d'étanchéité aux fumées, ni dans une position horizontale.

Les critères de performance pour E, I et S ainsi que les modalités d'essai sont déterminés dans la norme NBN EN 1366-2.

Il est à noter que le classement d'un clapet donné peut dépendre de la paroi dans laquelle il est monté et de la manière dont il y est fixé.

3.2.2. Marquage

Le clapet doit être marqué suivant les prescriptions de la norme NBN EN 15650. Toutefois, puisque le classement d'un clapet donné peut dépendre de la paroi et de la manière de fixation, le marquage ne représente qu'une certaine situation qui ne correspond pas nécessairement avec celle du chantier et ne donne donc pas toujours les vraies aptitudes du clapet.

3.2.3. Exigences

Les clapets coupe-feu doivent toujours répondre au classement EI tt ($h_o v_e i \leftrightarrow o$) S, le temps tt étant spécifié sur les plans ou, en l'absence de ces données, par les normes ou la réglementation en vigueur (par exemple, un clapet mentionné EI 60 sur les plans ou dans le métré doit être classé EI 60 ($h_o v_e i \leftrightarrow o$) S).

3.3. Type de commande

3.3.1. Définitions et application

On distingue deux types de commande (voir AR du 2012-07-12, annexes 2/1, 3/1, 4/1, point 6.7.4.1) :

- Type A : le clapet se ferme automatiquement lorsque la température du flux d'air dépasse une valeur limite déterminée
- Type B : clapet de type A qui peut en outre être fermé par une commande à distance au moyen d'un système à sécurité positive

Note : il existe également des clapets à commande de type C ; ceux-ci sont traités au par. 2.

Le type de commande est spécifié dans les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) ou, en l'absence de ces données, par les normes ou la réglementation en vigueur.

3.3.2. Exigences pour les clapets de type A

Le mécanisme de déclenchement est un fusible thermique fonctionnant à une température de 72°C ; le mécanisme est accessible et peut être essayé de l'extérieur du clapet.

La fermeture du clapet se fait par un système qui ne requiert pas d'énergie extérieure (par exemple un ressort).

Le caisson du clapet comporte à l'extérieur un indicateur de position (ouvert-fermé).

3.3.3. Exigences pour les clapets de type B

Les exigences du point 3.3.2. sont d'application.

Le clapet est pourvu d'un mécanisme de déclenchement supplémentaire pouvant être commandé à distance, à sécurité positive (par exemple un électro-aimant).

En outre, le clapet est équipé de :

- Un servomoteur permettant de rouvrir le clapet après fermeture

- Deux contacts de fin de course pour signaler les trois états suivants :
 - clapet ouvert
 - clapet fermé
 - clapet en position intermédiaire

Les clapets sont essayés pour 10.000 cycles de fermeture/ouverture.

3.4. Dimensions

Les dimensions des clapets coupe-feu renseignées dans les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges, métré) sont les dimensions minimales des clapets (en fait ce sont les dimensions nominales des conduits d'air à équiper de clapets).

Si cela est nécessaire pour satisfaire aux exigences acoustiques, il faut placer un clapet de section brute plus grande que celle du conduit qui s'y raccorde. L'entrepreneur prévoit dans ce cas les pièces spéciales nécessaires pour relier la section clapet coupe-feu aux autres sections de conduits d'air ; le coût supplémentaire de ces pièces spéciales est compris dans le prix des clapets-coupe-feu.

De toute façon, dans les installations où l'indice d'évaluation de bruit toléré dans les locaux est de NR 40 ou moins, et où il n'y a pas de dispositions acoustiques en aval du clapet, la vitesse d'air dans la section libre de passage à hauteur du clapet coupe-feu ne peut en aucun cas dépasser 6 m/s.

4. Mise en œuvre

4.1. Généralités

Les instructions de montage et d'installation du fournisseur des clapets doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique.

Les prescriptions, et les éventuelles exceptions, reprises au point. 6.7.4.3 des annexes 2/1, 3/1 et 4/1 de l'AR du 2012-07-12 sont entièrement d'application.

4.2. Resserrage

Le resserrage est réalisé au moyen de mortier spécifique ; le resserrage au moyen de mousse coupe-feu ou de laine minérale n'est autorisé que dans le cas où les deux conditions suivantes sont remplies :

- cette méthode de resserrage est prévue dans le rapport de classement
- la fixation doit être réalisée de manière à empêcher que le clapet coupe-feu, en cas d'incendie, ne risque d'être arraché de son ancrage par dilatation du conduit

Il doit y avoir suffisamment d'espace entre les clapets eux-mêmes et entre le clapet et un élément de construction afin de pouvoir exécuter le resserrage de manière aisée.

4.3. Cas spéciaux

Pour les clapets placés dans des cloisons légères, il faut placer un cadre renforcé dans la cloison, cadre dans lequel le clapet est fixé.

Pour les clapets placés en dehors d'une paroi, le clapet doit être fixé à des fers profilés qui sont à leur tour fixés à un élément structurel (cloison, sol, plafond) au moyen de tiges filetées ou fers profilés. Ces éléments de suspension doivent être calculés de manière à ne pas excéder une tension de 18 N/mm².

Lorsque la section de passage nécessaire dépasse la section maximale d'un clapet, on peut placer plusieurs clapets en parallèle (montage en batterie) ; ce montage doit être prévu dans le rapport de classement.

4.4. Entretien

Les clapets coupe-feu, notamment les mécanismes de commande et les ouvertures de maintenance, doivent être aisément accessibles pour les travaux de maintenance et de réparation. En cas de

montage dans des gaines techniques, des faux-plafonds ou des faux-planchers, il faut marquer l'emplacement du clapet coupe-feu du côté de l'accès.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Un diagramme avec la perte de pression et le niveau de puissance acoustique du clapet en fonction du débit d'air
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-2
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-3+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 2. CLAPETS COUPE-FEU DE TYPE C

1. Généralités

Le clapet coupe-feu du type C est similaire au clapet coupe-feu décrit au par. 1, mais il est destiné aux installations de désenfumage, notamment pour les chemins d'évacuation dans les bâtiments élevés : les clapets sont normalement fermés, mais en cas d'incendie les clapets du compartiment sinistré s'ouvrent pour permettre la ventilation et l'évacuation des fumées.

Remarque concernant la terminologie : la dénomination « clapet résistant au feu du type C » est utilisée dans l'AR du 1994-07-07 et ses arrêtés modificatifs ; par contre dans la norme NBN EN 12101-8 on utilise le terme « volet de désenfumage multi-compartiments ». Les termes « clapet coupe-feu du type C », « clapet résistant au feu du type C » et « volet de désenfumage multi-compartiments » doivent être considérés comme équivalents.

2. Application

Les normes et la réglementation en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion imposent qu'un clapet coupe-feu de résistance au feu équivalente à celle exigée pour la paroi traversée par un conduit d'air soit placé au droit de la traversée de la paroi.

Pour les bâtiments élevés, l'AR du 2012-07-12 prévoit à son annexe 4/1 que les clapets coupe-feu soient du type C pour les installations de ventilation des chemins d'évacuation.

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des clapets coupe-feu, ainsi que leur type.

En l'absence de ces informations, il faut placer des clapets coupe-feu suivant les impositions des normes et de la réglementation en vigueur.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Le clapet coupe-feu du type C satisfait aux prescriptions de la norme NBN EN 12101-8 et du point 6.7.4.2 des annexes 2/1, 3/1 et 4/1 de l'AR du 2012-07-12 ; il est obligatoirement soumis au marquage CE selon la NBN EN 12101-8.

3.2. Résistance au feu

3.2.1. Classement

La résistance au feu est désignée par le classement suivant NBN EN 12101-8 et NBN EN 13501-4+A1. Ce classement est semblable à celui des clapets coupe-feu décrit au point 3.2.1. du par. 1, mais avec des symboles supplémentaires :

- Position du clapet : peut être h_{ow} (position horizontale dans une paroi), h_{od} (position horizontale dans un conduit), h_{odw} (position horizontale dans un conduit ou dans une paroi), v_{ew} , v_{ed} ou v_{edw} (idem mais en position verticale)
- C : indique le nombre de cycles (ouverture-fermeture) pour lequel le clapet est prévu
- n : indique l'aptitude pour un fonctionnement à une pression négative de n Pa
- AA ou MA : prévu pour commande automatique ou manuelle
- Multi : indique qu'il s'agit d'un volet de désenfumage multi-compartiments

3.2.2. Marquage

Le clapet doit être marqué suivant les prescriptions de la norme NBN EN 12101-8. Toutefois, puisque le classement d'un clapet donné peut dépendre de la paroi et de la manière de fixation, le marquage ne représente qu'une certaine situation qui ne correspond pas nécessairement avec celle du chantier et ne donne donc pas toujours les vraies aptitudes du clapet.

3.2.3. Exigences

Les clapets coupe-feu du type C doivent toujours répondre au classement suivant :

EI 120 ($v_{ew} i \leftrightarrow o$) S 500 C₃₀₀ AA multi

Toutefois, si le clapet est monté en position horizontale ou dans un conduit, il doit également être classé dans la catégorie correspondante.

3.3. Type de commande

3.3.1. Définition

La commande est du type C (voir AR du 2012-07-12, annexe 4/1, point 6.7.4.1) : le clapet est normalement fermé mais peut être ouvert et fermé par une commande à distance au moyen d'un système à sécurité positive.

3.3.2. Exigences

Le clapet est pourvu d'un mécanisme de déclenchement pouvant être une commande à distance, à sécurité positive (par exemple un électro-aimant) en ce qui concerne la position ouverte (attention : aucun mécanisme de déclenchement thermique n'est autorisé !).

Le mécanisme est accessible et peut être essayé de l'extérieur du clapet.

L'ouverture du clapet se fait par un système qui ne requiert pas d'énergie extérieure (par exemple un ressort).

Le caisson du clapet comporte à l'extérieur un indicateur de position (ouvert-fermé).

En outre, le clapet est équipé de :

- Un servomoteur permettant de refermer le clapet après ouverture
- Deux contacts de fin de course pour signaler les trois états suivants :
 - clapet ouvert
 - clapet fermé
 - clapet en position intermédiaire

3.4. Dimensions

Voir par. 1. point 3.4. ; toutefois, lorsque l'installation ne fonctionne qu'en cas d'incendie, les prescriptions concernant l'acoustique ne sont pas d'application.

4. Mise en œuvre

Les prescriptions du par. 1. point 4 sont d'application.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Un diagramme avec la perte de pression et le niveau de puissance acoustique du clapet en fonction du débit d'air
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-2 et NBN EN 1366-10
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-4+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 3. DISPOSITIFS COUPE-FEU POUR CONDUITS D'AIR

1. Généralités

Le dispositif coupe-feu pour conduit d'air a le même but que le clapet coupe-feu décrit au par. 1, sans toutefois répondre aux exigences constructives du clapet coupe-feu mentionnées au point 3 du par. 1. En particulier le déclenchement est opéré uniquement par action thermique, il n'y a pas d'essai de déclenchement manuel possible et le dispositif doit généralement être remplacé une fois qu'il a fonctionné.

2. Application

Les normes et la réglementation en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion imposent qu'un clapet coupe-feu de résistance au feu équivalente à celle exigée pour la paroi traversée par un conduit d'air soit placé au droit de la traversée de la paroi.

Toutefois, l'AR du 2012-07-12 prévoit au point 6.7.3.2.c) de ses annexes 2/1 - 3/1 - 4/1 la possibilité de remplacer le clapet coupe-feu par un autre mécanisme résistant au feu pour autant que la section de la traversée ne soit pas supérieure à 130 cm^2 (ce qui équivaut à un conduit de ϕ 125 mm).

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des dispositifs coupe-feu, ainsi que leurs caractéristiques.

Toutefois, si les documents du marché imposent un clapet coupe-feu à un certain endroit, on ne peut pas le remplacer par un autre dispositif coupe-feu, même s'il est permis par l'AR du 2012-07-12.

Il est également interdit de remplacer un clapet coupe-feu du type C par un autre dispositif coupe-feu à déclenchement thermique.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Les types suivants existent :

- les clapets à papillon : leur fonctionnement est semblable à celui des clapets coupe-feu
- les bouches de ventilation coupe-feu, à placer à l'extrémité d'un conduit d'air circulaire : elles sont constituées d'un disque, retenu à une certaine distance d'un siège par un fusible thermique ; en cas d'incendie, le fusible déclenche et le disque est tiré contre le siège par des ressorts pour assurer l'étanchéité
- les manchons coupe-feu : ils sont constitués d'une enveloppe incluant une pâte intumescente coupe-feu, placée autour d'un élément de conduit en matière plastique ; en cas d'incendie la pâte va s'expanser et obturer le passage
- les grilles coupe-feu, placées dans les conduits d'air : ces grilles sont constituées de lattes à base de produit intumescent

Les grilles coupe-feu sont toutefois interdites dans les conduits d'air, à cause de leur résistance trop élevée au passage d'air (qui crée une importante perte de charge en fonctionnement) et le risque d'entraînement du produit intumescent par le courant d'air en cas d'incendie (par contre elles peuvent être utilisées en dehors des conduits, voir par. 5).

Les appareils doivent être sans entretien.

3.2. Résistance au feu

Pour les clapets à papillon et les bouches de ventilation coupe-feu les prescriptions du par. 1 point 3.2. sont d'application.

Les manchons coupe-feu doivent toujours avoir le classement EI tt suivant NBN EN 13501-2+A1, tt étant identique aux exigences de la paroi traversée. En général tt est spécifié sur les plans ; en l'absence de ces données tt est déterminé par les normes ou la réglementation en vigueur.

4. Mise en œuvre

Les instructions de montage et d'installation du fournisseur des dispositifs doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique. La fixation doit être réalisée de manière à empêcher que le dispositif, en cas d'incendie, ne risque d'être arraché de son ancrage par dilatation du conduit.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Un diagramme avec la perte de pression et le niveau de puissance acoustique du dispositif en fonction du débit d'air
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-2 (clapets et bouches) ou NBN EN 1366-3 (manchons)
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-3+A1 (clapets et bouches) ou NBN EN 13501-2+A1 (manchons)

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 4. CLAPETS COUPE-FUMEE

1. Généralités

Le clapet coupe-fumée est un dispositif généralement placé dans un conduit d'air, par exemple pour contrôler le débit d'air ou de fumée dans une installation d'évacuation de fumée et de chaleur.

Remarque concernant la terminologie : la dénomination « clapet coupe-fumée » est utilisée dans l'AR du 1994-07-07 et ses arrêtés modificatifs ; par contre dans la norme NBN EN 12101-8 on utilise « volet de désenfumage mono-compartment ». D'autres termes existent, par exemple « clapets/registres de fumée » (NBN S 21-208-2).

Tous ces termes doivent être considérés comme équivalents.

Notes :

- le clapet coupe-fumée peut également remplir la fonction de clapet coupe-feu ; dans ce cas le par. 2 est d'application
- le présent article concerne uniquement les applications dans des installations de ventilation, et ne concerne pas d'autres applications telles que par exemple des chaudières et brûleurs.

2. Application

Les clapets coupe-fumée sont utilisés notamment dans les installations d'évacuation de fumée et de chaleur, telles que par exemple décrites dans les normes NBN S 21-208-1 et NBN S 21-208-2.

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des clapets coupe-fumée, ainsi que leur type.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Le clapet coupe-fumée satisfait aux prescriptions de la norme NBN EN 12101-8 ; il est obligatoirement soumis au marquage CE selon la NBN EN 12101-8.

3.2. Résistance au feu

3.2.1. Classement

La résistance au feu est désignée par le classement suivant NBN EN 12101-8 et NBN EN 13501-4+A1. Ce classement est semblable à celui pour les clapets coupe-feu décrit au point 3.2.1. du par. 2, toutefois :

- l'étanchéité au feu est désignée par la classe E₆₀₀
- il n'y a pas de classe d'isolation I
- classe « simple » : indique qu'il s'agit d'un volet de désenfumage mono-compartment

3.2.2. Marquage

Le clapet doit être marqué suivant les prescriptions de la norme NBN EN 12101-8. Toutefois, puisque le classement d'un clapet donné peut dépendre du conduit et de la manière de fixation, le marquage ne représente qu'une certaine situation qui ne correspond pas nécessairement avec celle du chantier et ne donne donc pas toujours les vraies aptitudes du clapet.

3.2.3. Exigences

Sauf indication contraire dans les documents du marché, les clapets coupe-fumée doivent toujours répondre au classement suivant :

E₆₀₀ 60 (h_{od} v_{ed} i↔o) S 500 C₁₀₀₀₀ AA simple

3.3. Commande

Sauf indication contraire dans les documents du marché, le clapet est pourvu d'un servomoteur à deux positions (ouvert-fermé), de façon telle que le clapet ne puisse pas changer de position sans signal de commande.

Le caisson du clapet comporte à l'extérieur un indicateur de position (ouvert-fermé).

En outre, le clapet est équipé de deux contacts de fin de course pour signaler les trois états suivants :

- clapet ouvert
- clapet fermé
- clapet en position intermédiaire

4. Mise en œuvre

Les instructions de montage et d'installation du fournisseur des clapets doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique.

Les clapets, les mécanismes de commande et les ouvertures de maintenance doivent être aisément accessibles pour les travaux de maintenance et de réparation.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Un diagramme avec la perte de pression et le niveau de puissance acoustique du clapet en fonction du débit d'air
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-10
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-4+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 5. GRILLES COUPE-FEU

1. Généralités

Les grilles coupe-feu sont utilisées là où on a besoin d'une ouverture de ventilation dans une paroi pour laquelle une certaine résistance au feu est exigée.

Remarque : bien que la grille assure une fonction de ventilation, elle ne peut pas être raccordée à un système de ventilation (par exemple conduit d'air, ventilateur, ...) ; si cela s'avère quand-même nécessaire, il faut utiliser un clapet coupe-feu (voir par. 1) ou un autre dispositif coupe-feu (voir par. 3).

2. Application

Les normes et la réglementation en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion imposent que les traversées des parois ne peuvent pas altérer leur résistance au feu exigé.

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des grilles coupe-feu, ainsi que leurs caractéristiques.

En l'absence de ces informations, il faut placer des grilles coupe-feu suivant les impositions des normes et de la réglementation en vigueur.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

La grille est constituée d'un châssis, de lattes horizontales et d'un châssis de finition :

- Le châssis est composé de profilés verticaux et horizontaux à base de produit intumescent.
- Les lattes intermédiaires sont composées de produit intumescent et sont reliées entre elles à l'aide de barres. Des douilles d'écartement entre les lattes sont prévues au droit des barres.
- Le châssis de finition est essentiellement esthétique. La nature du matériau de finition et la couleur sont décrites dans les documents du marché.
- Les produits intumescents sont protégés contre les altérations dues à l'environnement (e.a. humidité, température, UV)

3.2. Résistance au feu

Les grilles coupe-feu doivent toujours avoir le classement EI tt suivant NBN EN 13501-2+A1, tt étant identique aux exigences de la paroi traversée. En général tt est spécifié sur les plans ; en l'absence de ces données tt est déterminé par les normes ou la réglementation en vigueur.

4. Mise en œuvre

Les instructions de montage et d'installation du fournisseur des grilles coupe-feu doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1364-1, NBN EN 1364-2 et NBN EN 1634-1
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-2+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 6. CONDUITS D'AIR RESISTANTS AU FEU

1. Généralités

Les conduits d'air résistants au feu sont des conduits d'air dont les parois et les moyens de fixation présentent un certain degré de résistance au feu.

2. Application

L'utilisation d'un conduit d'air résistant au feu permet de traverser une paroi résistante au feu sans faire appel à un clapet coupe-feu (AR du 2012-07-12, annexes 2/1, 3/1, 4/1, point 6.7.3.2.b).

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des conduits d'air résistants au feu, ainsi que leurs caractéristiques.

En l'absence de ces informations, il faut placer des conduits d'air résistants au feu suivant les impositions des normes et de la réglementation en vigueur.

Remarque : les conduits d'air résistants au feu ne sont pas aptes à être utilisés tels quels pour des installations d'évacuation de fumée et de chaleur ; pour cette application des exigences supplémentaires doivent être respectées, voir par. 7.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Les conduits d'air résistants au feu peuvent être constitués comme suit :

- Soit des conduits fabriqués en un matériau qui constitue en même temps la paroi du conduit et sa protection au feu (conduit autoportant)
- Soit des conduits métalliques répondant aux exigences de l'article C14, autour desquels est appliquée une protection au feu.

Les conduits autoportants sont fabriqués à partir des matériaux suivants :

- plaques autoclavées à base de silicates d'une densité minimale de 500kg/m³

Les protections des conduits métalliques sont fabriquées à partir des matériaux suivants :

- plaques autoclavées à base de silicates d'une densité minimale de 500kg/m³
- panneaux rigides constitués de laine de roche haute densité revêtue sur une face d'une feuille d'aluminium renforcée de fibre de verre
- enduit projeté à base de silicates; l'enduit est exempt de fibres et pourvu d'une armature

Les éléments de raccords et autres éléments constitutifs des conduits ou des protections sont constitués de matériaux de même nature et sont ceux préconisés par le fabricant du système.

3.2. Résistance au feu

La résistance au feu est désignée par le classement suivant NBN EN 13501-3+A1 comme pour les clapets coupe-feu (voir par.1 point 3.2.1.) ; les conduits d'air résistants au feu doivent toujours avoir le classement EI tt (h_o v_e i↔o) S, tt étant identique aux exigences de la paroi traversée. En général tt est spécifié sur les plans ; en l'absence de ces données tt est déterminé par les normes ou la réglementation en vigueur.

4. Mise en œuvre

Les instructions de montage et d'installation du fournisseur des conduits et des protections doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique.

Exigences et caractéristiques complémentaires :

- Les conduits verticaux sont soutenus à chaque étage, au moins tous les 5m et pour autant que les limites de flambage au sens de la norme NBN EN 1366-1 soient respectées
- Les conduits horizontaux sont suspendus à l'aide de tiges filetées et de profilés en acier
Les dimensions des dispositifs de suspension doivent être telles que les contraintes calculées ne dépassent pas les valeurs données dans le tableau ci-dessous :

Type de charge	Contrainte maximale (N/mm ²)	
	t ≤ 60 min	60 min < t ≤ 120 min
Effort de traction dans tous les éléments orientés verticalement	9	6
Effort de cisaillement sur les vis, boulons et goujons de la classe de propriété 4.6 suivant NBN EN ISO 898	15	10

- La charge par point d'ancrage est de maximum 500N. Dans les parois massives, les ancrages sont réalisés à l'aide de chevilles à expansion en métal qui sont fixées à une profondeur d'au moins 60 mm
- La distance entre dispositifs de suspension utilisés dans la configuration d'essai ne peut être dépassée
- Si des dispositifs de suspension sont prévus à hauteur de chaque raccord entre éléments de conduit lors des essais, il faut également les prévoir de la même façon sur site
- La distance entre le conduit et les suspentes est inférieure à 50 mm

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-1
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-3+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 7. CONDUITS DE DESENFUMAGE

1. Généralités

Les conduits de désenfumage sont des conduits d'air destinés à véhiculer l'air extrait dans une installation d'évacuation de fumée et de chaleur.

Il existe deux sortes de conduits de désenfumage :

- Les conduits de désenfumage pour compartiment simple : ces conduits résistent à une certaine température
- Les conduits de désenfumage pour compartiments multiples : les parois de ces conduits présentent en plus un certain degré de résistance au feu (étanchéité et isolation) ; ces conduits sont semblables aux conduits d'air résistants au feu suivant le par. 6, mais ils ont subi un essai supplémentaire

Remarque concernant la terminologie : la dénomination « conduit de désenfumage » est utilisée dans la norme NBN EN 12101-7; par contre dans la norme NBN EN 1366-8 et -9 on utilise le terme « conduit d'extraction de fumées ». D'autres termes existent, par exemple « contrôle de fumée » (NBN EN 13501-4+A1).

Tous ces termes doivent être considérés comme équivalents.

2. Application

Les conduits de désenfumage sont utilisés dans les installations d'évacuation de fumée et de chaleur, telles que par exemple décrites dans les normes NBN S 21-208-1 et NBN S 21-208-2.

Les conduits dans l'espace désenfumé même sont des conduits de désenfumage pour compartiment simple ; par contre là où les conduits traversent un autre compartiment au feu, il faut utiliser des conduits de désenfumage pour compartiments multiples.

En pratique, les documents du marché (plans détaillés, cahier spécial des charges) précisent l'emplacement des conduits de désenfumage, ainsi que leurs caractéristiques.

En l'absence de ces informations, il faut placer des conduits de désenfumage suivant les impositions des normes et de la réglementation en vigueur.

Remarque : les conduits de désenfumage sont uniquement prévus pour les installations de ventilation, pas pour d'autres applications telles que par exemple l'évacuation des fumées des chaudières.

3. Exigences constructives

3.1. Construction

Les conduits de désenfumage satisfont aux prescriptions de la norme NBN EN 12101-7 ; ces exigences concernent non seulement les tronçons de conduits, mais également tous les accessoires tels que supports, joints, panneaux d'accès, aubes directrices, compensateurs etc.

3.2. Résistance au feu

La résistance au feu est désignée par le classement suivant NBN EN 13501-4+A1 comme pour les clapets coupe-fumée (voir par. 4 point 3.2.1.).

Sauf indication contraire dans les documents du marché, les conduits de désenfumage doivent toujours répondre au classement suivant :

- conduits de désenfumage pour compartiment simple : E₆₀₀ 60 (h_o v_e) S 500
- conduits de désenfumage pour compartiments multiples : EI tt (h_o v_e) S 500, tt étant identique aux exigences de la paroi traversée, avec un minimum de 60 min. En général tt est spécifié sur les plans ; en l'absence de ces données tt est déterminé par les normes ou la réglementation en vigueur.

Chaque tronçon de conduit est marqué CE suivant la norme NBN EN 12101-7.

4. Mise en œuvre

Les prescriptions du par. 6. point 4 sont d'application.

5. Documents à introduire

L'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-8 (compartiment simple) ou NBN EN 1366-9 (compartiments multiples)
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-4+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions de montage que sur le chantier.

ARTICLE C24. PAR. 8. OBTURATION DE TRAVERSEES DE PAROIS RESISTANTES AU FEU

1. Généralités

Le présent paragraphe traite de l'obturation de traversées des parois résistantes au feu ; il s'agit des traversées pour conduites de fluides et d'électricité, à l'exception de conduites de ventilation qui sont traitées dans les paragraphes précédents.

2. Application

Les traversées d'un élément de construction par des conduites de fluides ou d'électricité ne peuvent altérer le degré de résistance au feu exigé pour cet élément (AR du 2012-07-12, annexes 2/1, 3/1, 4/1, point 3.1).

A cette fin toutes les obturations des traversées doivent avoir le même degré de résistance au feu que celui exigé pour les parois en question.

Cette disposition est d'application à toutes les parois dans tous les bâtiments, même dans le cas où l'AR du 2012-07-12 n'est pas d'application au bâtiment en question.

3. Exigences constructives

Deux solutions existent pour obturer les traversées selon les exigences du point 2.:

- l'utilisation d'une solution-type
- l'utilisation d'un produit ou système d'obturation spécifique

3.1. Solution type

Les solutions-type peuvent être utilisées lorsque les deux conditions suivantes sont remplies :

- le diamètre est inférieur ou égal à 50 mm pour les conduites combustibles et les câbles électriques, ou inférieur ou égal à 160 mm pour les conduites incombustibles
- la distance minimale entre deux conduites ou câbles quelconques est au moins égale au plus grand diamètre des deux conduites (y compris l'isolation combustible éventuelle) ou câbles

Les solutions-type satisfont aux prescriptions des points 1.6 et 1.7 de l'annexe 7 de l'AR du 2012-07-12.

3.2. Produits d'obturation

Il s'agit d'un produit ou système appliqué autour de la (ou des) conduite(s) au lieu de la traversée et/ou sur une certaine longueur d'un ou des deux côté(s) de la traversée.

En principe, l'ensemble traversée/conduite(s)/produit doit présenter le même EI tt que celui exigé pour la paroi en question.

Toutefois il y a deux exceptions (points 1.3 et 1.4 de l'annexe 7 de l'AR du 2012-07-12):

1. Le critère d'isolation « I » peut être négligé lorsque les trois conditions suivantes sont remplies :
 - le diamètre de la conduite est inférieur ou égal à 160 mm
 - l'isolation éventuelle est en matériau incombustible (classé A2-s1,d0 suivant NBN EN 13501-1)
 - la distance minimale entre deux conduites ou câbles quelconques est au moins égale au plus grand diamètre des deux conduites (sans l'isolation incombustible éventuelle) ou câblesExemple : dans une paroi EI60 la traversée peut alors être E60.

2. Pour la paroi d'une gaine, la durée requise de résistance de la traversée peut être la moitié de la résistance au feu exigé pour la paroi, avec un minimum de 30 minutes.
Exemple : dans une paroi de gaine EI60 la traversée peut être EI30.

4. Mise en œuvre

Dans le cas de la solution-type : les prescriptions des points 1.6 et 1.7 de l'annexe 7 de l'AR du 2012-07-12 sont d'application.

En cas d'utilisation d'un produit d'obturation spécifique : les instructions d'application du fournisseur des produits doivent être respectées. Elles accompagnent le produit et sont à transmettre en accompagnement de la fiche technique.

5. Documents à introduire

Dans le cas de la solution-type : l'entrepreneur fournit une description de l'exécution (type/diamètre/distance des conduits et fourreaux éventuels, profondeur/matériau d'obturation).

En cas d'utilisation d'un produit d'obturation spécifique, l'entrepreneur fournit les documents suivants :

- La documentation technique et la déclaration des performances
- Le rapport d'essai suivant NBN EN 1366-3
- Le rapport de classement au feu suivant NBN EN 13501-2+A1

L'essai et le classement doivent être réalisés dans les mêmes conditions d'utilisation que sur le chantier.

ARTICLE C39. - TRAVAUX ANNEXES

Les travaux annexes suivants sont à charges de l'entrepreneur :

1. La construction des socles pour les chaudières, les unités de production de froid, les pompes, les unités de traitement d'air, etc..
2. Les percements , entailles, etc., à travers les murs, plafonds, planchers, hourdis, cloisons, etc., nécessités par le placement des tuyauteries, conduits, corps de chauffe, supports, etc., y compris le resserrement, la réfection et la restauration aussi parfaite que possible de ces percements par des ouvriers qualifiés spécialistes dans le genre d'ouvrage que la remise en état comporte. Cette restauration comprend la remise en parfait état des maçonneries, pavements, enduits, peintures, tapisseries, etc., détériorés au cours de l'exécution de l'entreprise de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air.

Les matériaux à employer pour ces restaurations sont, dans la limite des possibilités, de mêmes nature et qualité que ceux des parties intactes.

L'entrepreneur se conforme à ce sujet aux instructions données par l'administration, qui reste seule juge des compléments de restauration à effectuer.

3. Le scellement des consoles, socles, colliers, supports, attaches diverses, ainsi que la restauration parfaite des encoches et trous de scellement.

L'entrepreneur a à sa charge tous les frais, quels qu'ils soient, que nécessite l'introduction du matériel dans les locaux où il doit être placé : construction de certaines pièces encombrantes en plusieurs parties à assembler sur place, percement de baies et de trous de passage autres que ceux prévus aux plans et fermeture de ces baies ou trous, etc.. Aucun supplément ne sera admis de ce chef.

ARTICLE C40. - PROTECTION DES METAUX CONTRE LA CORROSION

Le présent article traite des divers modes de protection des métaux contre la corrosion. En outre, il impose des performances aux métaux qui se protègent eux-mêmes contre l'action corrosive de leur environnement par le moyen d'une couche d'autoprotection. Pour l'acier, les problèmes inhérents à l'usinage mécanique sont également examinés. Il est, de surcroît, prêté attention à la corrosion bimétallique.

Les conditions de qualité s'entendent pour le chauffage central et le conditionnement d'air. Elles peuvent aussi être utilisées, moyennant quelques adaptations, pour tous autres travaux anti-corrosion, dans le secteur du bâtiment.

ARTICLE C40. PAR. 1. - DEFINITIONS

1. Acier

L'acier se corrode dès que l'humidité relative est supérieure à 60%. C'est pourquoi il doit être protégé contre la corrosion par une couche de métal, de peinture ou d'un enduit.

2. Acier nu

L'acier nu est un acier sans aucune protection contre la corrosion. L'usage d'un tel acier n'est pas autorisé.

3. Acier revêtu d'un métal

L'acier revêtu d'un métal est un acier qui est protégé de la corrosion par une couche métallique supplémentaire.

Suivant le type de cette dernière, il est parlé d'acier "zingué", "aluminé", "étamé", "chromé", etc..

La couche de métal est "pure" ou constituée d'un alliage. Dans ce dernier cas, c'est le nom de l'élément de base qui est utilisé. L'acier zingué est donc un acier qui est protégé contre la formation de rouille par une couche de métal contenant du zinc, soit comme élément unique, soit en tant qu'élément de base.

Lorsqu'il s'agit d'un alliage, sa composition est toujours indiquée.

Note 1 :

Dans le cadre d'une norme, les mots "zingué", "aluminé", etc., ne sont pas nécessairement à prendre au sens large du terme tel que défini ci-dessus. Si donc, dans le présent cahier des charges-type ou dans le cahier spécial des charges, un revêtement est décrit en se référant à une norme, il est possible que certains alliages, si non tous, soient exclus par cette norme.

Note 2 :

Pour l'acier zingué, une terminologie a été mise au point afin d'empêcher que le client ne parle une autre langue que le fournisseur. (*)

Cette terminologie est reproduite ci-après :

1. Galvanisation à chaud et galvanisation à façon

Ces deux termes définissent le procédé de zingage qui est visé dans la norme NBN I 07-001.

Pour désigner ce procédé, il est également fait usage des termes suivants, d'où ne sauraient toutefois s'ensuivre que confusion et quiproquos.

Termes à proscrire :

Galvaniser au bain, galvaniser, zinguer

2. Galvanisation en continu et galvanisation Zendzimir

Ces termes désignent le même procédé que le précédent, mais cette fois la galvanisation ne se fait plus sur pièces séparés, mais d'une façon continue, sur de l'acier feuillard.

Il y a lieu de relever que la galvanisation "Zendzimir" vise un procédé dont la couche, unique, n'a que 25 micromètres environ d'épaisseur.

Termes à proscrire :

Galvanisation en bande, galvanisation de tôle

3. Galvanisation électrolytique

Ce procédé se caractérise par le fait que le dépôt du zinc est assuré par un courant électrique.

Termes à proscrire :

Zinguer, galvaniser

4. Métallisation au zinc et projection de zinc

Est visé, en l'occurrence, le procédé de zingage qui est défini dans la norme NBN 755.

Termes à proscrire :

Zinguer, galvaniser

(*) Cette terminologie est empruntée à PROGALVA, association belge pour la promotion de la galvanisation à chaud.

5. Peinture riche en zinc

L'utilisation de peinture d'une haute teneur en poussière ou poudre de zinc rentre déjà dans le domaine des peintures. Toutefois, il arrive assez souvent qu'on la désigne erronément par le terme "zingage".

Termes à proscrire :

Zingage à froid, galvanisation à froid

4. Acier peint et acier revêtu d'un métal et peint

Un acier nu auquel a été ajoutée une protection anti-corrosion, sous forme de couche de peinture ou de film organique est appelé "acier peint" lorsque cette protection est appliquée sur un produit fin.

L'acier revêtu d'un métal et peint est un acier revêtu d'un métal, qui a été traité de la même façon.

En conformité avec les indications données ci-avant, nous employons le terme "acier peint" pour l' "acier nu protégé par une peinture". Pour les aciers revêtus d'un métal, qui, en sus, sont peints, le terme "revêtu d'un métal" ou, le cas échéant, le terme qui indique le type de revêtement est intercalé dans l'appellation, comme, par exemple, dans "acier zingué peint".

L'ensemble formé par un acier zingué (quel que soit le procédé utilisé) et une peinture est également appelée Système Duplex.

5. Acier revêtu d'un coating

Un acier nu auquel a été ajoutée une protection anti-corrosion, sous forme de couche de peinture ou de film organique, est appelé "acier revêtu d'un coating" lorsque cette protection est appliquée en continu, sur la tôle, avant tout autre traitement.

L'acier revêtu d'un métal et d'un coating est un acier revêtu d'un métal, qui a été traité de la même façon.

6. Acier inoxydable

L'acier inoxydable est une sorte d'acier présentant une résistance accrue à la corrosion due à la présence d'additifs parmi lesquels au moins 12 % de chrome.

7. Fonction représentative

Dans le cadre du présent article, doit être considéré comme bâtiment ayant à remplir une fonction (particulièrement) représentative, tout bâtiment ou partie de bâtiment dont il est fait usage, en ordre principal, pour y organiser des réceptions et réunions de haut niveau.

Le cahier spécial des charges mentionne explicitement si ces conditions sont remplies.

8. Climat

Par climat, il faut, dans le présent article, entendre : "Les conditions dans lesquelles l'appareil fonctionne normalement".

8.1. Climat intérieur

Le climat intérieur se présente dans le cas où l'appareil ou l'installation est logé à l'intérieur d'un bâtiment fermé ou d'une partie close d'un bâtiment.

8.2. Climat extérieur

Une installation fonctionne en climat extérieur si elle est située en dehors, d'un bâtiment ou dans les limites d'un espace non clos.

Pour les besoins du présent article, il est tenu compte des zones climatiques suivantes.

8.2.1. Zone côtière

C'est une portion de territoire qui s'étend vers l'intérieur du pays le long de la ligne de côte, sur une largeur de 5 km.

8.2.2. Zone de pollution industrielle

Il s'agit d'une zone qui ne fait partie ni de la zone côtière, ni de la zone rurale, et où les concentrations moyennes de SO₂ mesurées atteignent les valeurs indiquées ci-après.

Les concentrations moyennes citées sont les médianes de toutes les valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année. Le percentile 98 est basé sur toutes les valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année.

8.2.2.1. Modérément pollué

La concentration moyenne de SO₂ sur l'année est inférieure à 40 microgrammes/m³.

8.2.2.2. Pollué

La concentration moyenne de SO₂ est comprise entre 40 et 120 microgrammes/m³, et le percentile 98 reste inférieure à 350 microgram/m³.

8.2.2.3. Fortement pollué

La concentration moyenne de SO₂ est supérieure à 120 microgrammes/m³ et le percentile 98 dépasse le 350 microgrammes/m³.

En outre, une zone est toujours fortement polluée par l'industrie si la concentration en ions de chlore ou en ions chlorés excède 20 microgrammes/m³.

8.2.3. Zone rurale

C'est une zone où il n'existe pas de concentration mesurable d'ions chlorés, et une concentration en SO₂ inférieure à 20 microgrammes/m³.

8.3. Sensibilité à la corrosion

La sensibilité d'un métal à la corrosion dépend non seulement des propriétés du métal en cette matière, mais encore de l'atmosphère dans laquelle il se trouve.

C'est pourquoi le cahier spécial des charges doit spécifier dans quel type d'atmosphère le matériau sera placé.

Il est possible d'obtenir des données à ce sujet auprès des services compétants de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.

9. Laboratoire

Un laboratoire agréé, au sens de la présente prescriptions, est un laboratoire qui satisfait à une des deux conditions suivantes :

- Etre agréé par le Ministère des Travaux publics suivant la procédure prévue dans la circulaire n° 514 des Services Techniques Généraux.
- Etre spécialisé dans la matière dont il s'agit et en cette qualité, être connu comme indépendant.

10. Système de peintures

Il faut entendre, par "système de peinture", l'ensemble des couches de peinture. Dans certains cas, une distinction peut être faite entre, d'une part, les couches qui ont une fonction anti-corrosive et, de l'autre, celles qui assurent la finition, en ce qui compris la couche intermédiaire éventuelle. Dans d'autres cas, cette distinction est impossible.

Lorsqu'il sera question dans le texte qui va suivre, de la partie anti-corrosion d'un système de peintures, on entendra par là :

- soit l'ensemble, si une distinction n'est pas possible
- soit la partie qui assure spécifiquement les qualités anti-corrosion du système, si une pareille distinction est possible

ARTICLE C40. PAR. 2. - CLAUSES ADMINISTRATIVES

1. Performances

Les performances citées ci-après ne concernent que la corrosion. Il va de soi que des exigences peuvent aussi être imposées pour d'autres performances (la brillance, par exemple).

Au cas où certaines performances impliqueraient une incompatibilité, l'entrepreneur doit signaler la chose au fonctionnaire dirigeant. Une solution sera alors mise au point de commun accord, sans que cela puisse donner lieu à aucune majoration de prix.

En tout état de cause, les performances qui ont un rapport avec la corrosion ont la priorité sur toutes les autres.

2. Essais

Toutes les performances demandées dans le présent article sont attestées par un label de qualité ou par des procès-verbaux d'essais.

Le label de qualité ou le procès-verbal d'essais ne sera livré que sur demande explicite par le cahier spécial des charges.

2.1. Le label de qualité

Si l'entrepreneur est en mesure de produire un label de qualité, il n'est procédé à aucune épreuve.

2.1.1.

Le label de qualité doit exiger les mêmes caractéristiques que celles qui sont décrites dans le présent article.

S'il en est fait mention explicitement dans le présent cahier des charges-type, le label de qualité peut résulter d'autres essais.

2.1.2.

Sont agréés en tant que labels de qualité :

2.1.2.1.

Les procès-verbaux d'essai récents, délivrés par un laboratoire agréé (par. 1./9.).

"Récents" signifie, dans le présent contexte, "ne remontant pas à plus de 3 ans".

La simple production d'un procès-verbal émanant d'un laboratoire agréé, et dans lequel il est signalé que la composition et fabrication du produit dont il s'agit n'ont pas été modifiées, a automatiquement pour effet de prolonger de 3 ans la validité du label de qualité existant.

2.1.2.2.

Un Agrément Technique, accordé par un service compétent en la matière, membre de l'Union européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction, service qui doit être établi dans un des pays membres de la C.E.E..

2.1.2.3.

Une Marque de Conformité, délivrée par un institut de normalisation appartenant à un des pays membres de la C.E.E..

2.2. Les essais

S'il ne peut être satisfait aux dispositions du point 2.1., il est procédé à des essais qui attestent l'existence des performances décrites ci-après.

S'il y est seulement satisfait en partie, des essais complémentaires suffiront.

Les essais présentés restent valables pendant 3 ans. Une prolongation de la période de validité est possible sous les mêmes conditions que celles citées en art. 2.1.2.1. ci-avant.

2.2.1.

L'essai est réalisé, soit sur des éprouvettes, soit sur les pièces à traiter ou des parties de celles-ci, au choix du fonctionnaire dirigeant.

2.2.1.1.

Si l'essai est réalisé sur les appareils mêmes ou sur des parties de ceux-ci, l'Administration prélève au hasard trois appareils ou parties d'appareil sur la production en cours ; elle y appose une marque, et en envoie un exemplaire à un laboratoire agréé (voir par. 1./9.).

Si les essais sont satisfaisants, la réception du lot à fournir est accordée. Sinon, toute livraison de la production en cours est refusée, à moins que les contre-essais ne soient positifs.

2.2.1.2.

Si l'essai est fait sur éprouvettes, il est découpé pour chaque essai, sous la surveillance de l'Administration, un jeu de trois éprouvettes, dans une tôle que le fabricant a préalablement traitée de la même façon que l'appareil (voir également les articles correspondants). La zone où les panneaux sont prélevés est délimitée par des parallèles aux bords de la tôle, situées à une distance "3L" de ces bords, L étant la plus grande dimensions des éprouvettes. L'intervalle séparant deux éprouvettes l'une de l'autre est de 1,5 L au moins.

Pour chaque essai, une seule éprouvette est envoyée à un laboratoire agréé.

Si l'essai est satisfaisant, la réception de la fourniture est accordée. S'il ne l'est pas, et si les contre-essais éventuels ne le sont pas davantage, toute fourniture provenant de la production en cours est refusée. Dans le cas où les contre-essais éventuels sont satisfaisants, il est procédé aux essais sur les appareils mêmes ou sur leurs éléments.

2.2.1.3.

Les deuxième et troisième échantillons sont conservés à chaque fois, pour permettre à l'entrepreneur et/ou à l'administration de faire procéder à des contre-essais. Un contre-essai est effectué pour la raison qu'une des deux parties n'est pas d'accord sur le résultat du premier essai ; il se fait sous le contrôle des deux parties intéressées.

2.2.2.

Le coût total des épreuves est à la charge de l'entrepreneur.

3. Fonction représentative

Lorsque, à propos des performances, il est question de bâtiments ayant à remplir une fonction particulièrement représentative, le cahier spécial des charges doit stipuler si c'est le cas, et, au besoin, indiquer dans le détail quelles sont les parties du bâtiment auxquelles s'applique ce rôle de représentation.

4. Emploi des matériaux

Le présent article contient des règles générales touchant l'emploi des matériaux.

Pour des détails à ce sujet ainsi que des précisions sur les épreuves, on se reportera aux articles qui traitent des installations et des appareils concernés.

ARTICLE C40. PAR. 3. - ACIER

Dans le présent paragraphe, il est exclusivement traité de l'acier "non-oxydable", qui doit être protégé. Y sont examinées successivement, les exigences relatives au revêtement métallique, à la peinture et au coating.

Des règles générales y sont formulées pour l'emploi de chaque type de protection ; quant aux règles spécifiques, on se reportera, à cet égard, aux articles traitant des divers appareils et installations.

1. Généralités

1.1.

L'acier peint ne peut être utilisé que s'il est satisfait simultanément aux conditions suivantes :

- Qu'il soit mentionné en termes exprès en tant que matériau permis, dans le présent cahier des charges-type.
- Qu'il en soit fait application exclusivement en climat intérieur.

1.2.

Pour l'acier revêtu d'un coating, les règles à appliquer sont les mêmes que pour l'acier peint.

1.3.

Il ne peut être invoqué d'incompatibilité de matériaux au cas où des problèmes surgiraient avec de l'acier revêtu d'un métal, avec de l'acier revêtu d'un métal et peint ou avec de l'acier revêtu d'un métal et d'un coating.

Si telle était la cause des difficultés rencontrées, l'administration a le droit d'exiger des dommages - intérêts pour la mise hors service de l'installation à la suite des dégâts ou de leur réparation.

1.4.

Cette règle s'applique également pour les solutions de continuité dans le revêtement métallique, la peinture ou le coating.

1.5.

Il va de soi que tant le traitement préalable que le travail de peinture proprement dit de l'acier, revêtu ou non d'un métal, est exécuté suivant les règles de l'art. On se référera à ce sujet au "Fascicule X, 2e partie" des Services Techniques Généraux et à la "partie 400.A.01 chapitrej" du cahier des charges-type 400 de l'Administration de l'Electricité et de l'Electromécanique.

2. Prescriptions applicables à tous les essais

2.1.

Tous les essais sont effectués sur des surfaces planes.

Le cahier spécial des charges peut éventuellement imposer une distance minimum entre la délimitation de la surface à tester et les limites d'une surface courbe.

2.2.

Les dimensions des éprouvettes sont prescrites soit par la norme correspondante, soit par les exigences du matériel d'essai à employer.

Le fait que le présent article fixe la dimension des éprouvettes ne signifie cependant pas que les essais doivent être effectués sur éprouvettes (cfr. à ce sujet le par. 2./2.2.1.).

2.3.

Les éprouvettes sont composées du même métal que l'appareil auquel elles se rapportent.

Elles sont traitées et finies comme serait achevé l'appareil. Sont, de ce fait, caduques toute autre définition des éprouvettes, incluse dans la norme correspondante, ainsi que toute description de la "préparation" desdites éprouvettes, à l'exclusion des exigences touchant à la conservation et au lavage.

3. Performances requises pour l'acier revêtu d'un métal

3.1. Généralités

3.1.1.

A moins qu'il n'en soit disposé autrement dans le présent article ou le cahier spécial des charges, sont seuls admis comme revêtement métallique, pour l'acier revêtu d'un métal, le zinc et l'aluminium, ainsi que leurs alliages.

Quand le procédé de revêtement est la projection au pistolet, le revêtement doit obligatoirement subir un post-traitement à la peinture. Cette règle s'applique d'ailleurs à tous les revêtements qui présentent une faible résistance à la diffusion.

3.1.2.

Si des exigences de qualité supérieure sont posées, le cahier spécial des charges peut stipuler que le revêtement métallique à base de Zn soit chromaté, soit en manière de traitement de finition, soit en guise de prétraitement avant peinture.

Ce chromatage satisfait à la norme DIN 50941. Il est du type "C Gelbchromatierung", suivant le tableau 1 de cette norme. S'il y est ensuite appliqué une peinture riche en zinc, il doit être veillé attentivement à la compatibilité des matières.

3.1.3.

Les épaisseurs de couche autorisées pour les revêtements métalliques sur base de Zn sont :

25, 40, 80, 120, 160, 200 micromètres

Pour les revêtements à base d'aluminium, elles sont de :

80, 120, 160, 200 et 300 micromètres

3.1.4.

L'acier revêtu d'un métal peut être utilisé tant en climat intérieur qu'en climat extérieur, en fonction des résultats attendus.

Toutefois, pour les zones fortement polluées par l'industrie et pour les zones côtières, l'usage d'acier revêtu d'un métal, sans peinture ni coating, est interdit en cas d'emploi en climat extérieur, excepté les aciers revêtus d'aluminium ou d'un alliage aluminium/zinc.

3.2. Essais

3.2.1. Détermination de l'adhérence

Cet essai se déroule suivant l' "Annexe A.1." de la norme ISO/DIS 2063, édition de 1986.

la bande adhésive dont il est question dans celle-ci répond aux exigences suivantes :

- Largeur : 20 ou 30 mm, selon le cas
- Résistance d'adhésion : au moins 60 ± 10 N/100 mm

3.2.2. Détermination de l'épaisseur de la couche

Cet essai se déroule suivant la norme NBN I 07-004.

L'épaisseur de couche mesurée est satisfaisante si l'écart par rapport à l'épaisseur demandée se limite à 10 %.

3.2.3. Essai au brouillard salin

L'essai au brouillard salin se déroule suivant l'ASTM B 117, pendant les périodes suivantes :

- utilisation en climat rural ou modérément pollué : 264 heures
- utilisation en climat pollué : 504 heures
- utilisation en climat fortement pollué : 768 heures
- utilisation en zone côtière : 1.008 heures

L'éprouvette ou l'échantillon est incisé à l'aide d'un couteau, jusqu'au métal de base. L'entaille est distante de 30 mm au moins de chaque bord de l'éprouvette ou de l'échantillon, et, dans la même mesure, de la délimitation de toute partie courbée. La longueur de l'entaille s'élève à 50 mm au moins. La largeur sur laquelle le métal de base est mis à nu est au minimum de 0,2 mm.

Ensuite, il est procédé au contrôle de l'adhérence, de la formation de corrosion et de l'avancement de la corrosion.

3.2.3.1. Adhérence

L'adhérence est contrôlée en conformité avec le point 3.2.1. ci-avant. La bande adhésive est appliquée le long d'un seul bord de l'entaille.

3.2.3.2. Corrosion

Il peut y avoir formation de rouille à l'intérieur de l'incision, et cette rouille peut s'être propagée jusqu'à 1 mm à côté de celle-ci.

Si l'acier revêtu d'un métal doit être employé en climat intérieur, ou bien en climat extérieur dans une zone rurale, il peut être spécifié dans le cahier spécial des charges que l'avancement de la rouille peut atteindre 2 mm.

4. Performances requises pour l'acier peint et l'acier revêtu d'un métal et peint

La présente prescription traite de la protection de l'acier nu et de l'acier revêtu d'un métal, réalisée à l'aide de peinture.

4.1. Généralités

4.1.1.

Pour les applications en climat intérieur, ni le nombre de couches, ni l'épaisseur de celles-ci ne sont jamais imposés. L'entrepreneur détermine ces éléments lui-même, en fonction des exigences.

4.1.2.

L'acier peint ne s'utilise que pour le climat intérieur.

L'acier revêtu d'un métal et peint est conçu pour les climats extérieurs, mais il peut évidemment être utilisé en climat intérieur également.

4.1.3.

L'acier revêtu d'un métal et peint satisfait à une double série d'exigences.

D'abord, l'acier revêtu de métal répond aux exigences formulées au point 3. ci-avant. Ceci est donc la condition requise pour le "métal de base". D'autre part, l'ensemble satisfait aux exigences du point 4.3. ci-après.

S'il est fait usage d'acier revêtu d'un métal et peint, en climat intérieur, le matériau doit simplement satisfaire aux exigences du point 4.2. ci-après, et partant, les exigences relatives au revêtement métallique - point 3. ci-avant - tombent.

4.1.4.

La peinture proposée par l'entrepreneur pour la protection de l'acier et de l'acier revêtu d'un métal présente, eu égard aux propriétés du revêtement métallique et de l'acier, ainsi qu'aux exigences du cahier spécial des charges, le plus haut degré possible de résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

4.1.5.

Pour les travaux de peinture, il est fait une distinction, le cas échéant tout du moins, entre la couche proprement anti-corrosive et la couche de finition.

4.2. Performances requises pour les travaux de peinture en climat intérieur

4.2.1. Essai de rayure

L'essai se déroule suivant la norme NBN T 22-102 ; lors de son exécution, seul l'usage de l'appareil motorisé est permis.

On détermine le poids avec lequel l'aiguille ne laisse pas de trace. Ce poids doit, au minimum, être égal à 3 N.

Si cet essai donne lieu à discussion ou doutes concernant la faisabilité, l'essai d'amortissement du pendul sera exécuté et sera dans ce cas déterminant.

4.2.2. Essai de chute d'une masse

L'essai se déroule suivant la norme ISO/TR 6272 ; il y a lieu, à ce propos, de faire les remarques suivantes :

- L'essai est réalisé avec une masse de 1 kg.
- La pointe a un diamètre de 12 mm.
- La hauteur de chute maximale est de 35 cm.
- La masse tombe, sur la face couverte de peinture.
- L'examen est réalisé au moyen d'une loupe grossissant 10 fois.

Il n'y a pas de dégradation à moins de 15 kgcm.

Cet essai n'est exigé que dans les cas où l'on peut craindre que le matériel ait à supporter des heurts, des coups,

4.2.3. Essai d'amortissement du pendule

L'essai se déroule suivant la norme NBN T 22-105 ; seul le pendule de Persoz étant admis.

Le temps d'amortissement minimal est de 125 s.

Cet essai est toujours imposé pour l'ensemble fini.

4.2.4. Essai de quadrillage

L'essai se déroule suivant la norme NBN T 22-107 ; il y a lieu, à ce propos, d'ajouter les remarques suivantes :

- Seuls l'outillage d'essai décrit dans cette norme est admis.
- Les incisions sont au nombre de 11 dans chaque direction. L'intervalle qui les sépare est de 01 mm pour les couches de peinture dont l'épaisseur n'excède pas 50 micromètres, de 02 mm pour les couches dont l'épaisseur est comprise entre 50 et 100 micromètres, et de 0,3 mm pour les couches dont l'épaisseur est supérieure à 100 micromètres.

La classe de qualité à exiger est la classe "1". Pour les faces non visibles, et à condition que l'atmosphère intérieure ne soit pas humide, le cahier spécial des charges peut demander une qualité inférieure, à savoir la classe "2". Pour les peintures visibles à l'intérieur de bâtiments ayant à remplir une fonction représentative, la qualité n'est pas décrite par la norme mais est définie comme suit : "le détachement de petites écailles du revêtement aux intersections des incisions n'affecte qu'au maximum 2 % de la partie quadrillée".

4.2.5. Essai en climat saturé d'humidité

L'essai en climat saturé est, en fait, un essai pour travaux de peinture en climat extérieur. Toutefois, on l'applique pour la partie anti-corrosion du système de peintures.

A moins qu'il n'en soit disposé autrement de façon explicite, cet essai est réalisé sur éprouvettes.

La description de l'essai et les exigences y relatives figurent au point 4.3.2..

4.2.6. Application des essais

A moins qu'il n'en soit disposé autrement et de façon explicite, soit dans un des articles traitant d'un matériel déterminé dans le cahier des charges-type, soit dans le cahier spécial des charges, les essais relatifs aux travaux de peinture à exécuter en climat intérieur sont effectués comme suit, dans les limites de chaque essais.

4.2.6.1.

Sur le système de peinture complet sont réalisés les essais dont il est fait mention aux points 4.2.1., 4.2.2. et 4.2.3..

4.2.6.2.

Sur la partie anti-corrosion sont réalisés les essais qui sont prévus aux points 4.2.4. et 4.2.5..

4.2.6.3.

Si des appareils doivent être utilisés dans une salle d'eau ou des endroits non exempts de projections acides, l'essai au brouillard salin 4.3.3. sera exécutée pendant 400 heures.

4.3. Performances requises pour les travaux de peinture en climat extérieur

Il est à remarquer que l'usage d'acier peint (non revêtu d'un métal) n'est pas autorisé pour le climat extérieur.

4.3.1. Résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre

L'essai se déroule suivant la norme NBN T 22-114 ; il y a lieu, à ce propos, d'ajouter les remarques suivantes :

- La quantité de dioxyde de soufre, à introduire dans l'enceinte, est fixée à 0,2 l si l'épaisseur de la couche de peinture à tester n'excède pas 40 micromètres, et à 1 litre dans tous les autres cas.
- Le nombre de cycles d'essai s'élève à 12 pour la zone côtière et les zones polluées, et à 6 pour les autres cas.

Après l'essai, le cloquage (selon la norme NBN T 22-162) et la formation de rouille (selon la norme NBN T 22-163) sont vérifiés.

Les résultats à atteindre sont :

- pour le cloquage :

Densité 1, dimension 1.

Si l'auteur du projet estime que l'exigence d'une qualité supérieure ne s'impose pas, le cahier spécial des charges peut stipuler le degré 2 et la dimension 2.

Dans le cas, exceptionnel, où l'installation serait visible pour des tiers, à partir d'un bâtiment ayant une fonction hautement représentative, les résultats des essais seront proposés au fonctionnaire dirigeant. Ils doivent être meilleurs que "degré 1".

- pour la formation de rouille :

Moins de 3 % de la surface peuvent être rouillés.

4.3.2. Essai en climat satur d'humidité

L'essai se déroule suivant la norme DIN 50.017 KFW, étant entendu que le nombre de cycles d'essai s'élève à 12 pour la zone côtière et les zones polluées, et à 6 pour les autres cas.

Les contrôles à effectuer après l'essai sont identiques à ceux qui sont prévus au sujet de l'essai précédent.

4.3.3. Essai au brouillard salin

L'essai se déroule suivant la norme ASTM B 117, la durée de l'épreuve étant de 400 ou de 1.000 heures. Lorsqu'est exigée une qualité exceptionnelle, c'est le second nombre qui est choisi.

A l'issue de l'épreuve, les constatations suivantes sont admises :

- Cloquage (NBN T 22-162) :

- . densité 1, dimension 1 (400 heures)
- . densité 2, dimension 2 (1000 heures)

- Formation de rouille (NBN T 22-163) :

- . Moins de 3 % de la surface peuvent être rouillés (400 heures)
- . Ri 1 (1000 heures)

- Craquelage (NBN T 22-164) : degré 2

- Ecaillage (NBN T 22-165) : quantité 2

4.3.4. Essai de vieillissement

Pour les systèmes de peintures utilisés en climat extérieur, un essai de vieillissement est toujours réalisé.
Voir, à ce sujet, le point 4.4..

4.3.5. Application des essais

A moins qu'il n'en soit disposé autrement et de façon explicite dans un des articles du présent cahier des charges-type ou dans le cahier spécial des charges, les peintures destinées à des travaux de peinture en climat extérieur sont testées par les essais suivants.

4.3.5.1.

Les travaux de peinture en zone rurale sont testés par les essais pour climat intérieur.

4.3.5.2.

Les travaux de peinture en zone industrielle modérément polluée ou polluée sont testés par les essais prévus aux points 4.3.1. et 4.3.2..

4.3.5.3.

Les travaux de peinture en zone fortement polluée ou en zone côtière sont éprouvés à l'aide des essais prévus aux points 4.3.2. et 4.3.3..

4.3.5.4.

Dans les cas 4.3.5.2. et 4.3.5.3., les peintures doivent, de toute façon, satisfaire aux essais prévus aux points 4.2.1. et 4.2.3..

4.3.5.5.

Les essais cités en 4.3.5.1. et 4.3.5.4. sont toujours réalisés sur le système de peintures complet.

Les essais cités en 4.3.5.2. et 4.3.5.3. sont, le cas échéant, réalisés sur la partie anti-corrosion du système de peintures, seule.

4.3.6. Épaisseur des couches

4.3.6.1.

Le cahier spécial des charges précise la nature du climat extérieur dans lequel l'installation sera placée. En fonction de cette indication, l'entrepreneur décide du système de peintures et fixe l'épaisseur des couches en tenant compte des performances exigées et des épaisseurs minimales prévues au point 4.3.6.2..

En cas de doute au sujet du type de climat, c'est toujours le climat "fortement pollué" qui l'emporte.

4.3.6.2.

Les épaisseurs totales des films secs de peinture sont fixées par l'entrepreneur, sans toutefois pouvoir être inférieures aux chiffres, ci-après.

4.3.6.2.1.

Pour une zone rurale, l'épaisseur totale minimale du film sec est de 60 micromètres.

4.3.6.2.2.

Pour une zone modérément polluée, elle est de 120 micromètres.

4.3.6.2.3.

En zone polluée, elle est à 180 micromètres.

4.3.6.2.4.

Pour toute zone fortement polluée et pour la zone côtière, elle est de 300 micromètres.

4.4. Essai de vieillissement

Pour toutes les utilisations en climat extérieur, il est procédé à un essai de vieillissement.

Deux essais sont possibles.

- Le vieillissement suivant la norme ASTM G 53 est une épreuve universelle pour la peinture.
- L'essai de vieillissement suivant la norme ISO 4892 a été, à proprement parler, mis au point pour les plastiques, mais il est suffisamment général pour être utilisé pour des peintures. Eu égard à son objectif initial, cette épreuve est plus appropriée que la précédente aux peintures "séchées au four", comme c'est le cas, par exemple, en ce qui concerne les radiateurs.

4.4.1. Essai de vieillissement suivant ISO 4892

Il y a lieu, à ce propos, de faire les remarques suivantes :

- Le travail se fait avec la lampe à arc au Xénon, exclusivement.
- L'essai consiste en une succession d'une période d'exposition au rayonnement Ultraviolet d'une durée de 04h00 suivie d'une période d'humidification de 04h00 (sans éclairage).
- La température du panneau noir est fixée à $45^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$.
- L'humidité relative est de $50 \% \pm 5 \%$.
- L'humidification est réalisée à l'aide d'eau distillée, suivant la norme NBN T 31-010.
- La période d'humidification consiste en 4 cycles de 12 minutes d'humidification suivies de 48 minutes de séchage.
- La durée de l'épreuve est de 96 ou de 504 heures.

Le cahier spécial des charges stipule quels sont les essais à refaire après vieillissement. Toutefois, ce sont au moins "l'essai de quadrillage", "l'essai en climat saturé", "l'essai de rayure" ou "l'essai de chute d'une masse", "l'essai au brouillard salin", l'essai de "résistance aux atmosphères humides contenant de dioxyde de soufre" (si les deux derniers cas se présentent l'un et l'autre, seul l'essai au brouillard salin est recommencé).

Il va de soi que ces essais ne sont exécutés après le vieillissement que dans la mesure où ils l'avaient été avant celui-ci.

Le résultat doit se présenter comme suit :

- pour un essai de vieillissement d'une durée de 96h00 : les mêmes résultats qu'avant le vieillissement ou un seul degré de qualité en moins
- pour un essai de vieillissement d'une durée de 504h00 : un ou deux degrés de qualité en moins

4.4.2. Essai de vieillissement suivant ASTM G 53, édition de 1984

Il y a lieu, à ce propos, de faire les remarques suivantes :

- Les articles 6.2.1. et 6.4.1. sont rigoureusement applicables.
- La température de la chambre d'essai s'élève à $22^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ (art. 6.10.1.).
- Les cycles d'essais se succèdent de la manière indiquée dans la première phrase de l'art. 9.3..

Les essais qu'il faut recommencer et les résultats à obtenir sont les mêmes que dans l'essai précédent.

5. Performances requises pour l'acier revêtu d'un coating et pour l'acier revêtu d'un métal et d'un coating

La présente prescription traite de la protection de l'acier nu et de l'acier revêtu d'un métal, réalisée à l'aide d'un coating.

5.1. Généralités

5.1.1.

En climat extérieur, il est exclusivement fait usage d'acier revêtu d'un métal et d'un coating, si l'on opte pour un coating en guise de protection supplémentaire.

5.1.2.

Les coatings se divisent en deux catégories (*) :

5.1.2.1.

Un coating de la 1ère catégorie s'obtient par l'emploi d'un revêtement fluide dont l'épaisseur, à l'état sec, n'excède pas 50 micromètres.

5.1.2.2.

Un coating de la 2e catégorie s'obtient avec un revêtement fluide dont l'épaisseur minimale, à l'état sec, est de 50 micromètres, ou au moyen d'un film organique dur.

5.1.3.

Pour l'acier revêtu d'un coating et l'acier revêtu d'un métal et d'un coating, ni l'épaisseur des couches ni les systèmes de revêtement par coating ne sont jamais imposés. Le cahier spécial des charges précise l'usage qui en sera fait, et l'entrepreneur détermine lui-même les épaisseurs de couches nécessaires, comme il fixe le système de revêtement par coating.

Toutefois, en zone côtière et en zone fortement polluée, seul l'emploi d'un coating de la 2e catégorie est permis.

5.1.4.

L'acier revêtu d'un coating ne s'utilise que pour le climat intérieur.

L'acier revêtu d'un métal et d'un coating est conçu pour les climats extérieurs, mais il peut évidemment s'utiliser en climat intérieur également.

5.1.5.

L'acier revêtu d'un coating satisfait aux exigences formulées aux points 5.2.1., 5.2.2. et 5.2.3..

5.1.6.

L'acier revêtu d'un métal et d'un coating satisfait à une double série d'exigences.

(*) La classification est conforme aux règles fixées à ce sujet par l'ECCA (European Coil Coating Association).

D'abord, il répond aux exigences relatives à l'acier revêtu d'un métal (voir le point 3. ci-avant). En outre, il satisfait aux exigences des points 5.2.1., 5.2.2., 5.2.3. et 5.2.4..

S'il est fait usage d'acier revêtu d'un métal et d'un coating en climat intérieur, le matériau doit simplement répondre aux exigences 5.1.5. ci-avant.

5.1.7.

Si l'installation ou le matériel est immergé en permanence, et qu'il est opté pour un coating, seul l'emploi d'un acier revêtu de métal et d'un coating est permis, et ce, à la condition expresse qu'il satisfasse à l'exigence 5.2.5..

5.1.8.

Le coating proposé par l'entrepreneur, pour la protection, d'un acier ou d'un acier revêtu d'un métal, présente le plus haut degré possible de résistance à la diffusion de vapeur d'eau, eu égard aux caractéristiques du revêtement ou de l'acier, et aux exigences du cahier spécial des charges.

5.1.9.

A moins qu'il n'en soit disposé autrement de façon explicite, la qualité du coating est identique sur les deux faces.

5.2. Performances exigées

5.2.1. Essai de rayure

Cet essai et l'exigence y relative sont entièrement conformes au point 4.2.1. ci-avant.

5.2.2. Essai de chute d'une masse

Cet essai et l'exigence y relative sont entièrement conformes au point 4.2.2. ci-avant.

5.2.3. Essai d'adhérence

L'essai se déroule comme suit, sur des échantillons de 100 x 100 mm.

5.2.3.1.

Les échantillons sont conservés pendant 48 heures à une température de $23^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$, et une humidité relative de $50 \% \pm 5 \%$, suivant les conditions de la norme ISO 3270. Ceci est également le climat d'essai.

5.2.3.2.

Ensuite, les échantillons sont incisés. L'outil tranchant satisfait à la norme ISO 2409.

5.2.3.2.1.

Dans un coating de la 1ère catégorie, il est pratiqué deux fois 11 incisions, une série recoupant l'autre perpendiculairement, en laissant à chaque fois, entre deux incisions, un intervalle de 1 mm.

5.2.3.2.2.

Dans un coating de la 2e catégorie, il est pratiqué deux fois deux incisions, d'une longueur de 50 mm chacune, séparées par un intervalle de 5 mm. La seconde paire est tracée perpendiculairement à la première, et en faisant en sorte que le carré aussi formé se trouve à peu près au centre de la figure des entailles.

5.2.3.3.

Ensuite, on emboutira suivant la norme ISO 1520, à l'aide d'un appareil hydraulique, jusqu'à 8 mm de profondeur. Pour les tôles épaisses, la chose ne sera pas possible, parce que le métal ne le permet pas. Dans ce cas, l'emboutissage est limité à 80 % de la profondeur d'emboutissage à laquelle le métal est précisément sur le point de se craqueler.

Pendant cette phase de l'essai, la surface quadrillée ou le carré doivent être centrés exactement, par rapport au poinçon d'emboutissage.

5.2.3.4.

Afin à lieu l'examen de l'écaillage éventuel.

5.2.3.4.1.

Pour un coating de la 1ère catégorie, cet examen se fait comme suit.

Un ruban adhésif, d'une adhérence de 40 ± 10 N/100 mm et d'une largeur de 20 mm, est appliqué en pressant fortement sur la surface déformé, puis il en est brusquement arraché.

La qualité, suivant l'ISO 2409, est de la classe 0. S'il n'est pas posé d'exigences de qualité supérieure, et s'il s'agit d'un usage intérieur en atmosphère sèche, le cahier spécial des charges peut prescrire une qualité de la classe 1.

5.2.3.4.2.

Dans le cas d'un coating de la 2e catégorie, on s'efforce, en partant de chacun des sommets d'angle du carré central, de détacher au couteau le coating de chaque angle formé par les incisions, puis de l'arracher complètement, à l'aide d'une pincette. Il ne doit pas être possible d'y réussir.

5.2.4. Essai au brouillard salin

Cet essai consiste à soumettre un échantillon incisé à une épreuve classique au brouillard salin, suivant la norme ISO 7253, cette épreuve étant suivie d'une évaluation du cloquage et de la formation de rouille.

L'essai se déroule comme suit.

5.2.4.1.

L'échantillon est incisé jusqu'au métal de revêtement, à l'aide d'un couteau Clemens.

L'incision est verticale et distante de 30 mm de n'importe quel bord de l'échantillon.

La largeur minimale de la surface mise à nu par cette entaille est de 0,2 mm.

5.2.4.2.

L'échantillon subit alors l'essai au brouillard salin en conformité avec la norme ISO 7253 ; il y a lieu, à ce propos, d'ajouter les remarques suivantes.

5.2.4.2.1.

La température intérieure de la chambre d'essai au brouillard salin s'élève à $35^{\circ} \text{C}^{+1,1/-1,7^{\circ} \text{C}}$.

5.2.4.2.2.

Si le matériau sous-jacent est un alliage d'aluminium, il est fait usage d'une autre solution pour créer le brouillard, à savoir celle prévue dans la norme ASTM B 287, mais sans s'écarter davantage du procédé que nous exposons ici.

5.2.4.2.3.

La durée de l'essai est de 360 heures pour un coating sur base zinguée, et de 500 heures pour un coating sur base aluminée.

5.2.4.3.

Le séjour de l'échantillon dans la chambre d'essai au brouillard salin est suivi d'une évaluation du degré de cloquage, faite en conformité avec la norme ISO 4628/2. La formation et la progression de la rouille à partir de l'incision sont évaluées également.

5.2.4.3.1.

L'exigence relative au cloquage est identique pour chaque base. La qualité normale est : Densité 1, Dimension 1.

Pour les surfaces visibles, lorsqu'une qualité supérieure est requise, et pour les surfaces susceptibles d'être vues à partir de bâtiments ayant une fonction représentative, on exigera la qualité "0". Si la qualité requise n'est pas très élevée, le cahier spécial des charges peut stipuler "Densité 2, Dimension 2".

5.2.4.3.2.

L'incision peut présenter de la rouille. Celle-ci peut s'être propagée à 1 mm de l'incision tout au plus.

5.2.5. Résistance à l'immersion

Cet essai se déroule en conformité avec la norme ISO 1521, mais sans l'aération de l'eau.

La durée de l'essai est de 500 heures.

Les exigences et les prestations à fournir sont identiques à celles de l'essai au brouillard salin, sauf en ce qui concerne la formation de rouille.

Pour la détermination du degré d'enrouillement, le coating est enlevé à l'aide d'un solvant non corrosif. Ensuite, on vérifie s'il y a enrouillement. Si celui-ci se limite à 3 % de la surface de l'échantillon, l'essai est satisfaisant.

6. Emploi de l'acier en fonction du climat

6.1.

Dans le tableau ci-après sont indiqués les types d'acier qui peuvent être employés, en fonction des conditions dans lesquelles ils seront utilisés.

Si l'usage d'un type d'acier est autorisé, ou trouvera dans la case correspondante, la mention "oui" ; s'il en va autrement, la case est laissée en blanc.

6.2.

Sont en outre mentionnés, pour l'acier revêtu d'un métal, le nombre d'heures d'essai au brouillard salin (voir 3.2.3. ci-avant) ; pour l'acier revêtu d'un métal et peint, les épaisseurs de peinture minimales (voir 4.5. ci-avant), et pour l'acier revêtu d'un coating, la catégorie.

6.3.

Pour de plus amples détails, on se reportera aux parties du texte relatives à ces objets.

6.4.

Il va de soi que ce qui est admissible pour une situation déterminée l'est également pour une situation qui comporte moins de risques.

Types de climat	Types d'acier				
	Revêtu d'un métal	Peint	Revêtu d'un coating	Revêtu d'un métal et peint	Revêtu d'un métal et d'un coating
Intérieur		Oui	Oui		
Rural	Oui 264			Oui 60	Oui 1
Modérément pollué	Oui 264			Oui 120	Oui 1
Pollué	Oui 504			Oui 180	Oui 1
Fortement pollué	(a) (b)			Oui 300	Oui 2
Zone côtière	(a) (b)			Oui 300	Oui 2

(a) Bien que les heures d'essai aux brouillard salin ne soient pas indiquées pour la zone fortement polluée ni pour la zone côtière, pour la raison que l'acier simplement revêtu d'un métal n'y est pas autorisé, il convient cependant d'être attentif au fait que dans ces conditions climatiques, l'acier revêtu d'un métal et peint doit satisfaire aux exigences posées pour l'acier simplement revêtu d'un métal, ce qui implique qu'un essai au brouillard salin doit lui être imposé respectivement pendant 768 et 1.000 heures.

On remarquera, en outre, que les heures d'essai au brouillard salin relatives à l'acier revêtu d'un métal s'appliquent également au sujet de l'acier revêtu d'un métal et d'un coating.

(b) Exceptions dans 3.1.4. ci-avant.

ARTICLE C40. PAR. 4. - AUTRES METAUX

Le paragraphe qui va suivre comprend les métaux dont une des propriétés intrinsèques consiste dans la capacité de s'autoprotéger et, partant, de ne pas rouiller - ou de ne rouiller que très peu - dans des circonstances déterminées.

1. Acier inoxydable

Les prescriptions suivantes pour l'acier inoxydable sont toujours valables, sauf si, dans les prescriptions pour un appareil ou matériel, on a prévu d'autres prescriptions. Elles ne sont pas valables non plus pour les pièces qui sont normalement prévues pour étanchéifier.

1.1. Climat extérieur

Pour les installations ressortissant au secteur "chauffage central, ventilation, conditionnement d'air" qui sont établies en plein air, les acier inoxydables cité ci-après sont admis.

1.1.1.

L'acier inoxydable austénitique AISI 316 (Cr-Ni-Mb) est admissible sans conditions complémentaires. S'il s'agit d'installations nécessitant un acier soudable, la qualité "316L" est exigée.

1.1.2.

A condition que l'installation soit nettoyée régulièrement (c'est-à-dire au moins tous les six mois), l'acier inoxydable AISI 304 (Cr-Ni) peut également être prescrit. Si la soudabilité est nécessaire, ce sera le 304 L.

Le nettoyage de l'installation se fait, soit à l'eau pure, soit à l'eau additionnée d'un détergent neutre.

1.2. Climat intérieur

Pour les installations qui sont montées à l'intérieur, les aciers inoxydables précédents peuvent évidemment être prescrits.

En outre, l'emploi d'acier ferritique Cr-Ni AISI 430 (18 % de Cr, 2-3 % de Ni) est autorisé, sous la condition que des preuves puissent être fournies que son comportement est comparable à celui du 304 pour l'exposition envisagée.

Les détails de l'essai sont fixées de commun accord avec l'Administration.

1.3. Conditions d'emploi

Les aciers précités sont utilisables dans les limites indiquées ci-après.

1.3.1.

Les matériaux sont soumis à des cycles chaud/froid : ils peuvent donc être mouillés par condensation.

Ils peuvent, le cas échéant, être immergés dans l'eau. Pour d'autres applications, la nuance d'acier à choisir doit faire l'objet d'une étude particulière.

1.3.2.

La surface de l'acier inoxydable sera lisse, exempte de films d'oxyde non adhérent, de dépôts graisseux et d'inclusions ferreuses.

Les pièces terminées seront décapées et passivées selon l'ASTM A 380. Les pièces décapées devront être manipulées avec des gants et ne pourront plus entrer en contact avec des outils ou brosses en acier au carbone.

1.4. Certificats

L'entrepreneur présente un procès-verbal d'un laboratoire agréé, lequel démontre que le matériau proposé, spécifié comme ..., est vraiment l'acier inoxydable demandé par le cahier spécial des charges.

2. Aluminium

L'aluminium en tant que tel - non point comme matériau de revêtement ; dans ce cas, ce sont les directives concernant l'acier revêtu d'un métal qui lui sont applicables - peut être employé sous les conditions suivantes.

Les désignations de l'aluminium dont il est fait usage sont celles de la norme NBN P 21-001.

La désignation mentionnée n'est que la première partie de celle qui est citée dans la norme. La désignation complète dépend des autres performances demandées.

Il va sans dire que les matériaux dont l'emploi est permis pour les atmosphères fortement polluées, sont également admis dans les atmosphères où la pollution est moindre. Les matériaux qui seront cités de la sorte, ci-après, comme étant admis peuvent donc aussi toujours être admis dans les cas précédents.

2.1. Utilisation en climat intérieur ou en milieu rural

Sont admissibles : les alliages d'aluminium qui ont comme premier chiffre distinctif 1 ou 3.

2.2. Utilisation en climat modérément pollué ou en climat pollué

A partir de ce type d'atmosphère, sont admis les alliages suivants.

- Alliages ayant comme premier chiffre distinctif 5 ou 6 (tôle)
- Profilés ayant comme premier chiffre distinctif 7, avec une finition T

2.3. Utilisation en climat fortement pollué ou dans la zone côtière

Dans ce cas, les qualités suivantes peuvent être admises.

- Alliages désignés par les nombres 5154, 5454, 5754, 5056 et 5086 (tôle)
- Profilés ayant comme premier chiffre distinctif 6, avec une finition T
- Tous les matériaux possédant un label de qualité "Qualanod" ou "Qualicoat"

2.4. Certificats

L'entrepreneur produit des certificats témoignant que le matériaux proposé possède la caractéristique demandée.

ARTICLE C40. PAR. 5. - PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX

Dans le présent paragraphe est abordée la question de l'utilisation conjointe de deux métaux et de l'usinage mécanique des métaux, vue sous l'angle de la corrosion.

1. Corrosion bimétallique

Deux métaux différents en contact forment, en présence de l'eau, une cellule électrolytique, si bien que le métal le moins noble est attaqué par la corrosion.

Ce problème se présente en cas de simple utilisation de deux métaux en milieu aqueux - ce qui, dans le domaine du "Chauffage central, de la ventilation et du conditionnement d'air", est une circonstance fréquente - et constitue donc, notamment, une source potentielle de corrosion aux points d'assemblage de deux métaux différents.

1.1. Contact "admissible"

Le texte normatif britannique "Published Document 6484" du BSI indique les cas dans lesquels un pareil contact est admis, et ceux où il ne l'est pas.

L'entrepreneur se servira de cette norme pour exclure toute éventualité de corrosion bimétallique. Il y a lieu, de surcroît, d'être particulièrement attentif aux points suivants.

1.1.1.

Le PD 6484 traite uniquement du risque de corrosion "supplémentaire" inhérent au contact entre deux métaux. Le texte ne parle donc pas de la survenance éventuelle d'autres formes de corrosion ni de la nécessité de prévoir une protection anti-corrosion.

1.1.2.

La terminologie utilisée dans les tableaux est à interpréter comme suit.

- Rural	Zone rurale
- Industrial/Urban	Pollué
- Marine	Zone côtière
- Freshwater	Milieu aqueux normal
- Sea water	Milieu de tours de refroidissement et de sections d'humidification de groupes de conditionnement d'air
	Immersion en milieu aqueux pollué

1.1.3.

Les assemblages indiqués sont "admissibles", c'est-à-dire qu'ils ne requièrent aucune précaution s'il est satisfait aux prescriptions suivantes.

1.1.3.1.

Pour l'usage en climat intérieur, un indice "1" suffit, à moins que le climat ne soit humidifié régulièrement ; dans ce cas, on exige un "0".

1.1.3.2.

Pour un climat extérieur, un "0" doit toujours être obtenu.

1.1.3.3.

En cas d'immersion, un "0" est toujours requis.

1.1.4.

Une corrosion bimétallique se produit aussi entre revêtement métallique et métal revêtu, si le revêtement comporte des trous ou s'il est poreux, permettant ainsi une diffusion d'eau en direction de l'interface du revêtement et du métal (point 2.5. du PD 6484).

D'où la nécessité absolu d'un revêtement totalement exempt de défauts et sans solutions de continuité, de même que, en guise de protection supplémentaire le cas échéant, d'une peinture ou d'un coating qui possède une résistance maximale à la diffusion de vapeur d'eau.

1.2. Contact non admissible

Dans tous les autres cas, le risque de corrosion est trop important. Dans ce cas, le couplage est évité par interposition d'un matériau isolant non métallique, chimiquement inactif pour les métaux utilisés.

Note :

L'attention est particulièrement attirée sur l'usage de métaux revêtus d'un métal sur lequel est appliqué un revêtement métallique identique, mais d'une qualité ou d'une épaisseur différentes.

En pareil cas, tout contact doit également être évité. Le revêtement métallique de qualité inférieure ou de moindre épaisseur sera, en effet, dégradé en un "temps relativement plus court", ce qui aura pour effet d'entraîner un enrrouillage des endroits dégradés qui, non seulement gâtera sérieusement l'aspect de l'ensemble, mais qui, à son tour, sera cause d'une formation de trainées de rouille sur le revêtement métallique de la bonne qualité.

2. Corrosion caverneuse

La corrosion caverneuse est une corrosion initiée dans les zones non aérées d'un métal ou alliage dont les surfaces aérées sont passives.

Il y a donc lieu d'éviter, par une conception adaptée, toute formation de crevasse, zone d'accumulation de dépôt, surface horizontale, ...

Les surfaces à faible pentes doivent être nettoyées régulièrement (tous les six mois) pour éliminer poussières, dépôts, feuilles, ...

3. Usinage

3.1. Perforation

Ceci ne pose un problème que pour l'acier.

3.1.1.

Pour ce qui est de l'acier peint et de l'acier revêtu d'un coating, l'opération ne pose pas de problème particulier, dans la mesure où il est veillé à ce que à l'endroit des perforations, la peinture ou le coating soit appliqué avec grand soin immédiatement après celles-ci, peu importe que l'assemblage ait déjà en lieu ou non.

3.1.2.

Pour les aciers revêtus d'un métal - avec ou sans protection supplémentaire -, la perforation est particulièrement un point faible parce qu'à cet endroit, l'acier nu émerge à nouveau, et la protection supplémentaire escomptée n'existe donc plus.

Il se peut même que ce problème s'aggrave encore par une corrosion bimétallique produite par les boulons, les écrous, etc. (solution suivant le point 1. ci-avant).

Dans certaines circonstances, le revêtement métallique continue néanmoins à assurer une certaine protection du métal mis à nu.

3.1.2.1.

Pour l'acier zingé, la protection de la perforation est efficace jusqu'à une épaisseur de métal de 2 mm, dans un milieu aqueux à une température de 60° C.

3.1.2.2.

L'acier aluminé ne possède pas cette propriété, à moins d'avoir été revêtu par électrolyse. Les conditions limites ont leur importance dans ce cas également. S'il veut tabler sur cet effet, l'entrepreneur fournit la preuve correspondante.

3.1.2.3.

Dans tous les autres cas, la surface mise à nu doit être isolée sur le champ et de l'air et de l'eau.

Ceci implique, en cas de raccords, que ceux-ci soient réalisés immédiatement après la perforation, et qu'après cette opération, la pièce de raccord et les environs immédiats des parties assemblées soient traités à l'aide d'un produit antirouille, adapté au métal en question.

4. Pliage

Pour que le pliage n'influe pas sur les propriétés anti-corrosion du métal, il convient de s'en tenir soit aux consignes du fabricant, soit aux normes ou aux prescriptions techniques du pays d'origine du métal.

Pour l'acier revêtu d'un coating on tient compte des prescriptions ECCA.

La formation de corrosion qui résulterait d'un pliage incorrect ne peut être acceptée.

Le cas échéant, l'administration a le droit d'exiger des dommages-intérêts pour le non-fonctionnement de l'installation consécutivement à la réparation des dégâts et pendant la durée de celle-ci.

5. Emboutissage

L'emboutissage n'est admis qu'en ce qui concerne les appareils et matériaux utilisés en climat intérieur, et pour autant qu'un essai conforme à l'essai d'adhérence prévu au par. 3./5.2.3. donne pour résultat "0".

Il faut noter, à cet égard, que

- l'outil tranchant doit être approprié au revêtement métallique
- les points 5.2.3.2.2. et 5.2.3.4.2. ne sont pas applicables

6. Soudage

6.1.

Le métal revêtu d'un coating n'est jamais soudé.

6.2.

Il est produit des certificats de soudabilité, dans lesquels il est non seulement signalé que le métal qui en fait l'objet peut être soudé, mais où la nature du procédé de soudage à employer est aussi spécifiée.

II./C40.5./5.
105/90

Cette clause n'est pas applicable aux aciers inoxydables dont la désignation atteste la soudabilité. Mais le type de soudure et la nature des baguettes de soudure doivent être spécifiées.

6. Collage

La règle de l'incompatibilité formulée au par. 3./1.3. s'applique également en l'occurrence.

ARTICLE C41. - CALORIFUGE

1. Propriétés générales des matériaux

1.1.

Les matériaux d'isolation thermique présentent les propriétés suivantes.

- a. Le coefficient de conduction thermique λ du matériau est inférieur à 0,07 W/(m.K) aux conditions hygrothermiques normales d'utilisation.
- b. Le matériau est peu ou n'est pas capillaire.
- c. Le matériau est peu ou n'est pas hygroscopique.
Lorsque le matériau est placé pendant 96 heures dans une ambiance dont la température est de 34° C et l'humidité relative de 95 %, l'absorption d'eau n'est pas supérieure à 1 kg d'eau par mètre cube de matériau isolant.
- d. Le matériau résiste aux vibrations.
- e. Le matériau est durable, imputrescible et résistant à la vermine.
- f. Le matériau n'est pas agressif vis-à-vis des éléments à isoler.
- g. La réaction au feu du matériau est telle qu'il soit classé A1 suivant la norme NBN S 21-203.
- h. Dans les locaux occupés, les lieux de passage et les chemins d'évacuation (y compris les faux-plafonds et faux-planchers dans ces espaces), les matériaux sont à action physiologique tolérable lorsqu'ils sont soumis à un échauffement déterminé (toxicité et opacité des gaz de combustion).
- i. ~~Les matériaux fibreux sont constitués de fibres de diamètre nominal moyen supérieur de 3,5 μ m (micromètres) et de longueur supérieure à 5 μ m.~~ ← alinéa supprimé
- j. La résistance mécanique est appropriée à l'usage.

1.2.

Les matériaux de revêtement ont les propriétés suivantes.

- a. Le matériau est solide et durable.
- b. Le matériau résiste à la corrosion pouvant provenir de l'extérieur, ou de l'isolation.

- c. La réaction au feu du matériau, appliqué sur le calorifuge, est telle qu'il soit classé A1 suivant la norme NBN S 21-203.
- d. Dans les locaux occupés, les lieux de passage et les chemins d'évacuation (y compris les faux-plafonds et les faux-planchers dans ces espaces), les matériaux sont à action physiologique tolérable lorsqu'ils sont soumis à un échauffement déterminé (toxicité et opacité des gaz de combustion).

1.3. Echantillons

L'entrepreneur soumet à l'approbation de la direction des travaux un échantillon des matériaux proposés.

L'échantillon est, suivant le cas, posé sur :

- un tronçon de tuyauterie DN 25 avec un coude de 90° et pourvu du revêtement et d'une manchette
- un tronçon de conduit d'air 0,30 x 0,60 m ayant une longueur de 1 m, composé de deux tronçons de conduit et de leur raccord transversal, et pourvu du revêtement proposé

1.4. Certificats

L'entrepreneur fournit une copie de l'agrément technique.

2. Tuyauteries pour le transport d'eau chaude, de vapeur et de fluide thermique

2.1.

Les tuyauteries suivantes sont calorifugées.

2.1.1.

Tuyauteries de chauffage.

- a. Toutes les tuyauteries de chauffage se trouvant dans le sol, dans l'ambiance extérieure ou dans les locaux ou espaces qui ne font pas partie du volume protégé d'un bâtiment. Le volume protégé est défini dans la norme NBN B 62-301.
- b. Toutes les tuyauteries de chauffage se trouvant dans des faux-plafonds, des locaux techniques ou des gaines techniques, même si ceux-ci font partie du volume protégé d'un bâtiment.
- c. Toutes les tuyauteries de chauffage passant dans des locaux où un système de climatisation est prévu.

- d. Toutes les tuyauteries de chauffage passant dans des locaux du volume protégé mais desservant d'autres locaux et ne desservant pas le local où elles passent.

Remarques :

- Le calorifuge de ces tuyauteries n'est pas exigé lorsque le diamètre ne dépasse pas DN 40 et que la longueur totale de ce type de tuyauteries dans un même local ne dépasse pas 6 m. Il appartient néanmoins à l'auteur de projet de vérifier si ce calorifuge n'est pas économiquement justifié.
- Une tuyauterie passant dans un local sans alimenter aucun corps de chauffe dans ce local peut être considérée comme "desservant" ce local (et ne doit donc pas être calorifugée) à condition qu'un calcul démontre que les pertes thermiques de la tuyauterie participent à la neutralisation des déperditions du local, c'est-à-dire permettent d'obtenir dans ce local la température souhaitée dans les conditions de base sans la dépasser.

2.1.2.

Tuyauteries de vapeur, de condensats et d'eau à haute température ($\geq 111^\circ \text{C}$)

2.1.3.

Tuyauteries pour eau chaude sanitaire

- a. Toutes les tuyauteries pour eau chaude sanitaire se trouvant dans le sol, dans l'ambiance extérieure ou dans des locaux ou espaces qui ne font pas partie du volume protégé du bâtiment (voir NBN B 62-301).
- b. Toutes les tuyauteries d'eau chaude sanitaire qui sont maintenues à température (soit par circulation, soit par ruban chauffant), même si ces tuyauteries sont situées dans le volume protégé d'un bâtiment. Toutefois, les parties des tuyauteries de retour des boucles de distribution fonctionnant par thermosiphon, qui sont nécessaires à l'établissement de la circulation naturelle dans ces boucles, ne sont pas calorifugées.

2.2.

Les matériaux mis en oeuvre doivent satisfaire aux propriétés générales (voir point 1.) et doivent disposer de l'agrément technique.

2.3. Détermination de l'épaisseur du calorifuge

2.3.1. Principe

L'épaisseur du calorifuge est déterminée de telle façon que les déperditions thermiques par mètre de tuyau et par degré de différence de température entre le fluide et l'ambiance restent inférieures aux valeurs maximales fixées, pour chaque diamètre de tuyau, par le cahier spécial des charges. (1)

L'annexe au présent article présente une méthode de détermination des valeurs optimales, du point de vue économique, des déperditions thermiques, et des épaisseurs de calorifuge qui en résultent.

Les déperditions thermiques se calculent par la formule suivante :

$$k_1 = \frac{\pi}{\frac{1}{h_{idit}} + \frac{1}{2\lambda_t} \ln \frac{d_{et}}{d_{it}} + \frac{1}{2\lambda_c} \ln \frac{d_{ec}}{d_{ic}} + \frac{1}{2\lambda_r} \ln \frac{d_{er}}{d_{ir}} + \frac{1}{h_{eder}}}$$

où :

k_1 = coefficient de transmission thermique linéaire, exprimé en W/(m.K)

h_i = coefficient d'échange thermique superficiel entre le fluide et la paroi du tube, exprimé en W/(m².K)

λ_t = coefficient de conduction thermique du matériau constituant le tube, exprimé en W/(m.K)

λ_c = coefficient de conduction thermique du calorifuge, exprimé en W/(m.K)

λ_r = coefficient de conduction thermique du revêtement, exprimé en W/(m.K)

d_{it} = diamètre intérieur du tube (m)

d_{et} = diamètre extérieur du tube (m)

d_{ic} = diamètre intérieur du calorifuge (m)

d_{ec} = diamètre extérieur du calorifuge (m)

d_{ir} = diamètre intérieur du revêtement (m)

(1) En tous les cas, l'épaisseur du calorifuge devra respecter toutes les impositions légales.

d_{er} = diamètre extérieur du revêtement (m)

h_e = coefficient d'échange thermique superficiel entre la surface externe en contact avec l'ambiance et celle-ci, exprimé en $W/(m^2.K)$

En général, la résistance thermique d'échange $R_i = \frac{1}{h_i}$, la

résistance thermique du tube et celle du revêtement sont négligeables.

La formule ci-dessus s'écrit dès lors :

$$k_1 = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2c} \cdot \ln \frac{d_{ec}}{d_{ic}}\right) + \frac{1}{h_e d_{er}}}$$

En pratique, on choisit une épaisseur d'isolant et l'on contrôle, par l'une des deux formules ci-dessus, si le coefficient k_1 est inférieur ou égal à la valeur maximale fixée k_{1max} .

Si ce n'est pas le cas, on choisit une épaisseur plus forte et l'on refait le même contrôle.

2.3.2. Coefficient de conduction thermique

Le coefficient de conduction thermique λ est déterminé selon la norme NBN B 62-201.

La valeur utilisée pour le calcul de la transmission thermique est celle qui correspond à la température moyenne t_m régnant dans la couche d'isolation.

Cette température moyenne t_m est égale à la moyenne arithmétique des températures régnant aux surfaces interne et externe du calorifuge.

Lorsque les résistances thermiques du tube et du revêtement sont négligeables, la température à la surface interne du calorifuge peut être prise égale à celle (t_i) du fluide et la température à la surface externe du calorifuge peut être prise égale à la température (t_s) à la surface externe du revêtement :

$$t_m = \frac{t_i + t_s}{2}$$

Par conséquent, λ est fonction de la température t_s à la surface externe du revêtement (en contact avec l'ambiance).

2.3.3. Coefficient d'échange thermique superficiel

Le coefficient d'échange thermique h_e est donné par la formule :

$$h_e = 1,3108 \left[\frac{T_s - T_e}{d_{er}} \right] \exp \frac{1}{4} + C \frac{\left[\frac{T_s}{100} \right] \exp 4 - \left[\frac{T_e}{100} \right] \exp 4}{T_s - T_e}$$

dans laquelle :

T_s = température absolue à la surface externe du revêtement (en contact avec l'ambiance), ou du calorifuge si le revêtement n'existe pas (K)

T_e = température absolue de l'ambiance (K)

d_{er} = diamètre extérieur du revêtement (m)
(= d_{ec} si le revêtement n'existe pas)

C = constante de rayonnement de la surface externe en contact avec l'ambiance, exprimée en $W/(m^2.K^4)$

On obtient une approximation suffisante de h_e en adoptant respectivement pour $C \leq 2$ et $C > 2$, les valeurs des tableaux ci-après, établies pour $T_e = 273$ K et respectivement pour

$C = 0,4$ $W/(m^2.K^4)$ et $C = 4,6$ $W/(m^2.K^4)$

Surface externe ayant une constante de rayonnement

$C \leq 2$ $W/(m^2.K^4)$

|$T_s - T_e$| (K)	d_{er} (m)								
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
5	4,48	3,82	3,27	2,98	2,80	2,67	2,56	2,48	
10	5,27	4,49	3,83	3,49	3,27	3,12	2,99	2,89	
15	5,81	4,94	4,27	3,84	3,60	3,42	3,28	3,17	
20	6,23	5,29	4,51	4,11	3,85	3,66	3,51	3,39	
25	6,57	5,59	4,76	4,33	4,06	3,86	3,70	3,58	
30	6,87	5,84	4,97	4,53	4,24	4,03	3,87	3,74	
40	7,37	6,27	5,33	4,86	4,55	4,32	4,15	4,01	

Surface externe ayant une constante de rayonnement

$$c > 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

	d er (m)								
|Ts - Te| (K)	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
5	7,99	7,33	6,78	6,50	6,31	6,18	6,07	5,99	
10	8,88	8,10	7,44	7,10	6,89	6,73	6,60	6,50	
15	9,52	8,65	7,92	7,55	7,31	7,13	6,99	6,88	
20	10,04	9,11	8,32	7,92	7,66	7,47	7,33	7,21	
25	10,49	9,50	8,67	8,25	7,98	7,78	7,62	7,49	
30	10,89	9,86	8,99	8,55	8,26	8,06	7,89	7,76	
40	11,62	10,51	9,58	9,10	8,79	8,57	8,40	8,25	

Par conséquent, h_e est également fonction de la température t_s de la surface externe.

2.3.4. Température de la surface externe

La température t_s de la surface externe diffère de la température ambiante t_e .

Elle est calculée comme suit (en négligeant la résistance R_i , celle du tube et celle du revêtement) :

$$t_s = t_e + \frac{t_i - t_e}{\left(\frac{h_e d_{ec}}{2c} \cdot \ln \frac{d_{ec}}{d_{ic}} \right) + 1} \quad (^\circ\text{C})$$

Par conséquent, t_s elle-même est fonction du coefficient d'échange thermique h_e et du coefficient de conduction thermique de l'isolation.

2.3.5. Méthode pratique pour le contrôle d'une épaisseur d'isolation choisie

2.3.5.1. Méthode exacte

Pour savoir si l'épaisseur d'isolation choisie d'un matériau est suffisante, on contrôle s'il est satisfait à l'exigence de 2.3.1., à savoir $k_l \leq k_{lmax}$.

Pour pouvoir calculer k_l , il est nécessaire de déterminer les valeurs de λ et h_e et pour ce faire, il y a lieu de connaître t_s .

Au départ, on choisit pour t_s une valeur approximative légèrement supérieure à la température ambiante.

On peut ainsi déterminer une valeur approximative de λ (suivant 2.3.2.) et de h_e (suivant 2.3.3.).

On utilise ensuite ces valeurs dans la formule indiquée au point 2.3.4. pour calculer t_s .

Si la valeur approximative adoptée au départ pour t_s est suffisamment exacte, la valeur calculée de t_s en sera très proche.

On considère la précision comme suffisante lorsque la valeur adoptée initialement ne diffère pas de plus de 2°C , en plus ou en moins, de la valeur calculée.

Dans ce cas, les valeurs de λ et h_e sont considérées comme suffisamment exactes pour être utilisées dans le calcul de k_1 .

Si l'écart est supérieur à 2°C , on rectifie les valeurs de λ et h_e compte tenu de la valeur calculée de t_s . Ces valeurs rectifiées de λ et h_e sont ensuite utilisées dans le calcul de k_1 .

Le calcul de k_1 se fait au moyen de la formule indiquée au point 2.3.1. La valeur est déterminée jusqu'à 3 décimales ; la quatrième décimale et les suivantes ne sont pas retenues.

Si la valeur k_1 est inférieure à la valeur maximale admise ($k_1 \text{ max}$), l'épaisseur choisie est suffisante ; sinon, on doit choisir une épaisseur plus forte qui, elle, satisfasse à $k_1 \leq k_{1\text{max}}$.

2.3.5.2. Méthode simplifiée

Lorsque la température du fluide est voisine de 80°C , il est admis de déterminer les valeurs de h_e et λ sur base de l'hypothèse que la température de la surface externe (t_s) soit égale à la température ambiante (t_e) majorée de 10°C lorsque $C > 2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$, et de 15°C lorsque $C \leq 2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$.

On calcule ensuite immédiatement, avec ces valeurs de h_e et λ , la transmission thermique k_1 par la formule indiquée au point 2.3.1.

3. Tuyauteries pour le transport d'eau froide

3.1.

Les tuyauteries suivantes sont calorifugées :

- toutes les tuyauteries d'eau glacée
- les tuyauteries d'eau froide aux endroits où :

- a. une condensation superficielle peut se produire et entraîner des dommages ou provoquer des conséquences désagréables
 - b. il y a danger de gel
- les tuyauteries d'eau de refroidissement (de et vers les tours de refroidissement) aux endroits où il y a danger de gel

3.2.

Les matériaux mis en oeuvre doivent satisfaire aux propriétés générales (voir point 1.) et doivent disposer de l'agrément technique.

3.3. Détermination de l'épaisseur du calorifuge

3.3.1. Tuyauteries d'eau glacée

3.3.1.1. Epaisseur optimale du point de vue économique

L'épaisseur du calorifuge est déterminée de telle façon que les apports thermiques par mètre de tuyau et par degré de différence de température entre le fluide et l'ambiance restent inférieurs aux valeurs maximales fixées, pour chaque diamètre de tuyau, par le cahier spécial des charges.

L'annexe au présent article présente une méthode de détermination des valeurs optimales, du point de vue économique, des apports thermiques, et des épaisseurs de calorifuge qui en résultent.

Le calcul de la transmission thermique se fait de la même manière que pour les tuyauteries d'eau chaude (voir point 2.3.). Toutefois, dans la méthode simplifiée (voir point 2.3.5.2.), on prend

$$t_s = t_e - 5^\circ \text{ C}$$

lorsque $C > 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

$$\text{et } t_s = t_e - 10^\circ \text{ C}$$

lorsque $C \leq 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

3.3.1.2. Epaisseur d'isolation anti-condensation

Indépendamment de la valeur optimale du point de vue économique, l'épaisseur d'isolation sera telle que la valeur k_l soit inférieure à celle reprise au tableau ci-dessous, afin d'éviter toute condensation superficielle sur l'isolation.

Valeurs k'lmax en W/(m.K)		
	C ≤ 2 W/(m2.K4)	C > 2 W/(m2.K4)
DN 10	0,188	0,297
DN 15	0,213	0,336
DN 20	0,248	0,403
DN 25	0,286	0,465
DN 32	0,335	0,545
DN 40	0,368	0,599
DN 50	0,436	0,709
DN 65	0,475	0,869
DN 80	0,532	0,974
DN 100	0,645	1,182
DN 125	0,759	1,390
DN 150	0,822	1,615
DN 200	1,021	2,005
DN 250	1,109	2,328
DN 300	1,278	2,736
DN 350	1,357	2,943
DN 400	1,485	3,278

Dans l'annexe au présent article sont repris des tableaux qui donnent les épaisseurs correspondantes en fonction de la valeur du coefficient de conduction thermique lambda du matériau isolant.

Même si le cahier spécial des charges accepte des valeurs (économiques optimales) supérieures de kl, il y a quand même lieu de satisfaire à la condition reprise ci-avant, à moins qu'une autre méthode, pour déterminer l'épaisseur d'isolation anti-condensation, ne soit explicitement imposée dans le cahier spécial des charges.

3.3.2. Tuyauteries d'eau froide

- Aux endroits où une condensation superficielle peut se produire sur les tuyauteries et entraîner des dommages, celles-ci sont pourvues d'un calorifuge dont l'épaisseur est telle que la température à la surface externe de l'isolation soit supérieure à la température du point de rosée de l'air ambiant.
- Aux endroits où il y a danger de gel, la tuyauterie est entourée d'un serpentin chauffant et pourvue d'au moins 20 mm d'isolation thermique dont le coefficient de conduction thermique est ≤ 0,04 W/(m.K).
Le serpentin chauffant est enclenché automatiquement par un thermostat plongé dans l'eau et réglé à 5° C.

3.3.3. Tuyauteries d'eau de refroidissement

Aux endroits où il y a danger de gel, les tuyauteries d'eau de refroidissement sont calorifugées de la façon indiquée pour les tuyauteries d'eau froide.

4. Placement du calorifuge des tuyauteries

4.1.

Avant le placement du calorifuge, les tuyauteries dont la surface externe n'est pas elle-même résistante à la corrosion sont traitées contre celle-ci. Cela peut se faire par l'application d'une bande anticorrosive auto-collante ou d'une peinture anti-rouille.

4.2.

- a. Les tuyauteries dans lesquelles circulent des fluides à des températures différentes sont à isoler de façon entièrement indépendante. La distance entre les surfaces externes des calorifuges de tuyauteries isolées juxtaposées est de 25 mm au minimum.
- b. Lorsque les tuyauteries juxtaposées véhiculent des fluides aux mêmes températures et régime horaire, la distance minimale de 25 mm entre ces tuyauteries n'est pas exigée, et le revêtement des calorifuges de ces tuyauteries peut être commun.

4.3.

Lors de la pose du calorifuge, des mesures sont prises pour que celui-ci reste à l'abri de l'eau. Le calorifuge et la surface externe de la tuyauterie doivent être entièrement secs avant de placer le revêtement.

4.4.

Pour l'isolation de coudes au moyen de coquilles, on fait usage de coudes spéciaux en forme de coquilles ou, si ceux-ci n'existent pas, on utilise des segments de coquille découpés sur mesure.

4.5.

Le calorifuge est toujours placé suivant les prescriptions du fabricant.

4.6.

Le calorifuge ne peut pas être interrompu au droit des fixations des tuyauteries.

A titre d'exemple, les fixations peuvent être réalisées comme suit:

- Pour les tuyauteries d'eau chaude :
voir figures C41.-1. et C41.-2.
- Pour les tuyauteries d'eau chaude, d'eau glacée et d'eau froide:
voir figures C41.-3., C41.-4., C41.-5. et C41.-6.
- Pour les tuyauteries d'eau glacée :
voir figure C41.-7.

4.7.

Le calorifuge de tuyauteries d'eau à haute température ou de vapeur, ainsi que le calorifuge pourvu d'une enveloppe étanche à la vapeur (voir 8.2.), ne peut pas être interrompu au droit de la traversée des planchers ou parois. A ces endroits, l'isolation est protégée par un fourreau métallique inoxydable. Celui-ci déborde les planchers de 5 cm vers le haut.

4.8.

A tous les endroits où le calorifuge s'arrête, on pose des manchettes d'une largeur de 30 mm protégeant efficacement l'isolation, sans cependant toucher la tuyauterie.

5. Robinetterie et accessoires de tuyauteries

5.1.

Pour eau chaude de plus de 60° C, pour vapeur et pour fluide thermique.

Tous les robinets, filtres, clapets anti-retour, pièces d'assemblage, ... de diamètre supérieur à DN 40 sont calorifugés, y compris les brides. Seuls les organes de commande restent découverts. Le calorifuge, couvrant les organes à contrôler en exploitation et les organes à démonter pour l'entretien, est amovible.

Ce calorifuge est réalisé :

- a. par la mise en oeuvre d'une enveloppe isolante souple préfabriquée consistant en une couche de laine minérale enfermée dans un revêtement.

L'isolation se compose de laine de roche ayant une masse volumique minimale de 40 kg/m³ ou de laine de verre ayant une masse volumique minimale de 24 kg/m³. L'épaisseur initiale de l'isolation est de 60 mm au minimum. Les surfaces externe et interne sont revêtues d'un tissu de fibres de verre entièrement étanche en service, de façon à ne pas altérer les caractéristiques physiques du matériau d'isolation.

L'enveloppe est fixée de telle manière qu'elle puisse être posée et ultérieurement enlevée très rapidement sans outils. L'enveloppe offre une résistance mécanique suffisante pour supporter de nombreux démontages et poses sans perdre pour autant son aspect original et son efficacité. Les fixations ne comprennent pas de parties susceptibles de rouiller.

L'enveloppe isolante entoure entièrement l'élément à isoler, y compris les brides, et recouvre les extrémités du calorifuge de la tuyauterie sur une distance de 10 cm au minimum. L'enveloppe est parfaitement adaptée à la forme et aux dimensions de l'élément à isoler.

Il est interdit de découper des ouvertures dans l'enveloppe pour permettre le passage de certaines parties de l'élément à isoler ou pour quelque autre raison que ce soit. Les éléments à isoler sont disposés de telle manière qu'aucune découpe ne soit nécessaire.

- b. par la mise en oeuvre d'une boîte préfabriquée placée autour de l'élément à isoler et sur les parois de laquelle est fixé un isolant. La boîte est constituée d'aluminium d'une épaisseur minimale de 0,8 mm ou d'une matière synthétique de rigidité équivalente. La résistance thermique de l'isolant est de 1,5 (m²K)/W au minimum.

La boîte est pourvue à la face inférieure d'un petit trou servant à évacuer l'eau qui aurait éventuellement pénétré dans la boîte. L'isolant est imperméable, de sorte que l'eau ne soit pas absorbée par l'isolant mais s'écoule vers la partie inférieure de la boîte et en soit évacuée. Les propriétés physiques de l'isolant ne peuvent pas être altérées par l'eau.

La boîte est fixée de telle manière qu'elle puisse être posée et ultérieurement enlevée très rapidement sans outils. La boîte offre une résistance mécanique suffisante pour supporter de nombreux démontages et poses sans perdre pour autant son aspect original et son efficacité.

La boîte entoure entièrement l'élément à isoler, y compris les brides, et recouvre les extrémités du calorifuge de la tuyauterie sur une distance d'au moins 10 cm. La boîte est parfaitement adaptée à la forme et aux dimensions de l'élément à isoler.

5.2. Pour eau glacée

Tous les robinets, filtres, clapets anti-retour, pièces d'assemblage, ... sont calorifugés, y compris les brides. Seuls les organes de commande restent découverts. Le calorifuge couvrant les organes à contrôler en exploitation et les organes à démonter pour l'entretien, est amovible.

Ce calorifuge est réalisé comme suit :

- a. Jusqu'à et y compris DN 40, on utilise un ruban auto-collant de mousse synthétique souple à structure à cellules fermées et paroi extérieure lisse, que l'on enroule autour de l'élément à isoler.

Le ruban a une épaisseur de 3 mm au minimum et l'épaisseur totale de l'isolation, après pose, est au moins de :

- 9 mm jusque et y compris DN 20
- 12 mm jusque et y compris DN 40

L'isolation comporte au moins deux couches. Chaque couche est parfaitement continue, c'est-à-dire que les spires sont parfaitement jointives. Les couches successives sont placées à joints alternés.

- b. À partir du diamètre DN 50, on utilise des panneaux de mousse synthétique souple à structure à cellules fermées et paroi extérieure lisse. Un cylindre d'aluminium est tout d'abord placé par-dessus les brides, comme support du calorifuge. Les pièces de forme découpées dans les panneaux isolants sont placées autour de l'élément à isoler de manière à constituer une boîte qui l'enveloppe entièrement. Les joints sont soigneusement collés et leurs lèvres pressées l'une contre l'autre pour qu'ils soient parfaitement étanches.

Les épaisseurs des panneaux sont les suivantes :

- 18 mm jusqu'à et y compris DN 100
- 24 mm jusqu'à et y compris DN 250
- 30 mm jusqu'à et y compris DN 500

Dans les deux cas, la surface extérieure de l'isolation est peinte de la même couleur que le revêtement de l'isolation des tuyauteries.

6. Conduits d'air

6.1.

Tous les conduits d'air neuf et d'air pulsé sont calorifugés.

Le cahier spécial des charges détermine quels conduits d'air extrait, air recyclé ou air évacué vers l'extérieur sont également calorifugés.

6.2. Matériaux et épaisseurs

Pour l'isolation des conduits d'air, les matériaux suivants sont admis :

- matelas souples à lamelles (avec fibres perpendiculaires au conduit) de laine de roche ayant une masse volumique minimale de 40 kg/m³ , ou de laine de verre ayant une masse volumique minimale de 24 kg/m³
- panneaux semi-rigides de laine de roche ayant une masse volumique minimale de 50 kg/m³, ou de laine de verre ayant une masse volumique minimale de 30 kg/m³
- panneaux de caoutchouc ou de mousse synthétique souple à structure à cellules fermées et paroi extérieure lisse.

Pour les conduits d'air pulsé, d'air extrait, d'air recyclé ou d'air évacué vers l'extérieur, le calorifuge a une résistance thermique minimale de 0,65 m².K/W.

Pour ces mêmes conduits soumis aux influences extérieures, la résistance thermique est de 1,5 m².K/W.

Pour les conduits d'air neuf, la résistance thermique est de 0,5 m².K/W.

6.3. Placement de l'isolation

6.3.1.

Sauf imposition contraire dans le cahier spécial des charges, l'isolation thermique est toujours placée à l'extérieur des conduits d'air.

6.3.2. Accessibilité des accessoires

Tous les organes de réglage et de contrôle doivent rester accessibles et les regards de visite doivent pouvoir s'ouvrir sans détérioration de l'isolation. Ces regards de visite sont pourvus d'un calorifuge indépendant.

6.3.3. Fixation de l'isolant

La fixation du matériau d'isolation sur les conduits d'air s'effectue comme suit :

- Le calorifuge en caoutchouc ou mousse synthétique est fixé sur les conduits d'air par collage.
- Le calorifuge en laine minérale est fixé sur les conduits d'air :
 - soit par collage
 - soit par tiges munies de rondelles de fixation, serties, soudées ou collées sur le conduit, la distance entre deux tiges ne dépassant pas 0,5 m. La fixation résiste à une traction de 12,5 N.

Ensuite, les matelas sont maintenus par des bandes en métal (pas en matière synthétique) tous les 0,5 m. Lorsqu'il est fait usage de plaques, les angles sont renforcés d'équerres et une bande métallique ou synthétique périphérique est placée tous les 0,5 m.

6.3.4.

Le revêtement des joints longitudinaux et transversaux est tel que l'efficacité du calorifuge ne soit pas réduite.

7. Générateurs, appareils de chauffage, groupes de traitement d'air

7.1. Générateurs

Les générateurs sont calorifugés suivant les prescriptions données ci-après, sauf ceux qui ne sont pas maintenus à température ou ceux qui sont couverts par une norme imposant un rendement saisonnier ou ceux pour lesquels il existe une contrainte technologique empêchant de réaliser ce calorifuge.

Le calorifuge est mis en oeuvre en usine.

La nature du calorifuge est laissée au choix de l'installateur, mais l'épaisseur est déterminée en fonction du coefficient de conduction thermique λ du matériau choisi, de façon à obtenir une résistance thermique $R = e/\lambda = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

La valeur de λ est déterminée en fonction de la température moyenne t_m régnant dans la couche isolante.

$$t_m = \frac{t_i + t_s}{2} \approx \frac{t_i + t_e}{2}$$

Le calorifuge est protégé par un revêtement métallique rigide inoxydable ou traité contre la corrosion.

7.2. Echangeurs, accumulateurs et échangeurs-accumulateurs

Les échangeurs, accumulateurs et échangeurs-accumulateurs sont calorifugés.

Le calorifuge est mis en oeuvre en usine.

La nature du calorifuge est laissée au choix de l'installateur, mais l'épaisseur est déterminée en fonction du coefficient de conduction thermique λ du matériau choisi, de façon à obtenir une résistance thermique $R = e/\lambda = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

La valeur de λ est déterminée en fonction de la température moyenne t_m régnant dans la couche isolante :

$$t_m = \frac{t_i + t_s}{2} \approx \frac{t_i + t_e}{2}$$

Le calorifuge est protégé par un revêtement métallique rigide inoxydable ou traité contre la corrosion.

7.3. Groupes de traitement d'air

Les groupes de traitement d'air sont pourvus d'une couche d'isolation thermique, tant sur les parties froides que sur les parties chaudes.

L'épaisseur est déterminée en fonction du coefficient de conduction thermique λ du matériau choisi, de façon à obtenir une résistance thermique

$R = e/\lambda \geq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les centrales de toiture

$R = e/\lambda \geq 0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les autres groupes

L'isolation thermique est placée à l'intérieur du groupe et la surface intérieure est protégée par une couche de finition lisse pour éviter l'érosion par l'air véhiculé.

8. Revêtement de l'isolation

8.1. Tuyauteries d'eau chaude, de vapeur et de fluides thermiques

8.1.1. Tuyauteries apparentes

8.1.1.1. Collecteurs

Ceux-ci sont toujours parachevés au moyen d'une tôle en aluminium d'une épaisseur d'au moins 1 mm.

8.1.1.2. Autres tuyauteries

- Sauf imposition contraire dans le cahier spécial des charges, le calorifuge en caoutchouc synthétique souple ou mousse de PE souple à structure à cellules fermées et paroi extérieure lisse n'est pas pourvu d'un revêtement.

- Les autres matériaux isolants sont parachevés au moyen d'une feuille en aluminium d'une épaisseur de 0,6 mm au minimum jusqu'à DN 100 et de 0,8 mm au minimum à partir de DN 125.

Les coudes et dérivations sont constitués de pièces préformées ou de segments découpés sur mesure.

Dans toute la mesure du possible, les joints longitudinaux doivent rester cachés. Les extrémités du calorifuge sont parachevées au moyen de manchettes en aluminium d'une épaisseur minimale de 0,25 mm.

- Le revêtement peut également être constitué d'un matériau synthétique dur résistant aux projections d'eau. Ce revêtement se présente sous forme d'une feuille ou est à appliquer à la brosse ou au pistolet. Lorsqu'il s'agit d'une feuille, les coudes sont constitués de pièces préformées ou de segments découpés sur mesure.

La feuille est fixée par des agrafes en matière synthétique ou par collage avec chaque fois un recouvrement suffisant. Lorsque les joints sont collés, ce recouvrement est de 25 mm au minimum. Les joints transversaux et longitudinaux sont parachevés au moyen d'un ruban auto-collant d'une largeur minimale de 50 mm, de la même teinte que le revêtement. Les extrémités du calorifuge sont parachevées au moyen de manchettes en aluminium d'une épaisseur minimale de 0,25 mm.

8.1.2. Tuyauteries non apparentes

- Lorsque le matériau isolant consiste en un caoutchouc synthétique souple ou une mousse de PE souple, il n'est pas prévu de revêtement.
- En tout autre cas, l'isolation est entourée d'un revêtement comprenant entre-autres une feuille d'aluminium (simple ou double) d'une épaisseur minimale de 0,020 mm (épaisseur totale dans le cas d'une feuille double) et un treillis de renforcement en fibres, l'ensemble présentant une résistance à la traction d'au moins 4 kN/m (selon ISO 1924/1) et une limite d'éclatement d'au moins 200 kPa (selon ISO 2758).
Ce revêtement est appliqué en usine sur les coquilles isolantes. Les joints transversaux et longitudinaux sont parachevés au moyen d'une bande d'aluminium auto-collante d'une largeur minimale de 50 mm.

8.2. Tuyauteries d'eau froide d'alimentation et d'eau glacée

Le calorifuge est revêtu de la même manière que pour les tuyauteries d'eau chaude. Toutefois, le calorifuge doit être entouré d'une barrière de vapeur, à moins qu'il ne constitue lui-même barrière de vapeur. La perméabilité à la vapeur d'eau de la barrière de vapeur ne peut être supérieure à 0,05 perm(1). Tous les joints sont rendus parfaitement étanches à l'humidité, aussi bien entre éléments de barrière qu'entre celle-ci et le tuyau, là où le calorifuge se termine, ceci au moyen d'une bande en aluminium auto-collante d'une largeur minimale de 50 mm.

(1) 1 perm = 1 g/(s.MN) ce qui correspond à un µd de 1.312 m

8.3. Conduits d'air

8.3.1. Conduits d'air calorifugés au moyen de laine minérale

- Le calorifuge des conduits d'air neuf, froid ou refroidi est entouré d'un revêtement comprenant entre-autres une feuille d'aluminium (simple ou double) d'une épaisseur minimale de 0,020 mm (épaisseur totale dans le cas d'une feuille double) et un treillis de renforcement en fibres, l'ensemble présentant une résistance à la traction d'au moins 4 kN/m (selon ISO 1924/1) et une limite d'éclatement d'au moins 200 kPa (selon ISO 2758).

Ce revêtement est appliqué en usine sur l'isolant.

La perméabilité à la vapeur d'eau du revêtement ne peut être supérieure à 0,05 perm.

Tous les joints sont rendus parfaitement étanches à l'humidité au moyen d'une bande en aluminium auto-collante d'une largeur minimale de 50 mm.

- Le calorifuge des autres conduits d'air est revêtu de la même manière (y compris le recouvrement des joints), toutefois sans exigence quant à la perméabilité à la vapeur d'eau.

8.3.2. Conduits d'air calorifugés au moyen de caoutchouc ou de mousse synthétique souple

Sauf imposition contraire dans le cahier spécial des charges, le calorifuge n'est pas pourvu d'un revêtement.

Tous les joints du calorifuge des conduits d'air neuf, froid ou refroidi sont rendus parfaitement étanches à la vapeur d'eau.

(perméabilité \leq 0,05 perm)

8.3.3. Conduits d'air soumis aux influences extérieures

Ces conduits d'air sont parachevés au moyen d'un revêtement étanche à l'eau et résistant aux intempéries, en tôle d'aluminium d'une épaisseur minimale de 1,0 mm.

9. Code de mesurage du calorifuge

9.1.

Le calorifuge des tuyauteries est mesuré au mètre courant, avec mention du diamètre de la tuyauterie.

9.2.

Le calorifuge des conduits d'air est mesuré au mètre carré.

9.3.

Le calorifuge de la robinetterie est mesuré à la pièce avec mention du diamètre.

9.4.

Le calorifuge d'appareils est mesuré à la pièce.

9.5.

La longueur des tuyauteries et conduits d'air est mesurée suivant l'axe jusqu'aux appareils.

Dans les coudes et les noeuds, les longueurs sont mesurées jusqu'au point d'intersection des axes des parties droites.

Aux changements de section des conduits d'air, on considère que la plus grande section se prolonge sur toute la longueur du changement de section.

ARTICLE C41. - CALORIFUGE - ANNEXE

I. Valeurs optimales, du point de vue économique, des déperditions ou des apports thermiques " k_1 ", et épaisseurs de calorifuge en résultant.

A. Fluides "chauds"

Pour les fluides "chauds" la présente annexe comporte

- seize tableaux, précédés de deux organigrammes
- quatre graphiques

A.1. Les tableaux

A.1.1.

Chaque tableau se caractérise par les paramètres suivants :

- t_e = la température de l'ambiance ($^{\circ}\text{C}$)
- C = la constante de rayonnement de la surface externe en contact avec l'ambiance, exprimée en $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$

La température du fluide est fixée, pour les huit premiers tableaux, à 80°C , et pour les huit autres, à 50°C .

La succession des tableaux est donnée dans les organigrammes qui les accompagnent. Au bas de ces organigrammes, figurent les numéros des tableaux à consulter.

A.1.2.

Chaque tableau indique tout d'abord, dans la première colonne, et pour chaque diamètre nominal DN, la valeur du coefficient de transmission thermique linéaire k_1 résultant d'un calcul d'optimisation économique, dans lequel interviennent notamment le coût du combustible et l'écart de température entre le fluide et l'ambiance extérieure.

Les hypothèses du calcul d'optimisation économique sont les suivantes :

- durée de fonctionnement de l'installation : 242 j/an, 24 h/j
- écart de température entre le fluide et l'ambiance extérieure : 80°C ou 50°C , selon le cas
- $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}.\text{K})$

- $h_e = 8,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ jusqu'à DN 15
- = $8,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ de DN 20 à DN 50
- = $7,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ de DN 65 à DN 125
- = $7,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ de DN 150 à DN 250
- = $6,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ de DN 300 à DN 400
- coût du combustible, T.V.A. incluse : 1,143 F/kWh
- coût d'installation du calorifuge variant linéairement en fonction de l'épaisseur, soit donc de la forme $M + Ne$ (F/m²) avec $M = 700 \text{ F/m}^2$ et $N = 6.600 \text{ F/m}^3$
- annuités : investissement d'installation du calorifuge + frais d'entretien : 14,4 %

Les valeurs k_l issues de ce calcul sont adoptées comme optima, quelle que soit la valeur du coefficient de conduction λ de l'isolant.

A.1.3.

Les tableaux donnent d'autre part, pour chaque diamètre de DN 10 à DN 400, et en fonction du coefficient de conduction λ de l'isolant :

e^* = l'épaisseur de l'isolant (mm) correspondant au k_l

d_{ec}^* = le diamètre extérieur de l'isolant (mm)

t_s = la température de la surface externe en contact avec l'ambiance (°C)

t_m = la température moyenne dans l'isolant (°C)

N.B. : L'astérisque (*) indique que la grandeur est exprimée en mm, et non en m.

A.1.4.

Les tableaux s'utilisent de la manière suivante :

- Détermination de la température de l'ambiance.
- Choix de l'isolant et de son revêtement éventuel, ce qui détermine la constante C et, moyennant une évaluation de la température moyenne dans l'isolant, le coefficient de conduction λ de celui-ci.
- Lecture, dans le tableau ad hoc, de d_{ec}^* , e^* , t_s et t_m (dans les tableaux, ces grandeurs sont désignées respectivement par les symboles DE, E, TS et TM)

- Connaissant t_m , vérification de l'exactitude de la valeur adoptée pour la conductivité de l'isolant ; le cas échéant, procéder par itérations.

A.2. Les graphiques

La présente annexe comporte également quatre graphiques.

Les graphiques 1 et 2 donnent, pour chaque diamètre de DN 10 à DN 400, l'évolution du coefficient de transmission thermique linéaire optimal ($k_l \text{ opt}$) et de l'épaisseur optimale ($e \text{ opt}$) correspondante, pour $\lambda = 0,040 \text{ W/(m.K)}$, en fonction de l'écart de température Δt ($^{\circ}\text{C}$) entre le fluide et l'ambiance extérieure, en supposant constant le coût du combustible ($C = 1,143 \text{ F/kWh}$).

Lorsque, au cours d'une saison de chauffe, la température du fluide varie (c'est le cas, par exemple, des installations équipées d'une régulation faisant dépendre la température du fluide de la température extérieure), la température de fluide à considérer est une température moyenne sur l'ensemble de cette période.

Les graphiques 3 et 4 donnent, pour chaque diamètre de DN 10 à DN 400, l'évolution du coefficient de transmission thermique linéaire optimal ($k_l \text{ opt}$) et de l'épaisseur optimale ($e \text{ opt}$) correspondante, pour $\lambda = 0,040 \text{ W/(m.K)}$, en fonction du coût du combustible C (F/kWh) en supposant cette fois constant l'écart de température entre le fluide et l'ambiance extérieure ($\Delta t = 80^{\circ} \text{ C}$).

B. Fluides "froids"

Pour les valeurs optimales relatives aux fluides "froids" la présente annexe comporte deux tableaux (17 et 18), précédés d'un organigramme.

B.1.

Chaque tableau se caractérise par le paramètre suivant :

C = la constante de rayonnement de la surface externe en contact avec l'ambiance, exprimée en $\text{W/(m}^2.\text{K}^4)$

B.2.

Chaque tableau indique tout d'abord, dans la première colonne, et pour chaque diamètre nominal DN, la valeur du coefficient de transmission thermique linéaire k_l résultant d'un calcul d'optimisation économique, dans lequel interviennent notamment le coût énergétique et la durée moyenne de fonctionnement de l'installation.

Les hypothèses du calcul d'optimisation économique sont les suivantes :

- la valeur moyenne du produit $D.P_C$

où D = la durée moyenne de fonctionnement de l'installation en heures/an

P_C = le coût du kWh thermique, TVA incluse (19 %) en F/kWh

est fixée à 3150 comme valeur intermédiaire entre les valeurs (3285 et 3091) obtenues pour une grande installation ($P > 500$ kW) refroidie par eau et une petite installation ($P \approx 10$ kW) refroidie par air.

Certains cas peuvent toutefois se situer assez loin hors de ces limites.

- écart de température entre le fluide et l'ambiance extérieure : 15°C

- $\lambda = 0,040 \text{ W/(m.K)}$

- valeurs de h_e en $\text{W/(m}^2.\text{K)}$ pour toute valeur de C et en fonction du diamètre de la tuyauterie :

8,8 jusqu'à DN 15

8,1 de DN 20 à DN 50

7,4 de DN 65 à DN 125

7,1 de DN 150 à DN 250

6,7 de DN 300 à DN 400

- coût d'installation du calorifuge variant linéairement en fonction de l'épaisseur, soit donc de la forme $M + Ne$ (F/m^2) avec $M = 700 \text{ F/m}^2$ et $N = 6.600 \text{ F/m}^3$

- annuités : investissement d'installation du calorifuge + frais d'entretien : 14,4 %

Les valeurs k_l issues de ce calcul sont adoptées comme optima, quelle que soit la valeur du coefficient de conduction λ de l'isolant.

B.3.

Les tableaux donnent d'autre part, pour chaque diamètre de DN 10 à DN 400, et en fonction du coefficient de conduction λ de l'isolant :

e^* = l'épaisseur de l'isolant (mm) correspondant au k_l

d^*_{ec} = le diamètre extérieur de l'isolant (mm)

t_s = la température de la surface externe en contact avec l'ambiance ($^\circ\text{C}$)

t_m = la température moyenne dans l'isolant ($^\circ\text{C}$)

N.B. : L'astérisque (*) indique que la grandeur est exprimée en mm, et non en m.

B.4.

Les tableaux s'utilisent de la manière suivante :

- Choix de l'isolant et de son revêtement éventuel, ce qui détermine la constante C et, moyennant une évaluation de la température moyenne dans l'isolant, le coefficient de conduction lambda de celui-ci.
- Lecture, dans le tableau ad hoc, de d^*_{ec} , e^* , t_s et t_m (dans les tableaux, ces grandeurs sont désignées respectivement par les symboles DE, E, TS et TM).
- Connaissant t_m , vérification de l'exactitude de la valeur adoptée pour la conductivité de l'isolant ; le cas échéant, procéder par itérations.

II. Fluides "froids" - Valeurs des apports thermiques linéaires maxima k'_l max en vue d'éviter la condensation à la surface extérieure de l'isolant ou de son revêtement, et épaisseurs d'isolant en résultant.

En assimilant d_{ec} à d_{ec} et en combinant l'expression simplifiée de k'_l donnée ci-dessus au point 2.3.1.

$$k'_l = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2\lambda c} \cdot \ln \frac{d_{ec}}{d_{ic}} \right) + \frac{1}{h_e \cdot d_{ec}}}$$

avec l'expression de t_s donnée ci-dessus au point 2.3.4.

$$t_s = t_e + \frac{t_i - t_e}{\frac{h_e \cdot d_{ec}}{2 c} \cdot \ln \frac{d_{ec}}{d_{ic}} + 1}$$

on obtient :

$$k'_{l} = \frac{t_s - t_e}{t_i - t_e} \cdot \pi \cdot h_e \cdot d_{ec}$$

L'épaisseur d'isolant adéquate peut ainsi être obtenue par itération à partir du tableau des valeurs k'_{l} repris au point 3.3.1.2. ci-dessus où la valeur du facteur $\frac{t_s - t_e}{t_i - t_e}$ a été fixée à 0,32 couvrant 2 conditions extrêmes fréquentes suffisamment sévères

Température du fluide : $t_i = 7^{\circ} \text{C}$

$t_e = 17^{\circ} \text{C} * 80 \% \text{ H.R.} * t_s = 13,8^{\circ} \text{C}$

climat externe normal en été

$t_e = 22^{\circ} \text{C} * 75 \% \text{ H.R.} * t_s = 17,2^{\circ} \text{C}$

locaux refroidis sans déshumidification

Il importe d'introduire ici la valeur de h_e fonction de C et du diamètre de la tuyauterie, donnée par le tableau qui suit.

Si $C \leq 2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$	Tuyauterie	Si $C > 2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$
h_e [en $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$]		
= 6,00	jusqu'à DN 15	9,46
5,61	de DN 20 à DN 50	9,13
4,45	de DN 65 à DN 125	8,15
3,89	de DN 150 à DN 200	7,64
3,50	DN 250	7,35
3,39	DN 300	7,26
3,32	DN 350	7,20
3,23	DN 400	7,13

Ces valeurs de h_e ont été établies avec une température d'ambiance de 25°C .

La présente annexe comporte deux tableaux (19 et 20), précédés d'un organigramme.

Chaque tableau se caractérise par le paramètre suivant :

C = la constante de rayonnement de la surface externe en contact avec l'ambiance, exprimée en $W/(m^2.K^4)$

Les valeurs de $k'l$, mentionnées au point 3.3.1.2. ci-dessus, sont adoptées quelle que soit la valeur du coefficient de conduction λ de l'isolant.

Les tableaux 19 et 20 donnent les épaisseurs qui correspondent aux valeurs λ des isolants

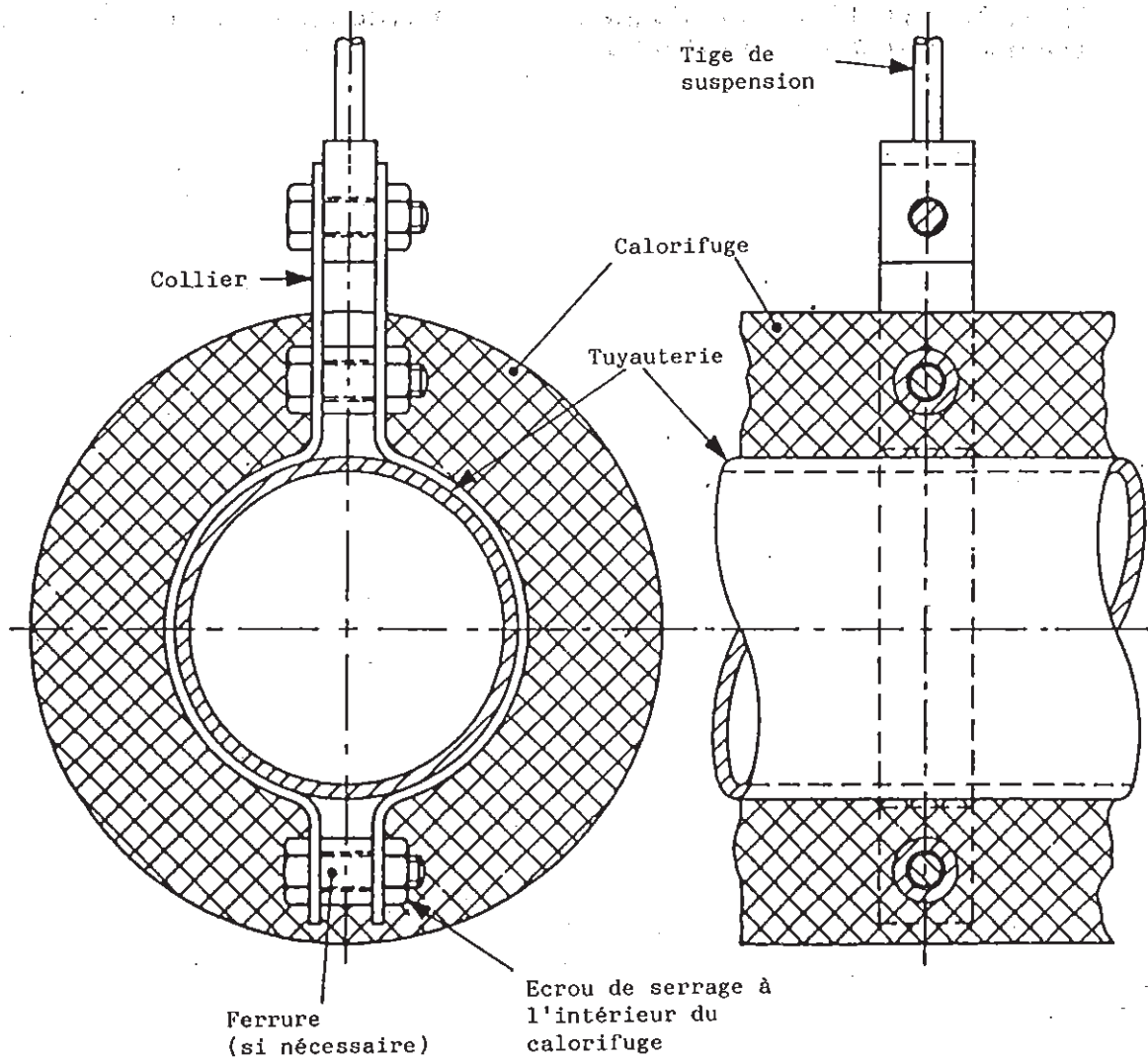


Fig. C41.-1.

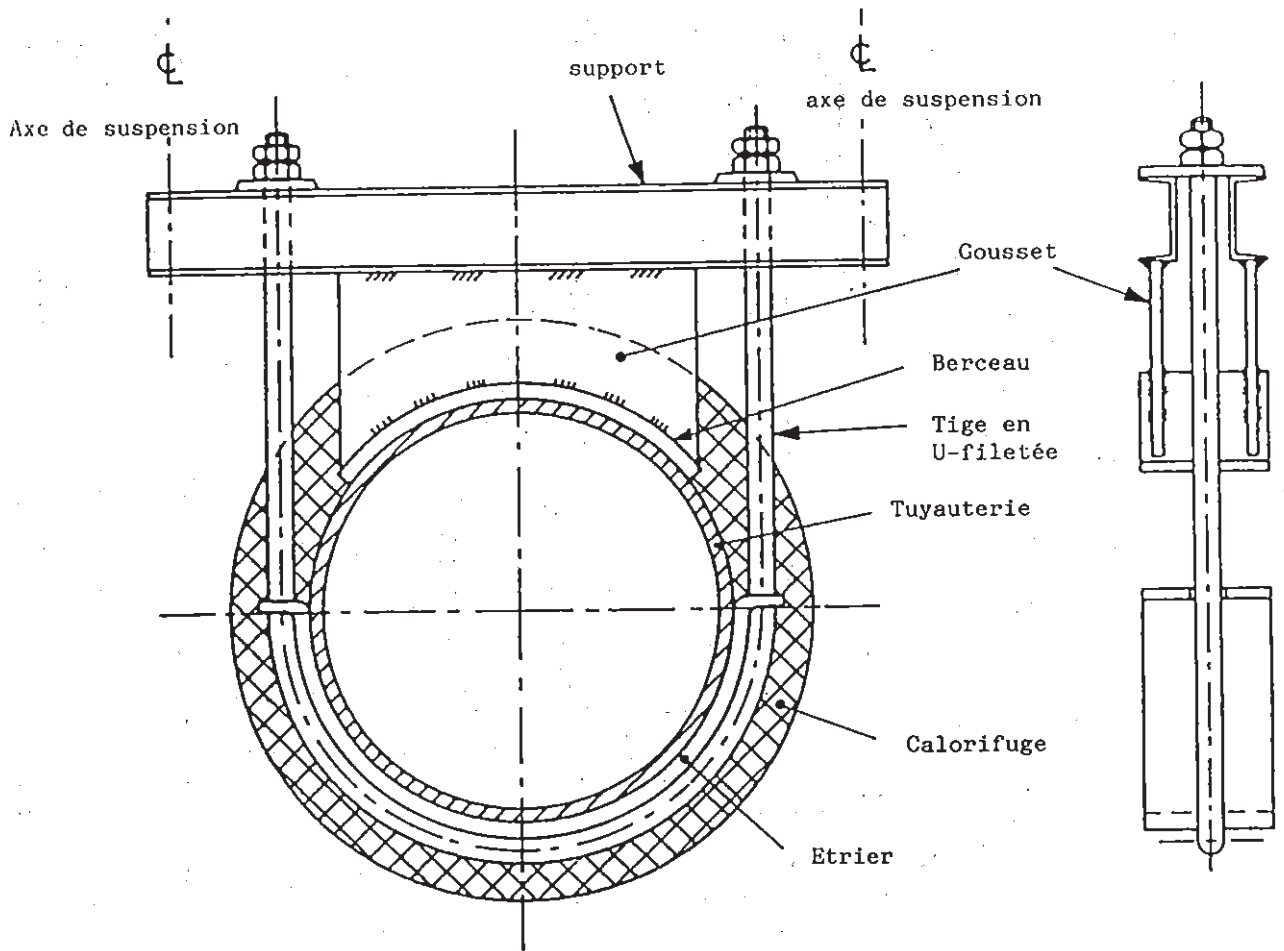


Fig. C41.-2.

II./C41./30.
105/90

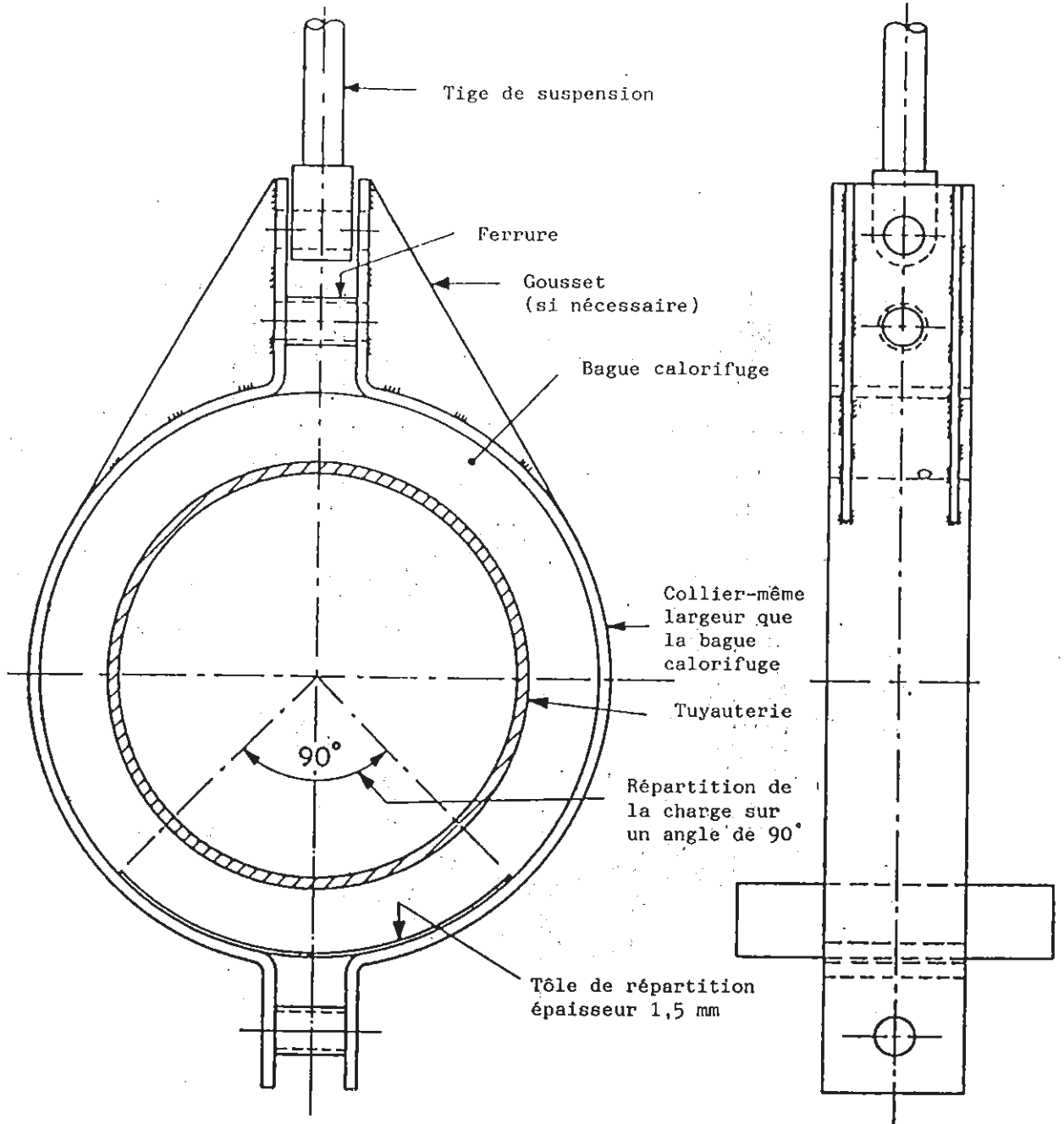


Fig. C41.-3.

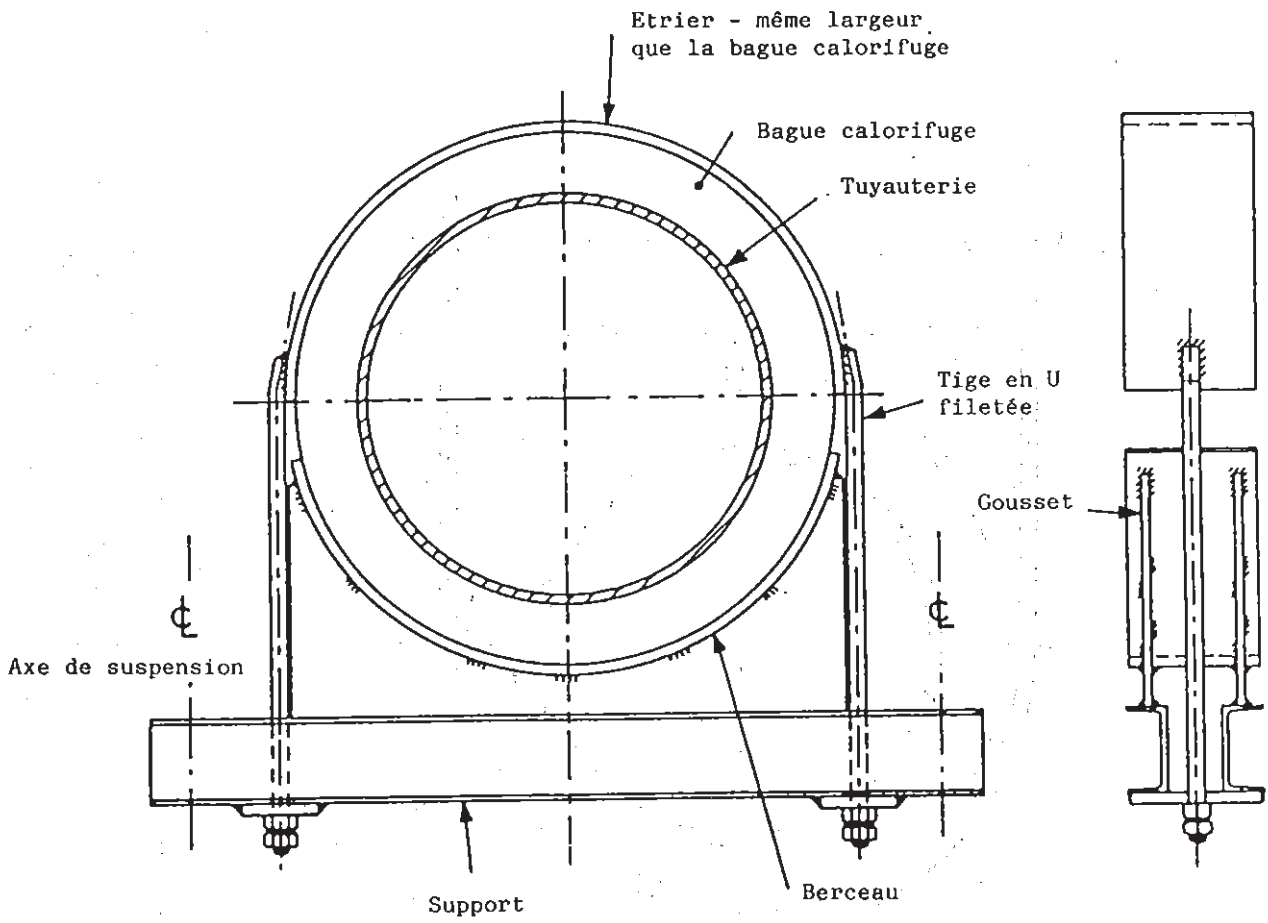


Fig. C41.-4.

II./C41./32.
105/90

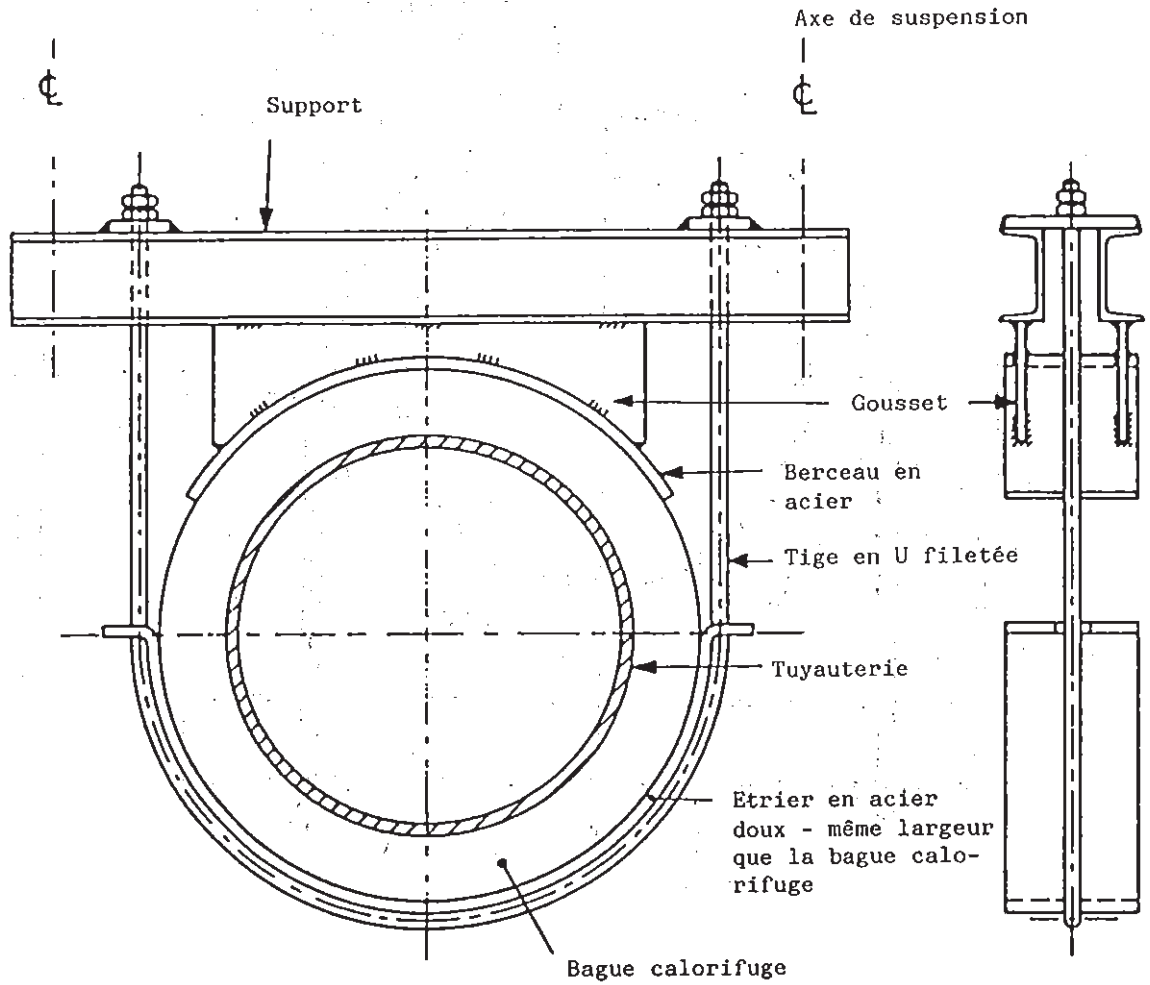


Fig. C41.-5.

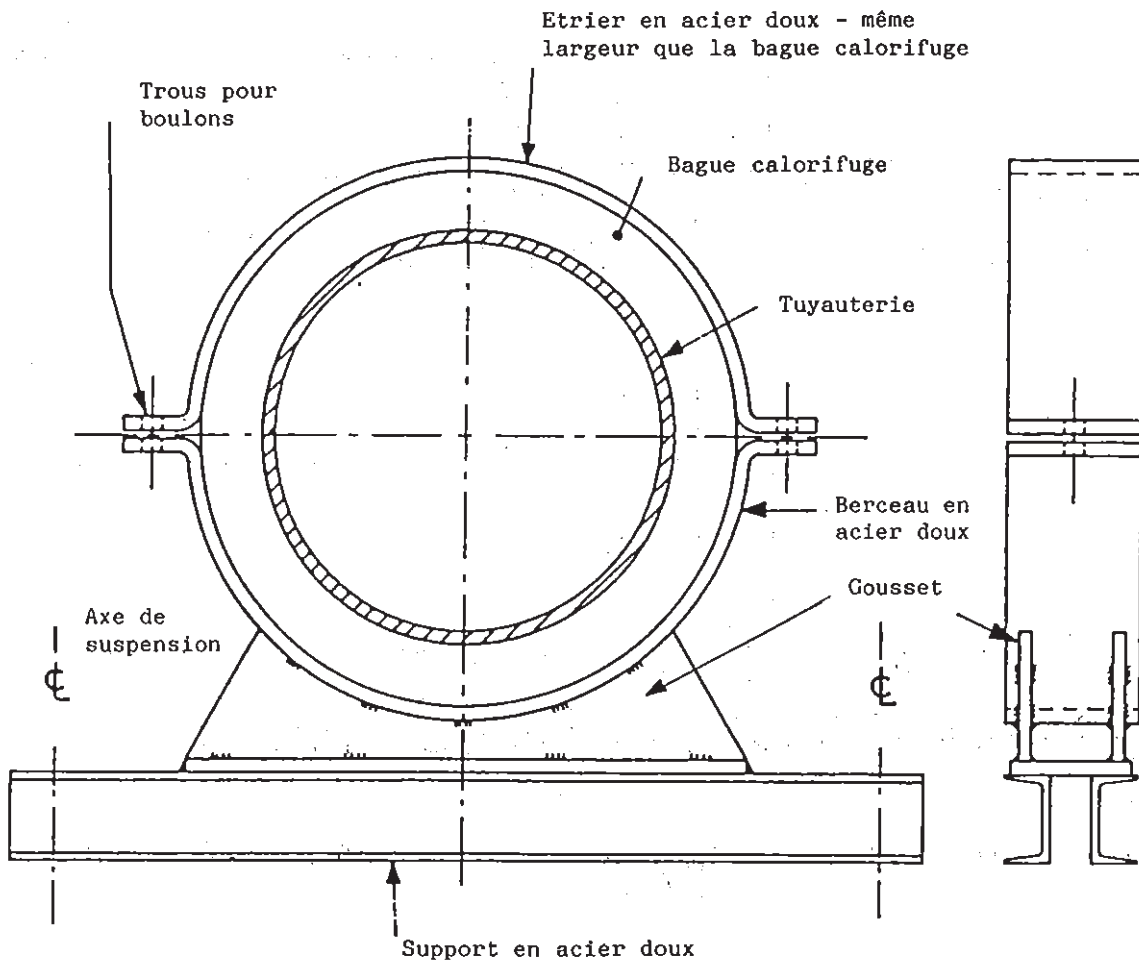


Fig. C41.-6.

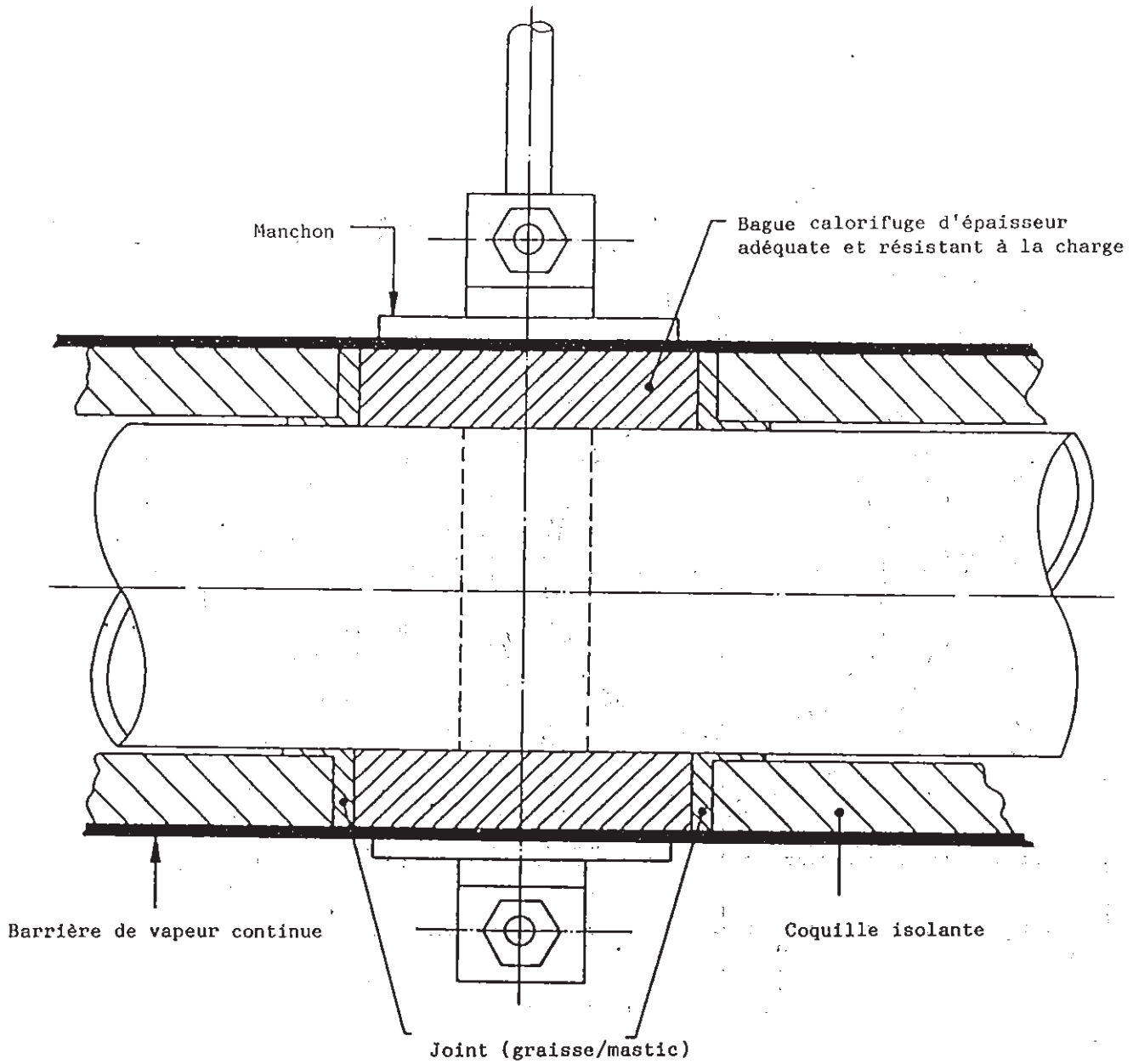
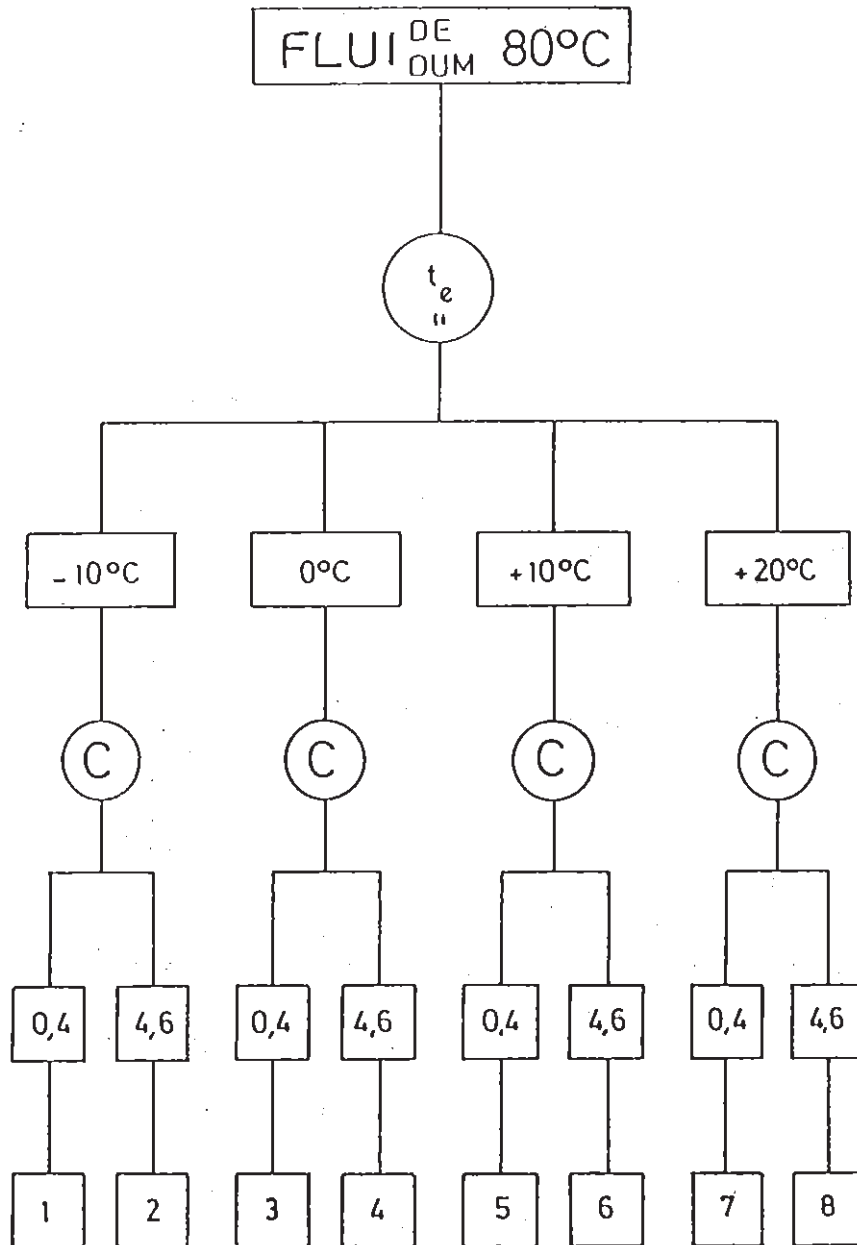


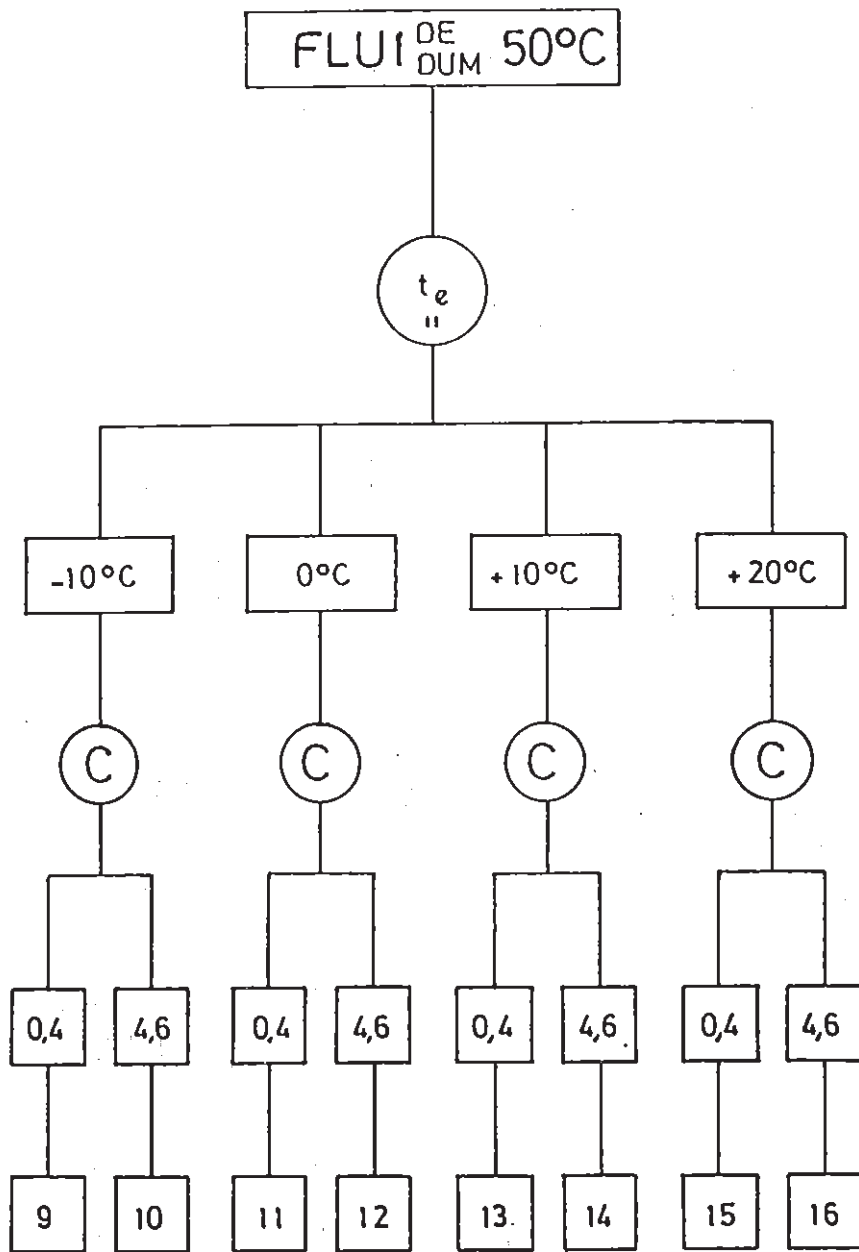
Fig. C41.-7.

ORGANIGRAM (ME)



TAB:C41

ORGANIGRAM (ME)



TAB: C41

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 0.40 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante - 10 °C Omgevingstemperatuur			
DE = d _o	= diamètre extérieur de l'isolant												- buitendiameter van de isolatie		(mm)			
E = e	= épaisseur de l'isolant												- dikte van de isolatie		(mm)			
TS = t _s	= température de surface de l'isolant												- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)			
TM = t _m	= température moyenne dans l'isolant												- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)			
LAMDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700						
DN	DE	34.0	41.2	50.0	61.6	76.0	94.4	117.2	146.4	182.8	228.4	284.0						
10	E	8.4	12.0	16.4	22.2	29.4	38.6	50.0	64.6	82.8	105.6	133.4						
	TS	8.6	0.4	4.7	3.0	1.3	-0.1	-1.3	-2.5	-3.5	-4.3	-4.9						
0.148	TM	44.3	43.2	42.4	41.5	40.7	40.0	39.3	38.8	38.3	37.8	37.6						
DN	DE	40.5	48.5	58.5	70.5	85.7	104.9	128.9	158.1	194.1	238.9	292.9						
15	E	9.6	13.6	18.6	24.6	32.2	41.8	53.8	68.4	86.4	108.8	135.8						
	TS	7.7	5.8	4.1	2.7	1.3	-0.1	-1.4	-2.4	-3.3	-4.2	-4.7						
0.158	TM	43.8	42.9	42.0	41.3	40.6	40.0	39.3	38.8	38.3	37.9	37.6						
DN	DE	46.9	58.1	68.5	81.7	97.7	117.7	141.7	170.9	206.5	249.7	300.9						
20	E	11.0	15.6	20.8	27.4	35.4	45.4	57.4	72.0	89.8	111.4	137.0						
	TS	6.9	5.0	3.7	2.3	1.1	-0.3	-1.3	-2.3	-3.2	-3.9	-4.5						
0.171	TM	43.5	42.5	41.9	41.2	40.5	39.9	39.3	38.8	38.4	38.0	37.8						
DN	DE	58.9	68.5	80.1	94.1	110.5	130.9	154.9	183.7	218.5	259.7	307.7						
25	E	12.6	17.4	23.2	30.2	38.4	48.6	60.6	75.0	92.4	113.0	137.0						
	TS	6.0	4.5	3.3	2.1	1.0	-0.3	-1.2	-2.1	-2.9	-3.7	-4.2						
0.186	TM	43.0	42.3	41.6	41.0	40.5	39.9	39.4	38.9	38.5	38.2	37.9						
DN	DE	71.2	81.6	94.0	108.8	126.0	146.8	170.8	199.6	234.0	272.8	319.6						
32	E	14.4	19.6	25.8	33.2	41.8	52.2	64.2	78.6	95.8	115.2	138.6						
	TS	5.1	4.1	2.9	1.8	0.8	-0.1	-1.0	-1.8	-2.7	-3.3	-3.9						
0.203	TM	42.6	42.0	41.5	40.9	40.4	39.9	39.5	39.1	38.6	38.4	38.1						
DN	DE	79.1	90.3	103.5	118.7	136.7	157.9	182.3	211.1	244.7	284.3	330.3						
40	E	15.4	21.0	27.6	35.2	44.2	54.8	67.0	81.4	98.2	118.0	141.0						
	TS	4.9	3.8	2.7	1.7	0.7	-0.2	-1.0	-1.8	-2.5	-3.2	-3.8						
0.213	TM	42.4	41.9	41.3	40.8	40.4	39.9	39.5	39.1	38.7	38.4	38.1						
DN	DE	95.1	107.1	121.5	137.5	156.3	177.9	203.1	231.9	265.1	303.5	347.9						
50	E	17.4	23.4	30.6	38.6	48.0	58.8	71.4	85.8	102.4	121.6	143.8						
	TS	4.3	3.4	2.3	1.4	0.6	-0.2	-1.0	-1.7	-2.3	-3.0	-3.5						
0.233	TM	42.1	41.7	41.1	40.7	40.3	39.9	39.5	39.2	38.8	38.5	38.2						
DN	DE	115.3	128.5	143.7	160.9	180.9	203.3	228.5	257.7	290.5	328.1	370.9						
65	E	19.6	26.2	33.8	42.4	52.4	63.6	76.2	90.8	107.2	126.0	147.4						
	TS	3.7	2.9	2.0	1.3	0.4	-0.3	-0.9	-1.6	-2.2	-2.7	-3.3						
0.257	TM	41.9	41.5	41.0	40.6	40.2	39.9	39.5	39.2	38.9	38.6	38.4						
DN	DE	131.3	145.3	161.3	179.3	199.7	222.5	248.5	277.7	310.5	347.7	389.7						
80	E	21.2	28.2	36.2	45.2	55.4	66.8	79.8	94.4	110.8	129.4	150.4						
	TS	3.4	2.6	1.8	1.1	0.4	-0.3	-0.9	-1.5	-2.1	-2.6	-3.1						
0.275	TM	41.7	41.3	40.9	40.5	40.2	39.9	39.5	39.2	39.0	38.7	38.4						
DN	DE	161.9	177.5	194.7	213.9	235.1	258.7	285.1	314.3	347.1	383.5	423.9						
100	E	23.8	31.6	40.2	49.8	60.4	72.2	85.4	100.0	116.4	134.6	154.8						
	TS	3.0	2.2	1.6	0.9	0.3	-0.3	-0.9	-1.4	-1.9	-2.4	-2.8						
0.309	TM	41.5	41.1	40.8	40.5	40.1	39.9	39.6	39.3	39.0	38.8	38.6						
DN	DE	192.1	208.5	226.5	246.5	268.5	292.9	319.7	348.9	381.3	417.3	456.5						
125	E	26.2	34.4	43.4	53.4	64.4	76.6	90.0	104.6	120.8	138.8	158.4						
	TS	2.6	2.0	1.4	0.8	0.3	-0.3	-0.8	-1.3	-1.7	-2.2	-2.6						
0.341	TM	41.3	41.0	40.7	40.4	40.1	39.9	39.6	39.4	39.1	38.9	38.7						
DN	DE	225.1	242.3	261.5	282.3	305.1	329.9	357.1	386.7	418.7	454.3	492.7						
150	E	28.4	37.0	46.6	57.0	68.4	80.8	94.4	109.2	125.2	143.0	162.2						
	TS	2.3	1.8	1.2	0.7	0.2	-0.3	-0.7	-1.2	-1.6	-2.0	-2.4						
0.375	TM	41.1	40.9	40.6	40.4	40.1	39.9	39.6	39.4	39.2	39.0	38.8						
DN	DE	282.3	301.1	321.9	343.9	367.5	393.5	421.1	451.1	483.5	518.3	556.3						
200	E	31.6	41.0	51.4	62.4	74.2	87.2	101.0	116.0	132.2	149.6	168.6						
	TS	2.0	1.5	1.0	0.6	0.2	-0.2	-0.6	-1.0	-1.4	-1.8	-2.1						
0.431	TM	41.0	40.8	40.5	40.3	40.1	39.9	39.7	39.5	39.3	39.1	38.9						
DN	DE	341.8	361.8	383.4	406.6	431.4	457.8	485.8	516.2	548.2	583.0	619.8						
250	E	34.4	44.4	55.2	66.8	79.2	92.4	106.4	121.6	137.6	155.0	173.4						
	TS	1.7	1.4	1.0	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.9	-1.2	-1.6	-1.9						
0.488	TM	40.9	40.7	40.5	40.3	40.1	39.9	39.7	39.6	39.4	39.2	39.1						
DN	DE	397.1	418.3	440.7	464.7	489.9	517.1	545.5	575.9	608.3	642.7	679.5						
300	E	36.6	47.2	58.4	70.4	83.0	96.6	110.8	126.0	142.2	159.4	177.8						
	TS	1.6	1.2	0.9	0.5	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.7						
0.539	TM	40.8	40.6	40.4	40.3	40.1	39.9	39.8	39.6	39.5	39.3	39.2						
DN	DE	431.2	452.8	476.0	500.0	526.0	553.2	582.0	612.8	645.2	679.6	716.0						
350	E	37.8	48.6	60.2	72.2	85.2	98.8	113.2	128.6	144.8	162.0	180.2						
	TS	1.5	1.2	0.8	0.5	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6						
0.570	TM	40.8	40.6	40.4	40.3	40.1	39.9	39.8	39.6	39.5	39.3	39.2						
DN	DE	485.2	507.6	531.2	556.0	582.4	610.0	639.2	669.6	702.0	736.4	772.4						
400	E	39.4	50.6	62.4	74.8	88.0	101.8	116.4	131.6	147.8	165.0	183.0						
	TS	1.4	1.1	0.8	0.5	0.2	-0.1	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2	-1.4						
0.620	TM	40.7	40.6	40.4	40.3	40.1	40.0	39.8	39.7	39.6	39.4	39.3						

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 4.60 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur - 10 °C	
DE = d _e	=	diamètre extérieur de l'isolant											=	buitendiameter van de isolatie	(mm)	
E = e	=	épaisseur de l'isolant											=	dikte van de isolatie	(mm)	
TS = t _s	=	température de surface de l'isolant											=	oppervlaktetemperatuur van de isolatie	(°C)	
TM = t _m	=	température moyenne dans l'isolant											=	gemiddelde temperatuur in de isolatie	(°C)	
LAMDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700				
10	DE	36.0	44.0	54.0	66.8	82.8	102.8	128.4	160.0	199.2	248.8	310.0				
	E	9.4	13.4	18.4	24.8	32.8	42.8	55.6	71.4	91.0	115.8	146.4				
	TS	2.6	0.9	-0.6	-2.0	-3.2	-4.2	-5.1	-5.9	-6.5	-7.1	-7.6				
0.148	TM	41.3	40.4	39.7	39.0	38.4	37.9	37.4	37.1	36.7	36.4	36.2				
15	DE	42.5	51.7	62.5	76.1	93.3	114.1	140.1	171.7	211.3	259.7	318.9				
	E	10.6	15.2	20.6	27.4	36.0	46.4	59.4	75.2	95.0	119.2	148.8				
	TS	1.9	0.2	-1.1	-2.3	-3.4	-4.3	-5.2	-5.9	-6.5	-7.0	-7.5				
0.158	TM	40.9	40.1	39.5	38.9	38.3	37.8	37.4	37.1	36.7	36.5	36.3				
20	DE	51.3	61.3	73.3	87.7	105.3	126.9	153.3	184.9	223.7	270.1	326.5				
	E	12.2	17.2	23.2	30.4	39.2	50.0	63.2	79.0	98.4	121.6	149.8				
	TS	1.1	-0.3	-1.5	-2.6	-3.5	-4.4	-5.2	-5.8	-6.4	-6.9	-7.3				
0.171	TM	40.5	39.8	39.2	38.7	38.2	37.8	37.4	37.1	36.8	36.5	36.3				
25	DE	61.3	72.1	84.9	100.1	118.5	140.5	166.5	198.1	235.3	280.1	333.3				
	E	13.8	19.2	25.6	33.2	42.4	53.4	66.4	82.2	100.8	123.2	149.8				
	TS	0.4	-0.8	-1.8	-2.8	-3.7	-4.4	-5.1	-5.7	-6.3	-6.8	-7.2				
0.185	TM	40.2	39.6	39.1	38.6	38.2	37.8	37.4	37.1	36.9	36.6	36.4				
32	DE	73.6	85.6	99.2	115.2	134.4	156.8	183.2	214.4	251.2	294.4	344.8				
	E	15.6	21.6	28.4	36.4	46.0	57.2	70.4	86.0	104.4	126.0	151.2				
	TS	-0.2	-1.3	-2.2	-3.0	-3.8	-4.5	-5.1	-5.7	-6.2	-6.6	-7.0				
0.203	TM	39.9	39.4	38.9	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.9	36.7	36.5				
40	DE	81.9	94.3	108.7	125.5	145.1	168.3	195.1	226.3	263.1	305.9	355.5				
	E	16.8	23.0	30.2	38.6	48.4	60.0	73.4	89.0	107.4	128.8	153.6				
	TS	-0.5	-1.5	-2.4	-3.2	-3.9	-4.5	-5.1	-5.7	-6.2	-6.6	-7.0				
0.213	TM	39.7	39.3	38.8	38.4	38.1	37.7	37.4	37.2	36.9	36.7	36.5				
50	DE	98.3	111.5	127.1	144.7	165.1	188.7	215.9	247.5	283.5	325.1	373.1				
	E	19.0	25.6	33.4	42.2	52.4	64.2	77.8	93.6	111.6	132.4	156.4				
	TS	-1.1	-1.9	-2.7	-3.4	-4.0	-4.6	-5.1	-5.6	-6.1	-6.5	-6.9				
0.233	TM	39.4	39.0	38.7	38.3	38.0	37.7	37.4	37.2	37.0	36.8	36.6				
65	DE	118.9	133.3	149.7	168.5	190.1	214.5	242.1	273.7	309.3	350.1	396.1				
	E	21.4	28.6	36.8	46.2	57.0	69.2	83.0	98.8	116.6	137.0	160.0				
	TS	-1.6	-2.3	-2.9	-3.6	-4.1	-4.7	-5.1	-5.6	-6.0	-6.4	-6.7				
0.257	TM	39.2	38.8	38.5	38.2	37.9	37.7	37.4	37.2	37.0	36.8	36.6				
80	DE	134.9	150.1	167.7	187.3	209.3	234.1	262.1	293.7	329.3	369.7	414.9				
	E	23.0	30.6	39.4	49.2	60.2	72.6	86.6	102.4	120.2	140.4	163.0				
	TS	-1.9	-2.5	-3.1	-3.7	-4.2	-4.7	-5.2	-5.6	-6.0	-6.3	-6.6				
0.275	TM	39.1	38.7	38.4	38.1	37.9	37.6	37.4	37.2	37.0	36.8	36.7				
100	DE	165.9	182.7	201.5	221.9	245.1	270.7	299.5	331.1	366.3	405.5	449.1				
	E	25.8	34.2	43.6	53.8	65.4	78.2	92.6	108.4	126.0	145.6	167.4				
	TS	-2.3	-2.9	-3.4	-3.9	-4.3	-4.8	-5.2	-5.5	-5.9	-6.2	-6.5				
0.309	TM	38.8	38.6	38.3	38.1	37.8	37.6	37.4	37.2	37.1	36.9	36.7				
125	DE	196.1	214.1	233.7	255.3	278.9	305.3	334.1	366.1	400.9	439.7	482.1				
	E	28.2	37.2	47.0	57.8	69.6	82.8	97.2	113.2	130.6	150.0	171.2				
	TS	-2.6	-3.1	-3.6	-4.0	-4.4	-4.8	-5.2	-5.5	-5.8	-6.1	-6.4				
0.341	TM	38.7	38.4	38.2	38.0	37.8	37.6	37.4	37.3	37.1	36.9	36.8				
150	DE	229.5	248.3	268.7	291.5	315.9	342.7	371.9	403.9	438.7	476.7	518.3				
	E	30.6	40.0	50.2	61.6	73.8	87.2	101.8	117.8	135.2	154.2	175.0				
	TS	-2.9	-3.4	-3.7	-4.1	-4.5	-4.8	-5.2	-5.5	-5.8	-6.0	-6.3				
0.375	TM	38.5	38.3	38.1	37.9	37.8	37.6	37.4	37.3	37.1	37.0	36.9				
200	DE	287.1	307.5	329.5	353.5	379.1	407.1	437.1	469.1	504.3	541.9	582.3				
	E	34.0	44.2	55.2	67.2	80.0	94.0	109.0	125.0	142.6	161.4	181.6				
	TS	-3.3	-3.6	-4.0	-4.3	-4.6	-4.9	-5.2	-5.4	-5.7	-5.9	-6.2				
0.431	TM	38.4	38.2	38.0	37.9	37.7	37.5	37.4	37.3	37.1	37.0	36.9				
250	DE	347.0	368.6	391.8	416.6	443.4	471.8	502.2	535.0	569.8	607.0	646.6				
	E	37.0	47.8	59.4	71.8	85.2	99.4	114.6	131.0	148.4	167.0	186.8				
	TS	-3.5	-3.8	-4.1	-4.4	-4.7	-4.9	-5.2	-5.4	-5.7	-5.9	-6.1				
0.488	TM	38.2	38.1	37.9	37.8	37.7	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0				
300	DE	402.7	425.5	449.5	475.1	502.7	531.5	562.7	595.5	630.3	667.1	706.7				
	E	39.4	50.8	62.8	75.6	89.4	103.8	119.4	135.8	153.2	171.6	191.4				
	TS	-3.7	-4.0	-4.2	-4.5	-4.7	-5.0	-5.2	-5.4	-5.6	-5.8	-6.0				
0.539	TM	38.1	38.0	37.9	37.8	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0				
350	DE	436.8	460.0	484.8	511.2	538.8	568.4	599.2	632.4	667.2	704.0	743.2				
	E	40.6	52.2	64.6	77.8	91.6	106.4	121.8	138.4	155.8	174.2	193.8				
	TS	-3.8	-4.1	-4.3	-4.5	-4.8	-5.0	-5.2	-5.4	-5.6	-5.8	-6.0				
0.570	TM	38.1	38.0	37.8	37.7	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0				
400	DE	491.2	515.2	540.8	567.2	595.6	625.2	656.8	689.6	724.8	761.2	800.0				
	E	42.4	54.4	67.2	80.4	94.6	109.4	125.2	141.6	159.2	177.4	196.8				
	TS	-3.9	-4.2	-4.4	-4.6	-4.8	-5.0	-5.2	-5.4	-5.6	-5.7	-5.9				
0.620	TM	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0				

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 0.40 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur		
															0 °C		
DE = d _o	= diamètre extérieur de l'isolant												- buitendiameter van de isolatie		(mm)		
E = e	= épaisseur de l'isolant												- dikte van de isolatie		(mm)		
TS = t _s	= température de surface de l'isolant												- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)		
TM = t _m	= température moyenne dans l'isolant												- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)		
LAMBDA			.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700				
DN	DE		33.2	40.0	48.4	59.2	72.8	90.0	111.6	138.4	172.0	212.8	265.2				
	E		8.0	11.4	15.6	21.0	27.8	36.4	47.2	60.6	77.4	97.8	124.0				
	TS		17.4	15.5	13.9	12.3	10.8	9.4	8.2	7.2	6.2	5.6	4.9				
0.151	TM		48.7	47.8	47.0	46.1	45.4	44.7	44.1	43.6	43.1	42.8	42.4				
DN	DE		39.3	46.5	56.1	67.3	80.9	98.5	119.7	146.1	178.5	217.3	265.7				
15	E		9.0	12.6	17.4	23.0	29.8	38.6	49.2	62.4	78.6	98.0	122.2				
	TS		16.6	15.2	13.3	12.0	10.8	9.4	8.4	7.4	6.5	5.9	5.2				
0.163	TM		48.3	47.6	46.6	46.0	45.4	44.7	44.2	43.7	43.2	42.9	42.6				
DN	DE		48.1	56.1	66.1	78.5	93.3	110.9	133.3	160.1	191.3	230.1	276.9				
20	E		10.6	14.6	19.6	25.8	33.2	42.0	53.2	66.6	82.2	101.6	125.0				
	TS		15.5	14.3	13.0	11.6	10.5	9.5	8.3	7.4	6.8	6.0	5.4				
0.176	TM		47.7	47.1	46.5	45.8	45.2	44.7	44.2	43.7	43.4	43.0	42.7				
DN	DE		57.7	66.9	77.7	90.5	106.1	124.5	146.9	173.3	204.5	242.1	286.9				
25	E		12.0	16.6	22.0	28.4	36.2	45.4	56.6	69.8	85.4	104.2	126.6				
	TS		14.9	13.6	12.5	11.4	10.4	9.4	8.5	7.7	6.9	6.2	5.6				
0.191	TM		47.5	46.8	46.2	45.7	45.2	44.7	44.2	43.8	43.5	43.1	42.8				
DN	DE		69.6	79.6	91.2	104.8	121.2	140.0	162.4	188.8	219.6	255.6	298.0				
32	E		13.6	18.6	24.4	31.2	39.4	48.8	60.0	73.2	88.6	106.6	127.8				
	TS		14.4	13.1	12.2	11.2	10.2	9.4	8.6	7.8	7.1	6.5	5.9				
0.209	TM		47.2	46.6	46.1	45.6	45.1	44.7	44.3	43.9	43.6	43.2	42.9				
DN	DE		77.5	88.3	100.3	114.3	131.1	150.3	173.1	199.1	229.9	265.5	307.1				
40	E		14.6	20.0	26.0	33.0	41.4	51.0	62.4	75.4	90.8	108.6	129.4				
	TS		14.0	12.8	11.9	11.1	10.2	9.4	8.6	7.9	7.2	6.6	6.0				
0.220	TM		47.0	46.4	46.0	45.5	45.1	44.7	44.3	43.9	43.6	43.3	43.0				
DN	DE		93.5	105.1	118.3	133.5	151.1	171.1	194.3	221.1	251.5	286.7	327.1				
50	E		16.6	22.4	29.0	36.6	45.4	55.4	67.0	80.4	95.6	113.2	133.4				
	TS		13.3	12.4	11.6	10.8	10.0	9.2	8.6	7.9	7.3	6.7	6.2				
0.240	TM		46.6	46.2	45.8	45.4	45.0	44.6	44.3	43.9	43.6	43.4	43.1				
DN	DE		113.7	126.1	140.5	156.5	174.9	195.7	219.3	246.1	276.9	311.3	350.5				
65	E		18.8	25.0	32.2	40.2	49.4	59.8	71.6	85.0	100.4	117.6	137.2				
	TS		12.7	12.0	11.3	10.6	9.9	9.2	8.6	8.0	7.4	6.9	6.4				
0.265	TM		46.3	46.0	45.6	45.3	44.9	44.6	44.3	44.0	43.7	43.5	43.2				
DN	DE		129.3	142.5	157.7	174.5	193.3	214.9	238.9	265.7	296.1	330.1	368.5				
80	E		20.2	26.8	34.4	42.8	52.2	63.0	75.0	88.4	103.6	120.6	139.8				
	TS		12.4	11.8	11.1	10.4	9.8	9.2	8.6	8.1	7.5	7.0	6.6				
0.284	TM		46.2	45.9	45.5	45.2	44.9	44.6	44.3	44.0	43.8	43.5	43.3				
DN	DE		159.9	174.3	190.3	208.3	227.9	249.9	274.3	301.5	331.5	364.7	401.9				
100	E		22.8	30.0	38.0	47.0	56.8	67.8	80.0	93.6	108.6	125.2	143.8				
	TS		12.0	11.5	10.9	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.3	6.8				
0.320	TM		46.0	45.7	45.4	45.1	44.9	44.6	44.3	44.1	43.9	43.6	43.4				
DN	DE		189.7	204.9	222.1	240.9	261.3	284.1	308.9	336.1	366.1	399.3	435.3				
125	E		25.0	32.6	41.2	50.6	60.8	72.2	84.6	98.2	113.2	129.8	147.8				
	TS		11.6	11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.3	7.8	7.4	7.0				
0.353	TM		45.8	45.6	45.3	45.1	44.8	44.6	44.4	44.1	43.9	43.7	43.5				
DN	DE		221.9	238.7	256.3	275.9	297.1	320.3	345.5	373.1	402.7	435.5	470.7				
150	E		26.8	35.2	44.0	53.8	64.4	76.0	88.6	102.4	117.2	133.6	151.2				
	TS		11.6	11.0	10.6	10.1	9.7	9.2	8.8	8.4	8.0	7.6	7.2				
0.389	TM		45.8	45.5	45.3	45.1	44.8	44.6	44.4	44.2	44.0	43.8	43.6				
DN	DE		279.1	296.7	316.3	336.7	359.1	383.1	409.1	436.7	466.7	498.7	533.5				
200	E		30.0	38.8	48.6	58.8	70.0	82.0	95.0	108.8	123.8	139.8	157.2				
	TS		11.2	10.8	10.4	10.0	9.6	9.2	8.8	8.5	8.2	7.8	7.5				
0.448	TM		45.6	45.4	45.2	45.0	44.8	44.6	44.4	44.3	44.1	43.9	43.8				
DN	DE		338.2	357.4	377.8	399.4	422.6	447.4	473.4	501.8	531.8	563.8	598.2				
250	E		32.6	42.2	52.4	63.2	74.8	87.2	100.2	114.4	129.4	145.4	162.6				
	TS		11.0	10.6	10.3	9.9	9.6	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.7				
0.507	TM		45.5	45.3	45.1	45.0	44.8	44.6	44.5	44.3	44.1	44.0	43.9				
DN	DE		393.5	413.5	434.7	457.1	481.1	506.3	533.1	561.5	591.9	623.9	657.9				
300	E		34.8	44.8	55.4	66.6	78.6	91.2	104.6	118.8	134.0	150.0	167.0				
	TS		10.7	10.5	10.2	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.4	8.1	7.9				
0.560	TM		45.4	45.2	45.1	44.9	44.8	44.6	44.5	44.3	44.2	44.1	43.9				
DN	DE		427.2	447.6	469.2	492.0	516.0	541.6	568.8	597.2	627.2	659.2	692.8				
350	E		35.8	46.0	56.8	68.2	80.2	93.0	106.6	120.8	135.8	151.8	168.6				
	TS		10.8	10.5	10.2	9.9	9.6	9.3	9.0	8.8	8.5	8.2	8.0				
0.594	TM		45.4	45.2	45.1	44.9	44.8	44.7	44.5	44.4	44.2	44.1	44.0				
DN	DE		461.2	502.4	524.8	548.0	572.8	598.8	626.0	654.8	684.8	716.8	750.4				
400	E		37.4	48.0	59.2	70.8	83.2	96.2	109.8	124.2	139.2	155.2	172.0				
	TS		10.7	10.4	10.1	9.9	9.6	9.3	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1				
0.645	TM		45.4	45.2	45.1	44.9	44.8	44.7	44.5	44.4	44.3	44.2	44.1				

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING								C = 4.60 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omvgevingstemperatuur		0 °C									
DE = d _e	diamètre extérieur de l'isolant											- buitendiameter van de isolatie		(mm)										
E = e	épaisseur de l'isolant											- dikte van de isolatie		(mm)										
TS = t _s	température de surface de l'isolant											- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)										
TH = t _m	température moyenne dans l'isolant											- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)										
LAMBDA													.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700	
10	DE	35.2	43.2	52.8	64.8	80.0	99.2	123.2	152.8	189.6	235.6	292.4	DE	35.2	43.2	52.8	64.8	80.0	99.2	123.2	152.8	189.6	235.6	292.4
	E	9.0	13.0	17.8	23.8	31.4	41.0	53.0	67.8	86.2	109.2	137.6	E	9.0	13.0	17.8	23.8	31.4	41.0	53.0	67.8	86.2	109.2	137.6
	TS	11.4	9.7	8.4	7.2	6.1	5.2	4.4	3.7	3.1	2.6	2.2	TS	11.4	9.7	8.4	7.2	6.1	5.2	4.4	3.7	3.1	2.6	2.2
0.151	TH	45.7	44.9	44.2	43.6	43.1	42.6	42.2	41.9	41.6	41.3	41.1	TH	45.7	44.9	44.2	43.6	43.1	42.6	42.2	41.9	41.6	41.3	41.1
15	DE	41.7	50.1	60.5	72.9	88.9	108.1	131.7	160.5	196.1	239.3	292.5	DE	41.7	50.1	60.5	72.9	88.9	108.1	131.7	160.5	196.1	239.3	292.5
	E	10.2	14.4	19.6	25.8	33.8	43.4	55.2	69.6	87.4	109.0	135.6	E	10.2	14.4	19.6	25.8	33.8	43.4	55.2	69.6	87.4	109.0	135.6
	TS	10.8	9.4	8.1	7.1	6.0	5.2	4.5	3.8	3.3	2.8	2.3	TS	10.8	9.4	8.1	7.1	6.0	5.2	4.5	3.8	3.3	2.8	2.3
0.163	TH	45.4	44.7	44.1	43.5	43.0	42.6	42.2	41.9	41.6	41.4	41.2	TH	45.4	44.7	44.1	43.5	43.0	42.6	42.2	41.9	41.6	41.4	41.2
20	DE	50.5	59.7	70.9	84.5	101.3	121.3	145.3	174.5	209.7	252.5	303.3	DE	50.5	59.7	70.9	84.5	101.3	121.3	145.3	174.5	209.7	252.5	303.3
	E	11.8	16.4	22.0	28.8	37.2	47.2	59.2	73.8	91.4	112.8	138.2	E	11.8	16.4	22.0	28.8	37.2	47.2	59.2	73.8	91.4	112.8	138.2
	TS	9.9	8.8	7.7	6.7	5.9	5.1	4.4	3.8	3.3	2.8	2.4	TS	9.9	8.8	7.7	6.7	5.9	5.1	4.4	3.8	3.3	2.8	2.4
0.176	TH	45.0	44.4	43.9	43.4	42.9	42.5	42.2	41.9	41.7	41.4	41.2	TH	45.0	44.4	43.9	43.4	42.9	42.5	42.2	41.9	41.7	41.4	41.2
25	DE	60.5	70.5	82.9	97.3	114.5	134.9	159.7	188.9	223.3	264.5	313.3	DE	60.5	70.5	82.9	97.3	114.5	134.9	159.7	188.9	223.3	264.5	313.3
	E	13.4	18.4	24.6	31.8	40.4	50.6	63.0	77.6	94.8	115.4	139.8	E	13.4	18.4	24.6	31.8	40.4	50.6	63.0	77.6	94.8	115.4	139.8
	TS	9.3	8.3	7.3	6.5	5.7	5.1	4.4	3.9	3.4	2.9	2.6	TS	9.3	8.3	7.3	6.5	5.7	5.1	4.4	3.9	3.4	2.9	2.6
0.191	TH	44.7	44.2	43.7	43.2	42.9	42.5	42.2	41.9	41.7	41.5	41.3	TH	44.7	44.2	43.7	43.2	42.9	42.5	42.2	41.9	41.7	41.5	41.3
32	DE	72.4	83.6	96.8	112.0	130.0	150.8	175.6	204.4	238.4	277.6	324.0	DE	72.4	83.6	96.8	112.0	130.0	150.8	175.6	204.4	238.4	277.6	324.0
	E	15.0	20.6	27.2	34.8	43.8	54.2	66.6	81.0	98.0	117.6	140.8	E	15.0	20.6	27.2	34.8	43.8	54.2	66.6	81.0	98.0	117.6	140.8
	TS	8.8	7.9	7.1	6.3	5.6	5.0	4.4	3.9	3.5	3.1	2.7	TS	8.8	7.9	7.1	6.3	5.6	5.0	4.4	3.9	3.5	3.1	2.7
0.209	TH	44.4	44.0	43.5	43.2	42.8	42.5	42.2	42.0	41.7	41.5	41.4	TH	44.4	44.0	43.5	43.2	42.8	42.5	42.2	42.0	41.7	41.5	41.4
40	DE	80.7	92.3	105.9	121.5	139.9	161.5	186.3	215.1	248.7	287.5	332.7	DE	80.7	92.3	105.9	121.5	139.9	161.5	186.3	215.1	248.7	287.5	332.7
	E	16.2	22.0	28.8	36.6	45.8	56.6	69.0	83.4	100.2	119.6	142.2	E	16.2	22.0	28.8	36.6	45.8	56.6	69.0	83.4	100.2	119.6	142.2
	TS	8.5	7.7	6.9	6.2	5.6	5.0	4.4	4.0	3.5	3.1	2.8	TS	8.5	7.7	6.9	6.2	5.6	5.0	4.4	4.0	3.5	3.1	2.8
0.220	TH	44.2	43.8	43.4	43.1	42.8	42.5	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4	TH	44.2	43.8	43.4	43.1	42.8	42.5	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4
50	DE	96.7	109.5	124.3	141.1	160.3	182.3	207.9	237.1	270.7	309.1	353.1	DE	96.7	109.5	124.3	141.1	160.3	182.3	207.9	237.1	270.7	309.1	353.1
	E	18.2	24.6	32.0	40.4	50.0	61.0	73.8	88.4	105.2	124.4	146.4	E	18.2	24.6	32.0	40.4	50.0	61.0	73.8	88.4	105.2	124.4	146.4
	TS	8.0	7.3	6.6	6.0	5.4	4.9	4.4	4.0	3.6	3.2	2.9	TS	8.0	7.3	6.6	6.0	5.4	4.9	4.4	4.0	3.6	3.2	2.9
0.240	TH	44.0	43.6	43.3	43.0	42.7	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4	TH	44.0	43.6	43.3	43.0	42.7	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4
65	DE	117.3	130.9	146.5	164.5	184.9	207.7	233.7	262.9	296.1	333.7	376.5	DE	117.3	130.9	146.5	164.5	184.9	207.7	233.7	262.9	296.1	333.7	376.5
	E	20.6	27.4	35.2	44.2	54.4	65.8	78.8	93.4	110.0	128.8	150.2	E	20.6	27.4	35.2	44.2	54.4	65.8	78.8	93.4	110.0	128.8	150.2
	TS	7.5	6.9	6.3	5.8	5.3	4.8	4.4	4.0	3.6	3.3	3.0	TS	7.5	6.9	6.3	5.8	5.3	4.8	4.4	4.0	3.6	3.3	3.0
0.265	TH	43.7	43.5	43.2	42.9	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.5	TH	43.7	43.5	43.2	42.9	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.5
80	DE	133.3	147.7	164.1	182.9	203.7	226.9	253.3	282.5	315.7	352.9	394.5	DE	133.3	147.7	164.1	182.9	203.7	226.9	253.3	282.5	315.7	352.9	394.5
	E	22.2	29.4	37.6	47.0	57.4	69.0	82.2	96.8	113.4	132.0	152.8	E	22.2	29.4	37.6	47.0	57.4	69.0	82.2	96.8	113.4	132.0	152.8
	TS	7.2	6.7	6.2	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	3.7	3.3	3.0	TS	7.2	6.7	6.2	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	3.7	3.3	3.0
0.284	TH	43.6	43.3	43.1	42.8	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.7	41.5	TH	43.6	43.3	43.1	42.8	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.7	41.5
100	DE	163.9	179.9	197.5	217.1	238.7	262.7	289.5	318.7	351.5	387.9	427.9	DE	163.9	179.9	197.5	217.1	238.7	262.7	289.5	318.7	351.5	387.9	427.9
	E	24.8	32.8	41.6	51.4	62.2	74.2	87.6	102.2	118.6	136.8	156.8	E	24.8	32.8	41.6	51.4	62.2	74.2	87.6	102.2	118.6	136.8	156.8
	TS	6.8	6.4	5.9	5.5	5.1	4.7	4.4	4.0	3.7	3.4	3.2	TS	6.8	6.4	5.9	5.5	5.1	4.7	4.4	4.0	3.7	3.4	3.2
0.320	TH	43.4	43.2	43.0	42.7	42.5	42.4	42.2	42.0	41.9	41.7	41.6	TH	43.4	43.2	43.0	42.7	42.5	42.4	42.2	42.0	41.9	41.7	41.6
125	DE	193.7	210.9	229.7	250.1	272.5	297.3	324.1	354.1	386.5	422.5	461.7	DE	193.7	210.9	229.7	250.1	272.5	297.3	324.1	354.1	386.5	422.5	461.7
	E	27.0	35.6	45.0	55.2	66.4	78.8	92.2	107.2	123.4	141.4	161.0	E	27.0	35.6	45.0	55.2	66.4	78.8	92.2	107.2	123.4	141.4	161.0
	TS	6.6	6.1	5.7	5.4	5.0	4.7	4.4	4.0	3.8	3.5	3.3	TS	6.6	6.1	5.7	5.4	5.0	4.7	4.4	4.0	3.8	3.5	3.3
0.353	TH	43.3	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.2	42.0	41.9	41.8	41.6	TH	43.3	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.2	42.0	41.9	41.8	41.6
150	DE	226.7	244.7	264.3	285.5	308.7	333.9	361.5	391.1	423.9	459.1	497.5	DE	226.7	244.7	264.3	285.5	308.7	333.9	361.5	391.1	423.9	459.1	497.5
	E	29.2	38.2	48.0	58.6	70.2	82.8	96.6	111.4	127.8	145.4	164.6	E	29.2	38.2	48.0	58.6	70.2	82.8	96.6	111.4	127.8	145.4	164.6
	TS	6.3	5.9	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1	3.8	3.6	3.3	TS	6.3	5.9	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1	3.8	3.6	3.3
0.389	TH	43.2	43.0	42.8	42.6	42.5	42.3																	

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 0.40 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur + 10 °C	
DE = d ₀	= diamètre extérieur de l'isolant												- buitendiameter van de isolatie		(mm)	
E = e	= épaisseur de l'isolant												- dikte van de isolatie		(mm)	
TS = t _s	= température de surface de l'isolant												- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)	
TH = t _m	= température moyenne dans l'isolant												- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)	
.....																
LAMBDA			.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700		
DN	DE	32.0	38.4	46.0	56.0	68.0	83.2	102.4	126.8	156.8	192.4	238.4	.....		
10	E	7.4	10.6	14.4	19.4	25.4	33.0	42.6	54.8	69.8	87.6	110.6	.....		
	TS	26.3	24.6	23.0	21.5	20.3	19.2	18.1	16.9	16.0	15.5	14.8	.....		
0.156	TH	53.1	52.3	51.5	50.7	50.2	49.6	49.0	48.5	48.0	47.7	47.4	.....		
.....																
DN	DE	37.3	45.3	53.7	63.7	76.5	92.1	111.3	134.9	163.7	199.3	242.5	.....		
15	E	8.0	12.0	16.2	21.2	27.6	35.4	45.0	56.8	71.2	89.0	110.6	.....		
	TS	27.9	23.9	22.6	21.4	20.2	19.1	18.1	17.2	16.4	15.7	15.0	.....		
0.168	TH	53.9	51.9	51.3	50.7	50.1	49.6	49.1	48.6	48.2	47.8	47.5	.....		
.....																
DN	DE	46.5	54.1	63.7	74.5	88.1	104.5	124.1	147.7	176.1	210.5	252.1	.....		
20	E	9.8	13.6	18.4	23.8	30.6	38.8	48.6	60.4	74.6	91.8	112.6	.....		
	TS	24.7	23.4	22.0	21.0	20.0	19.0	18.1	17.3	16.5	15.8	15.2	.....		
0.182	TH	52.3	51.7	51.0	50.5	50.0	49.5	49.0	48.6	48.3	47.9	47.6	.....		
.....																
DN	DE	56.5	64.9	74.9	86.9	101.3	118.1	138.5	162.5	190.9	224.9	264.9	.....		
25	E	11.4	15.6	20.6	26.6	33.8	42.2	52.4	64.4	78.6	95.6	115.6	.....		
	TS	23.8	22.8	21.6	20.7	19.7	18.9	18.0	17.3	16.6	15.9	15.4	.....		
0.197	TH	51.9	51.4	50.8	50.3	49.9	49.4	49.0	48.6	48.3	48.0	47.7	.....		
.....																
DN	DE	68.4	77.6	88.4	101.6	116.4	134.0	154.8	178.8	207.2	240.0	278.8	.....		
32	E	13.0	17.6	23.0	29.6	37.0	45.8	56.2	68.2	82.4	98.8	118.2	.....		
	TS	23.2	22.2	21.4	20.4	19.6	18.8	18.0	17.4	16.7	16.1	15.6	.....		
0.215	TH	51.6	51.1	50.7	50.2	49.8	49.4	49.0	48.7	48.4	48.1	47.8	.....		
.....																
DN	DE	75.9	85.9	97.1	110.3	125.9	143.5	164.3	188.7	216.3	248.7	286.3	.....		
40	E	13.8	18.8	24.4	31.0	38.8	47.6	58.0	70.2	84.0	100.2	119.0	.....		
	TS	23.0	21.9	21.2	20.3	19.5	18.8	18.1	17.4	16.8	16.3	15.7	.....		
0.227	TH	51.5	51.0	50.6	50.2	49.8	49.4	49.0	48.7	48.4	48.1	47.9	.....		
.....																
DN	DE	91.5	102.3	114.3	128.7	144.7	163.1	184.3	208.3	235.9	267.5	303.9	.....		
50	E	15.6	21.0	27.0	34.2	42.2	51.4	62.0	74.0	87.8	103.6	121.8	.....		
	TS	22.4	21.5	20.9	20.1	19.4	18.7	18.1	17.5	17.0	16.4	15.9	.....		
0.249	TH	51.2	50.8	50.4	50.0	49.7	49.4	49.0	48.8	48.5	48.2	48.0	.....		
.....																
DN	DE	111.3	123.3	136.5	151.3	168.5	187.3	209.3	233.7	261.3	292.5	327.7	.....		
65	E	17.6	23.6	30.2	37.6	46.2	55.6	66.6	78.8	92.6	108.2	125.8	.....		
	TS	21.9	21.1	20.5	19.9	19.2	18.7	18.1	17.6	17.1	16.6	16.1	.....		
0.275	TH	50.9	50.5	50.3	49.9	49.6	49.3	49.0	48.8	48.5	48.3	48.1	.....		
.....																
DN	DE	126.9	139.3	153.3	168.9	186.5	206.1	228.1	252.5	280.1	311.3	345.7	.....		
80	E	19.0	25.2	32.2	40.0	48.8	58.6	69.6	81.8	95.6	111.2	128.4	.....		
	TS	21.6	21.0	20.4	19.8	19.2	18.6	18.1	17.6	17.1	16.7	16.3	.....		
0.295	TH	50.8	50.5	50.2	49.9	49.6	49.3	49.1	48.8	48.6	48.3	48.1	.....		
.....																
DN	DE	157.1	170.7	185.5	202.3	220.3	240.7	263.1	287.9	315.1	345.5	378.7	.....		
100	E	21.4	28.2	35.6	44.0	53.0	63.2	74.4	86.8	100.4	115.6	132.2	.....		
	TS	21.1	20.6	20.2	19.6	19.1	18.6	18.2	17.7	17.3	16.9	16.5	.....		
0.333	TH	50.6	50.3	50.1	49.8	49.6	49.3	49.1	48.9	48.7	48.4	48.3	.....		
.....																
DN	DE	186.5	200.9	216.9	234.1	253.3	274.1	296.9	322.1	349.3	379.3	412.1	.....		
125	E	23.4	30.6	38.6	47.2	56.8	67.2	78.6	91.2	104.8	119.8	136.2	.....		
	TS	20.9	20.5	20.0	19.5	19.1	18.6	18.2	17.8	17.4	17.0	16.7	.....		
0.368	TH	50.4	50.2	50.0	49.8	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5	48.3	.....		
.....																
DN	DE	219.1	234.3	251.1	269.5	289.1	310.7	333.9	359.1	386.3	416.3	448.3	.....		
150	E	25.4	33.0	41.4	50.6	60.4	71.2	82.8	95.4	109.0	124.0	140.0	.....		
	TS	20.6	20.3	19.8	19.4	19.0	18.6	18.2	17.9	17.5	17.2	16.8	.....		
0.405	TH	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.8	48.6	48.4	.....		
.....																
DN	DE	275.9	292.3	310.3	329.9	350.3	372.7	396.7	422.3	449.9	479.5	511.1	.....		
200	E	28.4	36.6	45.6	55.4	65.6	76.8	88.8	101.6	115.4	130.2	146.0	.....		
	TS	20.3	20.0	19.7	19.3	19.0	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1	.....		
0.467	TH	50.1	50.0	49.8	49.6	49.5	49.3	49.1	49.0	48.8	48.7	48.5	.....		
.....																
DN	DE	334.6	352.2	371.0	391.4	412.6	435.4	459.8	485.4	513.0	542.2	573.4	.....		
250	E	30.8	39.6	49.0	59.2	69.8	81.2	93.4	106.2	120.0	134.6	150.2	.....		
	TS	20.1	19.8	19.6	19.2	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8	17.6	17.3	.....		
0.531	TH	50.0	49.9	49.8	49.6	49.5	49.3	49.2	49.1	48.9	48.8	48.6	.....		
.....																
DN	DE	389.5	407.9	427.9	448.7	470.7	494.3	518.7	545.1	572.7	601.9	633.1	.....		
300	E	32.8	42.0	52.0	62.4	73.4	85.2	97.4	110.6	124.4	139.0	154.6	.....		
	TS	19.9	19.7	19.4	19.2	18.9	18.7	18.4	18.2	17.9	17.7	17.4	.....		
0.587	TH	50.0	49.8	49.7	49.6	49.5	49.3	49.2	49.1	49.0	48.8	48.7	.....		
.....																
DN	DE	423.2	442.4	462.4	484.0	506.4	530.0	555.2	581.2	609.2	638.4	669.6	.....		
350	E	33.8	43.4	53.4	64.2	75.4	87.2	99.8	112.8	126.8	141.4	157.0	.....		
	TS	19.9	19.6	19.5	19.2	18.9	18.7	18.4	18.2	18.0	17.7	17.5	.....		
0.621	TH	50.0	49.8	49.7	49.6	49.5	49.3	49.2	49.1	49.0	48.9	48.7	.....		
.....																
DN	DE	476.8	496.8	517.2	539.2	562.0	586.0	611.2	637.6	665.2	694.4	725.2	.....		
400	E	35.2	45.2	55.4	66.4	77.8	89.8	102.4	115.6	129.4	144.0	159.4	.....		
	TS	19.9	19.6	19.5	19.2	19.0	18.7	18.5	18.3	18.1	17.9	17.6	.....		
0.677	TH	49.9	49.8	49.7	49.6	49.5	49.4	49.3	49.1	49.0	48.9	48.8	.....		

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING								Température ambiante Omgevingstemperatuur		+ 10 °C
			C = 4.60 W/(m ² K ¹)										
DE = d _g	= diamètre extérieur de l'isolant										- buitendiameter van de isolatie		(mm)
E = e	= épaisseur de l'isolant										- dikte van de isolatie		(mm)
TS = t _s	= température de surface de l'isolant										- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)
TM = t _m	= température moyenne dans l'isolant										- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)
LAMBDA			.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700
10	DE		34.4	41.6	50.8	62.0	76.0	93.2	114.8	141.6	174.8	215.6	266.0
	E		8.6	12.2	16.8	22.4	29.4	38.0	48.8	62.2	78.8	99.2	124.4
	TS		20.2	18.9	17.6	16.5	15.6	14.8	14.0	13.4	12.9	12.4	12.0
0.156	TM		50.1	49.4	48.8	48.3	47.8	47.4	47.0	46.7	46.4	46.2	46.0
15	DE		40.9	48.5	58.5	70.1	84.9	102.5	124.1	150.5	182.9	222.1	269.7
	E		9.8	13.6	18.6	24.4	31.8	40.6	51.4	64.6	80.8	100.4	124.2
	TS		19.6	18.4	17.3	16.4	15.5	14.7	14.1	13.5	13.0	12.5	12.1
0.168	TM		49.5	49.2	48.6	48.2	47.7	47.4	47.0	46.7	46.5	46.3	46.1
20	DE		49.3	58.1	68.5	81.3	96.5	114.9	136.9	163.7	195.3	233.7	279.3
	E		11.2	15.6	20.8	27.2	34.8	44.0	55.0	68.4	84.2	103.4	126.2
	TS		18.9	17.9	16.9	16.1	15.3	14.6	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2
0.162	TM		49.5	48.9	48.5	48.0	47.7	47.3	47.0	46.7	46.5	46.3	46.1
25	DE		59.3	68.9	80.5	94.1	110.1	129.3	151.7	178.5	210.5	247.7	292.1
	E		12.8	17.6	23.4	30.2	38.2	47.8	59.0	72.4	88.4	107.0	129.2
	TS		18.3	17.4	16.5	15.8	15.1	14.5	14.0	13.5	13.0	12.7	12.3
0.197	TM		49.1	48.7	48.3	47.9	47.6	47.3	47.0	46.7	46.5	46.3	46.2
32	DE		71.6	82.0	94.4	108.8	125.6	145.6	168.4	195.2	226.8	263.2	305.6
	E		14.6	19.8	26.0	33.2	41.6	51.6	63.0	76.4	92.2	110.4	131.6
	TS		17.7	17.0	16.3	15.6	15.0	14.4	14.0	13.5	13.1	12.7	12.4
0.215	TM		48.9	48.5	48.1	47.8	47.5	47.2	47.0	46.8	46.6	46.4	46.2
40	DE		79.5	90.3	103.1	117.9	135.5	155.1	178.3	205.1	235.9	271.9	313.1
	E		15.6	21.0	27.4	34.8	43.6	53.4	65.0	78.4	93.8	111.8	132.4
	TS		17.5	16.8	16.1	15.5	14.9	14.4	14.0	13.5	13.2	12.8	12.5
0.227	TM		48.7	48.4	48.1	47.8	47.5	47.2	47.0	46.8	46.6	46.4	46.2
50	DE		95.1	107.1	120.7	136.7	154.3	175.1	198.3	225.1	255.9	290.7	330.3
	E		17.4	23.4	30.2	38.2	47.0	57.4	69.0	82.4	97.8	115.2	135.0
	TS		17.1	16.5	15.9	15.3	14.8	14.4	14.0	13.6	13.2	12.9	12.6
0.249	TM		48.5	48.2	47.9	47.7	47.4	47.2	47.0	46.8	46.6	46.4	46.3
65	DE		115.3	128.5	143.3	159.7	178.5	200.1	224.1	250.9	281.3	315.7	354.5
	E		19.6	26.2	33.6	41.8	51.2	62.0	74.0	87.4	102.6	119.8	139.2
	TS		16.7	16.1	15.6	15.2	14.7	14.3	13.9	13.6	13.3	13.0	12.7
0.275	TM		48.3	48.0	47.8	47.6	47.4	47.1	47.0	46.8	46.6	46.5	46.3
80	DE		130.9	144.9	160.5	177.7	197.3	218.9	243.3	270.5	300.5	334.5	372.5
	E		21.0	28.0	35.8	44.4	54.2	65.0	77.2	90.8	105.8	122.8	141.8
	TS		16.4	15.9	15.5	15.0	14.6	14.3	13.9	13.6	13.3	13.0	12.7
0.295	TM		48.2	48.0	47.7	47.5	47.3	47.1	47.0	46.8	46.6	46.5	46.4
100	DE		161.5	176.7	193.1	211.5	231.5	253.9	278.7	305.9	335.9	369.1	405.9
	E		23.6	31.2	39.4	48.6	58.6	69.8	82.2	95.8	110.8	127.4	145.8
	TS		16.1	15.6	15.2	14.9	14.5	14.2	13.9	13.6	13.3	13.1	12.9
0.333	TM		48.0	47.8	47.6	47.4	47.3	47.1	47.0	46.8	46.7	46.5	46.4
125	DE		191.3	207.3	224.9	244.1	264.9	288.1	312.9	340.5	370.5	403.3	439.3
	E		25.8	33.8	42.6	52.2	62.6	74.2	86.6	100.4	115.4	131.8	149.8
	TS		15.8	15.4	15.1	14.8	14.5	14.2	13.9	13.6	13.4	13.1	12.9
0.368	TM		47.9	47.7	47.5	47.4	47.2	47.1	46.9	46.8	46.7	46.6	46.5
150	DE		224.3	241.1	259.5	279.5	301.5	324.7	350.3	378.3	408.3	440.7	476.3
	E		28.0	36.4	45.6	55.6	66.6	78.2	91.0	105.0	120.0	136.2	154.0
	TS		15.5	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
0.405	TM		47.8	47.6	47.5	47.3	47.2	47.1	46.9	46.8	46.7	46.6	46.5
200	DE		281.1	299.5	319.5	340.7	363.5	387.9	413.9	442.3	472.3	504.7	539.5
	E		31.0	40.2	50.2	60.8	72.2	84.4	97.4	111.6	126.6	142.8	160.2
	TS		15.3	15.0	14.7	14.5	14.3	14.0	13.8	13.6	13.4	13.2	13.1
0.467	TM		47.6	47.5	47.4	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.6	46.5
250	DE		340.2	359.8	380.6	402.6	426.2	451.0	477.8	506.2	536.2	568.2	602.2
	E		33.6	43.4	53.8	64.8	76.6	89.0	102.4	116.6	131.6	147.6	164.6
	TS		15.1	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	13.8	13.6	13.5	13.3	13.1
0.531	TM		47.5	47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.7	46.6
300	DE		395.5	415.9	437.5	460.7	484.7	510.3	537.5	566.3	596.3	628.7	662.3
	E		35.8	46.0	56.8	68.4	80.4	93.2	106.8	121.2	136.2	152.4	169.2
	TS		14.9	14.7	14.5	14.3	14.1	14.0	13.8	13.6	13.5	13.3	13.2
0.587	TM		47.4	47.3	47.3	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.7	46.6
350	DE		429.6	450.4	472.8	496.0	520.8	546.8	574.0	602.8	633.2	665.2	699.2
	E		37.0	47.4	58.6	70.2	82.6	95.6	109.2	123.6	138.8	154.8	171.8
	TS		14.6	14.6	14.4	14.3	14.1	13.9	13.8	13.6	13.5	13.3	13.2
0.621	TM		47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	47.0	46.9	46.8	46.7	46.7	46.6
400	DE		483.2	505.2	527.6	551.6	576.8	602.8	630.4	659.6	690.0	722.0	755.2
	E		38.4	49.4	60.6	72.6	85.2	98.2	112.0	126.6	141.8	157.8	174.4
	TS		14.7	14.5	14.4	14.2	14.1	13.9	13.8	13.6	13.5	13.4	13.3
0.677	TM		47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	47.0	46.9	46.8	46.8	46.7	46.6

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										Température ambiante + 20 °C Omgevingstemperatuur										
			C = 0.40 W/(m ² K ⁴)																				
DE = d _e	=	diamètre extérieur de l'isolant											- buitendiameter van de isolatie (mm)										
E = e	=	épaisseur de l'isolant											- dikte van de isolatie (mm)										
TS = t _s	=	température de surface de l'isolant											- oppervlaktetemperatuur van de isolatie (°C)										
TM = t _m	=	température moyenne dans l'isolant											- gemiddelde temperatuur in de isolatie (°C)										
LAMBDA													.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700
DN	DE	30.8	36.4	43.6	52.4	63.2	76.8	93.2	114.0	140.0	171.6	210.8											
10	E	6.8	9.6	13.2	17.6	23.0	29.8	38.0	48.4	61.4	77.2	96.8											
	TS	35.1	33.7	32.3	31.0	29.8	28.7	27.7	26.8	26.0	25.3	24.6											
0.162	TM	57.5	56.8	56.2	55.5	54.9	54.3	53.9	53.4	53.0	52.6	52.3											
DN	DE	36.9	43.3	51.3	60.5	72.1	86.1	102.9	123.7	149.3	180.5	218.1											
15	E	7.8	11.0	15.0	19.6	25.4	32.4	40.8	51.2	64.0	79.6	98.4											
	TS	34.3	33.0	31.6	30.5	29.5	28.5	27.7	26.9	26.1	25.4	24.8											
0.174	TM	57.2	56.5	55.8	55.2	54.7	54.3	53.8	53.4	53.0	52.7	52.4											
DN	DE	44.5	52.5	60.9	71.3	83.3	98.1	116.1	137.3	162.9	193.7	230.5											
20	E	8.8	12.8	17.0	22.2	28.2	35.6	44.6	55.2	68.0	83.4	101.8											
	TS	35.1	32.3	31.3	30.1	29.3	28.4	27.6	26.8	26.1	25.5	24.9											
0.188	TM	57.5	56.1	55.6	55.0	54.6	54.2	53.8	53.4	53.1	52.7	52.5											
DN	DE	54.5	62.5	71.7	82.5	95.3	110.5	128.5	150.1	174.9	204.9	239.7											
25	E	10.4	14.4	19.0	24.4	30.8	38.4	47.4	58.2	70.6	85.6	103.0											
	TS	33.0	31.8	30.8	30.0	29.1	28.3	27.6	26.9	26.3	25.7	25.1											
0.205	TM	56.5	55.9	55.4	55.0	54.6	54.2	53.8	53.4	53.1	52.8	52.6											
DN	DE	66.4	74.8	84.8	96.4	109.6	125.2	143.6	164.8	189.6	218.0	251.6											
32	E	12.0	16.2	21.2	27.0	33.6	41.4	50.6	61.2	73.6	87.8	104.6											
	TS	32.2	31.4	30.5	29.7	29.0	28.3	27.6	27.0	26.4	25.9	25.4											
0.225	TM	56.1	55.7	55.2	54.9	54.5	54.2	53.8	53.5	53.2	52.9	52.7											
DN	DE	73.9	83.1	93.5	105.5	119.1	135.1	153.9	175.1	199.9	228.3	261.1											
40	E	12.8	17.4	22.6	28.6	35.4	43.4	52.8	63.4	75.8	90.0	106.4											
	TS	32.0	31.1	30.3	29.6	29.0	28.3	27.6	27.0	26.5	26.0	25.5											
0.237	TM	56.0	55.5	55.1	54.8	54.5	54.1	53.8	53.5	53.2	53.0	52.7											
DN	DE	89.5	99.5	110.7	123.5	138.3	155.1	174.3	195.9	220.7	249.1	281.1											
50	E	14.6	19.6	25.2	31.6	39.0	47.4	57.0	67.8	80.2	94.4	110.4											
	TS	31.4	30.6	29.9	29.4	28.7	28.1	27.6	27.0	26.5	26.1	25.6											
0.259	TM	55.7	55.3	55.0	54.7	54.4	54.1	53.8	53.5	53.3	53.0	52.8											
DN	DE	108.9	120.1	132.1	145.7	161.3	178.5	198.1	220.1	244.9	272.9	304.1											
65	E	16.4	22.0	28.0	34.8	42.6	51.2	61.0	72.0	84.4	98.4	114.0											
	TS	31.0	30.2	29.6	29.2	28.6	28.1	27.6	27.1	26.6	26.2	25.8											
0.287	TM	55.5	55.1	54.8	54.6	54.3	54.0	53.8	53.5	53.3	53.1	52.9											
DN	DE	124.5	136.1	148.9	163.3	179.3	196.9	216.9	238.9	263.7	291.3	322.1											
80	E	17.8	23.6	30.0	37.2	45.2	54.0	64.0	75.0	87.4	101.2	116.6											
	TS	30.6	30.0	29.5	29.0	28.5	28.1	27.6	27.1	26.7	26.3	25.9											
0.308	TM	55.3	55.0	54.7	54.5	54.3	54.0	53.8	53.6	53.4	53.2	53.0											
DN	DE	154.3	167.1	181.1	195.9	212.7	231.1	251.5	273.9	298.7	325.9	355.9											
100	E	20.0	26.4	33.4	40.8	49.2	58.4	68.6	79.8	92.2	105.8	120.8											
	TS	30.3	29.7	29.2	28.9	28.5	28.0	27.6	27.2	26.8	26.5	26.1											
0.348	TM	55.1	54.9	54.6	54.5	54.2	54.0	53.8	53.6	53.4	53.2	53.1											
DN	DE	183.7	196.9	211.7	227.7	244.9	264.1	284.9	307.7	332.5	359.3	388.9											
125	E	22.0	28.6	36.0	44.0	52.6	62.2	72.6	84.0	96.4	109.8	124.6											
	TS	29.9	29.5	29.1	28.8	28.4	28.0	27.6	27.3	26.9	26.6	26.3											
0.385	TM	55.0	54.8	54.5	54.4	54.2	54.0	53.8	53.6	53.5	53.3	53.1											
DN	DE	215.9	229.9	245.5	262.3	280.3	299.9	320.7	343.9	368.3	395.1	424.3											
150	E	23.8	30.8	38.6	47.0	56.0	65.8	76.2	87.8	100.0	113.4	128.0											
	TS	29.7	29.4	29.0	28.7	28.3	28.0	27.7	27.3	27.0	26.7	26.4											
0.425	TM	54.9	54.7	54.5	54.3	54.2	54.0	53.8	53.7	53.5	53.4	53.2											
DN	DE	271.9	287.5	303.9	321.9	340.3	360.7	382.3	405.5	430.3	457.1	485.5											
200	E	26.4	34.2	42.4	51.4	60.6	70.8	81.6	93.2	105.6	119.0	133.2											
	TS	29.5	29.1	28.8	28.5	28.3	28.0	27.7	27.4	27.2	26.9	26.6											
0.492	TM	54.7	54.6	54.4	54.2	54.2	54.0	53.9	53.7	53.6	53.4	53.3											
DN	DE	330.2	347.0	364.2	383.0	402.6	423.4	445.4	469.0	493.8	520.6	548.6											
250	E	28.6	37.0	45.6	55.0	64.8	75.2	86.2	98.0	110.4	123.8	137.8											
	TS	29.3	29.0	28.7	28.4	28.2	28.0	27.8	27.5	27.3	27.0	26.8											
0.559	TM	54.7	54.5	54.4	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.6	53.5	53.4											
DN	DE	384.7	402.3	420.7	439.9	460.3	481.1	503.9	527.9	552.7	579.5	607.5											
300	E	30.4	39.2	48.4	58.0	68.2	78.6	90.0	102.0	114.4	127.8	141.8											
	TS	29.2	28.9	28.6	28.4	28.1	28.0	27.8	27.6	27.4	27.1	26.9											
0.619	TM	54.6	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.6	53.5											
DN	DE	418.4	436.4	454.8	474.8	495.2	516.8	539.6	563.6	588.8	615.2	643.2											
350	E	31.4	40.4	49.6	59.6	69.8	80.6	92.0	104.0	116.6	129.8	143.8											
	TS	29.1	28.8	28.6	28.4	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2	27.0											
0.656	TM	54.6	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.6	53.5											
DN	DE	472.0	490.4	509.6	529.6	550.8	572.4	595.6	619.6	644.8	671.2	699.2											
400	E	32.8	42.0	51.6	61.6	72.2	83.0	94.6	106.6	119.2	132.4	146.4											
	TS	29.0	28.8	28.6	28.4	28.2	28.1	27.9	27.7	27.5	27.3	27.1											
0.715	TM	54.5	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.7	53.6											

EAU CHAUDE WARM WATER		80 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 4.60 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur + 20 °C		
DE = d _o	diamètre extérieur de l'isolant												- buitendiameter van de isolatie		(mm)		
E = e	épaisseur de l'isolant												- dikte van de isolatie		(mm)		
TS = t _s	température de surface de l'isolant												- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)		
TM = t _m	température moyenne dans l'isolant												- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)		
LAMBDA			.C200	.C250	.C300	.C350	.C400	.C450	.C500	.C550	.C600	.C650	.C700				
10	DN	DE	33.6	40.0	48.4	58.8	71.2	87.2	106.4	130.0	159.2	195.2	238.8				
		E	8.2	11.4	15.6	20.8	27.0	35.0	44.6	56.4	71.0	89.0	110.8				
		TS	28.9	28.0	26.8	25.9	25.1	24.3	23.7	23.1	22.6	22.2	21.9				
0.162		TM	54.5	54.0	53.4	52.9	52.5	52.1	51.8	51.6	51.3	51.1	50.9				
15	DN	DE	39.7	47.3	56.1	67.3	80.5	96.5	116.5	140.1	168.9	203.7	245.7				
		E	9.2	13.0	17.4	23.0	29.6	37.6	47.6	59.4	73.8	91.2	112.2				
		TS	28.5	27.4	26.5	25.6	24.9	24.2	23.6	23.1	22.7	22.3	22.0				
0.174		TM	54.2	53.7	53.2	52.8	52.4	52.1	51.8	51.6	51.3	51.1	51.0				
20	DN	DE	48.1	56.5	66.5	78.1	92.5	109.3	129.7	154.1	182.9	217.3	258.1				
		E	10.6	14.8	19.8	25.6	32.8	41.2	51.4	63.6	78.0	95.2	115.6				
		TS	27.9	26.9	26.1	25.4	24.7	24.1	23.6	23.1	22.7	22.3	22.0				
0.188		TM	54.0	53.5	53.0	52.7	52.3	52.1	51.8	51.5	51.3	51.2	51.0				
25	DN	DE	58.1	66.9	77.3	90.1	104.9	122.1	142.5	166.5	194.9	228.1	267.3				
		E	12.2	16.6	21.8	28.2	35.6	44.2	54.4	66.4	80.6	97.2	116.8				
		TS	27.2	26.5	25.8	25.2	24.6	24.1	23.6	23.1	22.8	22.4	22.1				
0.205		TM	53.6	53.3	52.9	52.6	52.3	52.0	51.8	51.6	51.4	51.2	51.1				
32	DN	DE	69.6	79.6	90.8	104.0	119.2	137.2	157.6	181.6	209.6	241.6	278.8				
		E	13.6	18.6	24.2	30.8	38.4	47.4	57.6	69.6	83.6	99.6	118.2				
		TS	26.9	26.2	25.6	25.0	24.5	24.0	23.6	23.2	22.8	22.5	22.2				
0.225		TM	53.4	53.1	52.8	52.5	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4	51.3	51.1				
40	DN	DE	77.5	87.9	99.9	113.5	129.1	147.5	168.3	192.3	219.9	251.5	288.3				
		E	14.6	19.8	25.8	32.6	40.4	49.6	60.0	72.0	85.8	101.6	120.0				
		TS	26.6	26.0	25.4	24.9	24.4	24.0	23.6	23.2	22.9	22.6	22.3				
0.237		TM	53.3	53.0	52.7	52.4	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4	51.3	51.1				
50	DN	DE	93.5	104.7	117.5	131.9	148.7	167.5	189.1	213.5	241.5	272.7	308.7				
		E	16.6	22.2	28.6	35.8	44.2	53.6	64.4	76.6	90.6	106.2	124.2				
		TS	26.1	25.6	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3				
0.259		TM	53.1	52.8	52.6	52.4	52.1	51.9	51.8	51.6	51.4	51.3	51.2				
65	DN	DE	113.3	125.3	139.3	154.9	172.1	191.7	213.7	238.1	265.7	296.9	331.3				
		E	18.6	24.6	31.6	39.4	48.0	57.8	68.8	81.0	94.8	110.4	127.6				
		TS	25.8	25.4	24.9	24.5	24.2	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.4				
0.287		TM	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.6	51.5	51.3	51.2				
80	DN	DE	128.9	141.7	156.5	172.5	190.5	210.5	232.5	257.3	284.9	315.7	349.7				
		E	20.0	26.4	33.8	41.8	50.8	60.8	71.8	84.2	98.0	113.4	130.4				
		TS	25.6	25.2	24.8	24.4	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.7	22.5				
0.308		TM	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.9	51.7	51.6	51.5	51.3	51.2				
100	DN	DE	159.1	173.1	188.7	205.9	224.7	245.1	267.9	292.7	320.3	350.3	383.5				
		E	22.4	29.4	37.2	45.8	55.2	65.4	76.8	89.2	103.0	118.0	134.6				
		TS	25.3	24.9	24.6	24.3	24.0	23.7	23.4	23.2	23.0	22.7	22.5				
0.348		TM	52.6	52.5	52.3	52.1	52.0	51.9	51.7	51.6	51.5	51.4	51.3				
125	DN	DE	188.5	203.7	220.1	238.1	257.3	278.5	301.7	326.9	354.5	384.5	416.9				
		E	24.4	32.0	40.2	49.2	58.8	69.4	81.0	93.6	107.4	122.4	138.6				
		TS	25.0	24.7	24.4	24.1	23.9	23.7	23.4	23.2	23.0	22.8	22.6				
0.385		TM	52.5	52.4	52.2	52.1	51.9	51.8	51.7	51.6	51.5	51.4	51.3				
150	DN	DE	221.1	237.1	254.3	272.7	293.1	314.7	338.3	363.5	391.1	420.7	452.7				
		E	26.4	34.4	43.0	52.2	62.4	73.2	85.0	97.6	111.4	126.2	142.2				
		TS	24.8	24.5	24.3	24.1	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0	22.8	22.7				
0.425		TM	52.4	52.3	52.1	52.0	51.9	51.8	51.7	51.6	51.5	51.4	51.3				
200	DN	DE	277.5	294.7	313.1	332.7	353.9	376.3	400.3	426.3	453.9	483.1	514.7				
		E	29.2	37.8	47.0	56.8	67.4	78.6	90.6	103.6	117.4	132.0	147.8				
		TS	24.6	24.4	24.1	23.9	23.7	23.6	23.4	23.2	23.0	22.9	22.7				
0.492		TM	52.3	52.2	52.1	52.0	51.9	51.8	51.7	51.6	51.5	51.4	51.4				
250	DN	DE	336.6	354.6	374.2	394.6	416.6	439.8	464.2	490.2	517.8	547.4	578.2				
		E	31.8	40.8	50.6	60.8	71.8	83.4	95.6	108.6	122.4	137.2	152.6				
		TS	24.4	24.2	24.0	23.8	23.7	23.5	23.3	23.2	23.1	22.9	22.8				
0.559		TM	52.2	52.1	52.0	51.9	51.8	51.7	51.7	51.6	51.5	51.5	51.4				
300	DN	DE	391.5	410.7	430.7	451.9	474.7	498.3	523.5	549.9	577.5	606.7	637.9				
		E	33.8	43.4	53.4	64.0	75.4	87.2	99.8	113.0	126.8	141.4	157.0				
		TS	24.2	24.1	23.9	23.8	23.6	23.5	23.3	23.2	23.1	22.9	22.8				
0.619		TM	52.1	52.0	52.0	51.9	51.8	51.7	51.7	51.6	51.5	51.5	51.4				
350	DN	DE	425.2	444.8	465.6	487.2	510.0	534.0	559.2	585.6	613.6	643.2	674.0				
		E	34.8	44.6	55.0	65.8	77.2	89.2	101.8	115.0	129.0	143.8	159.2				
		TS	24.2	24.0	23.9	23.7	23.6	23.4	23.3	23.2	23.1	22.9	22.8				
0.656		TM	52.1	52.0	51.9	51.9	51.8	51.7	51.7	51.6	51.5	51.5	51.4				
400	DN	DE	478.8	499.2	520.4	542.8	566.0	590.4	615.6	642.4	670.4	699.6	730.4				
		E	36.2	46.4	57.0	68.2	79.8	92.0	104.6	118.0	132.0	146.6	162.0				
		TS	24.1	23.9	23.8	23.7	23.5	23.4	23.3	23.2	23.1	23.0	22.9				
0.715		TM	52.0	52.0	51.9	51.8	51.8	51.7	51.7	51.6	51.5	51.5	51.4				

EAU CHAUDE WARM WATER		50 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 0.40 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur		
															- 10 °C		
DE = d _e		= diamètre extérieur de l'isolant											- buitendiameter van de isolatie		(mm)		
E = e		= épaisseur de l'isolant											- dikte van de isolatie		(mm)		
TS = t _s		= température de surface de l'isolant											- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)		
TM = t _m		= température moyenne dans l'isolant											- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)		
LAMBDA			.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700				
DN 10	DE	30.8	36.4	43.6	52.0	62.8	76.0	92.8	114.0	140.0	171.6	209.2					
	E	6.8	9.6	13.2	17.4	22.8	29.4	37.8	48.4	61.4	77.2	96.0					
	TS	5.3	3.9	2.3	1.2	0.0	-1.1	-2.1	-3.2	-4.0	-4.7	-5.2					
0.162	TM	27.7	26.9	26.2	25.6	25.0	24.5	24.0	23.4	23.0	22.6	22.4					
DN 15	DE	36.9	42.1	50.9	60.1	71.3	85.3	102.5	122.9	148.5	178.9	216.5					
	E	7.8	10.4	14.8	19.4	25.0	32.0	40.6	50.8	63.6	78.8	97.6					
	TS	4.5	4.8	1.9	0.8	-0.2	-1.2	-2.1	-2.9	-3.7	-4.4	-5.0					
0.174	TM	27.3	27.4	25.9	25.4	24.9	24.4	23.9	23.5	23.1	22.8	22.5					
DN 20	DE	44.5	52.1	60.5	70.9	82.9	97.7	115.3	136.5	161.7	192.5	228.9					
	E	8.8	12.6	16.8	22.0	28.0	35.4	44.2	54.8	67.4	82.8	101.0					
	TS	5.3	2.7	1.5	0.3	-0.5	-1.4	-2.2	-3.0	-3.7	-4.3	-4.9					
0.188	TM	27.7	26.3	25.8	25.2	24.8	24.3	23.9	23.5	23.2	22.8	22.6					
DN 25	DE	54.5	62.5	71.7	82.1	94.9	110.1	128.1	148.9	174.1	203.3	238.1					
	E	10.4	14.4	19.0	24.2	30.6	38.2	47.2	57.6	70.2	84.8	102.2					
	TS	3.1	1.9	1.0	0.2	-0.6	-1.4	-2.2	-2.9	-3.5	-4.1	-4.7					
0.205	TM	26.5	26.0	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.6	23.2	22.9	22.7					
DN 32	DE	66.0	74.4	84.4	96.0	109.2	124.8	142.8	164.0	188.4	216.8	250.0					
	E	11.8	16.0	21.0	26.8	33.4	41.2	50.2	60.8	73.0	87.2	103.8					
	TS	2.5	1.7	0.7	0.0	-0.8	-1.5	-2.1	-2.8	-3.4	-3.9	-4.4					
0.225	TM	26.2	25.9	25.4	25.0	24.6	24.3	23.9	23.6	23.3	23.0	22.8					
DN 40	DE	73.9	82.7	93.1	105.1	118.7	134.7	153.1	174.3	198.7	226.7	259.5					
	E	12.8	17.2	22.4	28.4	35.2	43.2	52.4	63.0	75.2	89.2	105.6					
	TS	2.1	1.5	0.5	-0.1	-0.8	-1.5	-2.2	-2.8	-3.3	-3.8	-4.3					
0.237	TM	26.0	25.7	25.3	24.9	24.6	24.2	23.9	23.6	23.3	23.1	22.8					
DN 50	DE	89.1	99.1	110.7	123.1	137.9	154.3	173.5	195.1	219.5	247.9	279.5					
	E	14.4	19.4	25.2	31.4	38.8	47.0	56.6	67.4	79.6	93.8	109.6					
	TS	1.8	0.9	0.1	-0.4	-1.1	-1.6	-2.2	-2.8	-3.3	-3.7	-4.2					
0.259	TM	25.9	25.5	25.0	24.8	24.5	24.2	23.9	23.6	23.4	23.1	22.9					
DN 65	DE	108.9	119.7	132.1	145.3	160.5	178.1	197.3	219.3	243.7	271.3	302.5					
	E	16.4	21.8	28.0	34.6	42.2	51.0	60.6	71.6	83.8	97.6	113.2					
	TS	1.1	0.5	-0.2	-0.6	-1.1	-1.7	-2.2	-2.7	-3.1	-3.6	-4.0					
0.287	TM	25.6	25.2	24.9	24.7	24.4	24.2	23.9	23.7	23.4	23.2	23.0					
DN 80	DE	124.5	135.7	148.5	162.9	178.5	196.5	216.1	238.1	262.5	290.1	320.5					
	E	17.8	23.4	29.8	37.0	44.8	53.8	63.6	74.6	86.8	100.6	115.8					
	TS	0.8	0.3	-0.3	-0.7	-1.2	-1.7	-2.2	-2.6	-3.1	-3.5	-3.9					
0.308	TM	25.4	25.1	24.9	24.6	24.4	24.1	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1					
DN 100	DE	154.3	166.7	180.7	195.5	212.3	230.3	250.7	273.1	297.5	324.3	354.3					
	E	20.0	26.2	33.2	40.6	49.0	58.0	68.2	79.4	91.6	105.0	120.0					
	TS	0.4	0.0	-0.6	-0.9	-1.3	-1.7	-2.2	-2.6	-2.9	-3.3	-3.7					
0.348	TM	25.2	25.0	24.7	24.6	24.3	24.1	23.9	23.7	23.5	23.3	23.2					
DN 125	DE	183.3	196.9	211.3	227.3	244.5	263.3	284.1	306.5	330.9	357.7	386.9					
	E	21.8	28.6	35.8	43.8	52.4	61.8	72.2	83.4	95.6	109.0	123.6					
	TS	0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-1.4	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.5					
0.385	TM	25.1	24.9	24.7	24.5	24.3	24.1	23.9	23.8	23.6	23.4	23.3					
DN 150	DE	215.5	229.9	245.1	261.5	279.5	299.1	319.9	342.7	367.1	393.9	422.7					
	E	23.6	30.8	38.4	46.6	55.6	65.4	75.8	87.2	99.4	112.8	127.2					
	TS	0.0	-0.4	-0.8	-1.0	-1.4	-1.8	-2.1	-2.4	-2.7	-3.0	-3.3					
0.425	TM	25.0	24.8	24.6	24.5	24.3	24.1	24.0	23.8	23.6	23.5	23.3					
DN 200	DE	271.5	287.1	303.5	320.7	339.5	359.9	381.5	404.3	429.1	455.5	483.5					
	E	26.2	34.0	42.2	50.8	60.2	70.4	81.2	92.6	105.0	118.2	132.2					
	TS	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1	-1.4	-1.7	-2.0	-2.3	-2.6	-2.9	-3.1					
0.492	TM	24.9	24.7	24.5	24.4	24.3	24.1	24.0	23.8	23.7	23.6	23.4					
DN 250	DE	329.8	346.2	363.8	382.2	401.4	422.2	444.2	467.8	492.6	519.0	546.6					
	E	28.4	36.6	45.4	54.6	64.2	74.6	85.6	97.4	109.8	123.0	136.8					
	TS	-0.4	-0.7	-1.0	-1.2	-1.4	-1.7	-2.0	-2.2	-2.5	-2.7	-2.9					
0.559	TM	24.8	24.6	24.5	24.4	24.3	24.1	24.0	23.9	23.8	23.6	23.5					
DN 300	DE	384.7	401.9	419.9	439.1	459.1	480.3	502.7	526.3	551.5	577.9	605.5					
	E	30.4	39.0	48.0	57.6	67.6	78.2	89.4	101.2	113.8	127.0	140.8					
	TS	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.2	-2.4	-2.6	-2.8					
0.619	TM	24.7	24.6	24.5	24.3	24.3	24.1	24.0	23.9	23.8	23.7	23.6					
DN 350	DE	418.0	435.6	454.4	474.0	494.0	515.6	538.4	562.0	587.2	613.6	641.2					
	E	31.2	40.0	49.4	59.2	69.2	80.0	91.4	103.2	115.8	129.0	142.8					
	TS	-0.6	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.7	-1.9	-2.1	-2.3	-2.5	-2.7					
0.656	TM	24.7	24.6	24.4	24.3	24.3	24.2	24.0	23.9	23.8	23.7	23.6					
DN 400	DE	471.6	490.0	508.8	528.8	550.0	571.2	594.4	618.4	643.2	669.6	697.2					
	E	32.6	41.8	51.2	61.2	71.8	82.4	94.0	106.0	118.4	131.6	145.4					
	TS	-0.7	-0.9	-1.1	-1.3	-1.6	-1.6	-1.9	-2.1	-2.2	-2.4	-2.6					
0.715	TM	24.7	24.5	24.4	24.3	24.2	24.2	24.1	24.0	23.9	23.8	23.7					

EAU CHAUDE WARM WATER 50 °C
 REVETEMENT BEKLEDING C = 4.60 W/(m² K⁴)
 Température ambiante Omgevingstemperatuur - 10 °C

DE = d_o = diamètre extérieur de l'isolant - buitendiameter van de isolatie (mm)
 E = e = épaisseur de l'isolant - dikte van de isolatie (mm)
 TS = t_s = température de surface de l'isolant - oppervlaktetemperatuur van de isolatie (°C)
 TH = t_m = température moyenne dans l'isolant - gemiddelde temperatuur in de isolatie (°C)

LAMDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700	
0.162	DH	DE	32.8	39.2	47.2	57.2	70.0	85.2	104.0	127.2	156.0	191.2	234.4
	1C	E	7.8	11.0	15.0	20.0	26.4	34.0	43.4	55.0	69.4	87.0	108.6
		TS	0.3	-0.9	-2.0	-3.1	-4.1	-4.9	-5.6	-6.3	-6.8	-7.3	-7.7
		TH	25.1	24.6	24.0	23.4	22.9	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.1
0.174	DH	DE	39.3	46.1	54.9	65.7	78.9	94.5	114.1	137.3	165.7	200.1	241.3
	15	E	9.0	12.4	16.8	22.2	28.8	36.6	46.4	58.0	72.2	89.4	110.0
		TS	-0.4	-1.3	-2.4	-3.4	-4.3	-5.0	-5.7	-6.3	-6.8	-7.2	-7.6
		TH	24.8	24.3	23.8	23.3	22.9	22.5	22.2	21.9	21.6	21.4	21.2
0.188	DH	DE	47.7	55.7	65.3	76.9	90.9	107.3	127.3	150.9	179.3	213.3	253.7
	20	E	10.4	14.4	19.2	25.0	32.0	40.2	50.2	62.0	76.2	93.2	113.4
		TS	-1.0	-2.0	-2.9	-3.7	-4.5	-5.2	-5.8	-6.3	-6.8	-7.2	-7.5
		TH	24.5	24.0	23.5	23.1	22.7	22.4	22.1	21.9	21.6	21.4	21.2
0.205	DH	DE	57.3	66.1	76.5	88.5	102.9	120.1	140.1	163.7	191.7	224.5	262.9
	25	E	11.8	16.2	21.4	27.4	34.6	43.2	53.2	65.0	79.0	95.4	114.6
		TS	-1.5	-2.5	-3.2	-3.9	-4.6	-5.2	-5.7	-6.2	-6.7	-7.1	-7.4
		TH	24.2	23.8	23.4	23.0	22.7	22.4	22.1	21.9	21.7	21.5	21.3
0.225	DH	DE	69.2	78.4	89.6	102.4	117.6	135.2	155.2	178.8	206.0	237.6	274.4
	32	E	13.4	18.0	23.6	30.0	37.6	46.4	56.4	68.2	81.8	97.6	116.0
		TS	-2.1	-2.8	-3.5	-4.1	-4.7	-5.3	-5.7	-6.2	-6.6	-7.0	-7.3
		TH	23.9	23.6	23.3	22.9	22.6	22.4	22.1	21.9	21.7	21.5	21.4
0.237	DH	DE	76.7	87.1	98.7	111.9	127.5	145.1	165.5	189.5	216.7	247.9	283.9
	40	E	14.2	19.4	25.2	31.8	39.6	48.4	58.6	70.6	84.2	99.8	117.8
		TS	-2.3	-3.1	-3.7	-4.2	-4.8	-5.3	-5.7	-6.2	-6.6	-6.9	-7.2
		TH	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.4	22.1	21.9	21.7	21.5	21.4
0.259	DH	DE	92.7	103.5	116.3	130.3	146.7	165.5	186.7	210.7	237.9	269.1	304.3
	50	E	16.2	21.6	28.0	35.0	43.2	52.6	63.2	75.2	88.8	104.4	122.0
		TS	-2.8	-3.4	-4.0	-4.4	-4.9	-5.4	-5.8	-6.2	-6.5	-6.9	-7.2
		TH	23.6	23.3	23.0	22.8	22.5	22.3	22.1	21.9	21.7	21.6	21.4
0.287	DH	DE	112.5	124.5	137.7	152.9	170.1	189.3	210.9	235.3	262.5	292.9	326.9
	65	E	18.2	24.2	30.8	38.4	47.0	56.6	67.4	79.6	93.2	108.4	125.4
		TS	-3.2	-3.7	-4.2	-4.6	-5.1	-5.5	-5.8	-6.2	-6.5	-6.8	-7.1
		TH	23.4	23.1	22.9	22.7	22.5	22.3	22.1	21.9	21.8	21.6	21.5
0.308	DH	DE	128.1	140.9	154.9	170.9	188.5	208.1	230.1	254.5	281.3	311.7	345.3
	80	E	19.6	26.0	33.0	41.0	49.8	59.6	70.6	82.8	96.2	111.4	128.2
		TS	-3.5	-3.9	-4.3	-4.8	-5.2	-5.5	-5.9	-6.2	-6.5	-6.7	-7.0
		TH	23.3	23.0	22.8	22.6	22.4	22.2	22.1	21.9	21.8	21.6	21.5
0.348	DH	DE	158.3	171.9	187.1	203.9	222.3	242.7	265.1	289.5	316.7	346.3	379.1
	100	E	22.0	28.8	36.4	44.8	54.0	64.2	75.4	87.6	101.2	116.0	132.4
		TS	-3.8	-4.2	-4.6	-4.9	-5.2	-5.6	-5.9	-6.1	-6.4	-6.7	-6.9
		TH	23.1	22.9	22.7	22.5	22.4	22.2	22.1	21.9	21.8	21.7	21.6
0.385	DH	DE	187.7	202.5	218.5	236.1	255.3	276.1	298.9	323.7	350.9	380.1	412.5
	125	E	24.0	31.4	39.4	48.2	57.8	68.2	79.6	92.0	105.6	120.2	136.4
		TS	-4.1	-4.4	-4.7	-5.0	-5.3	-5.6	-5.9	-6.1	-6.4	-6.6	-6.8
		TH	23.0	22.8	22.6	22.5	22.3	22.2	22.1	21.9	21.8	21.7	21.6
0.425	DH	DE	220.3	235.9	252.7	271.1	290.7	312.3	335.1	360.3	387.5	416.7	448.3
	150	E	26.0	33.8	42.2	51.4	61.2	72.0	83.4	96.0	109.6	124.2	140.0
		TS	-4.3	-4.6	-4.9	-5.2	-5.4	-5.7	-5.9	-6.1	-6.4	-6.6	-6.8
		TH	22.8	22.7	22.6	22.4	22.3	22.2	22.1	21.9	21.8	21.7	21.6
0.492	DH	DE	276.7	293.5	311.5	331.1	351.5	373.9	397.5	422.7	449.9	479.1	509.9
	200	E	28.8	37.2	46.2	56.0	66.2	77.4	89.2	101.8	115.4	130.0	145.4
		TS	-4.6	-4.8	-5.0	-5.3	-5.5	-5.7	-5.9	-6.1	-6.3	-6.5	-6.7
		TH	22.7	22.6	22.5	22.4	22.3	22.1	22.0	21.9	21.8	21.8	21.7
0.559	DH	DE	335.4	353.4	372.6	392.6	414.2	437.0	461.4	487.0	514.2	543.0	573.8
	250	E	31.2	40.2	49.8	59.8	70.6	82.0	94.2	107.0	120.6	135.0	150.4
		TS	-4.8	-5.0	-5.2	-5.4	-5.6	-5.8	-5.9	-6.1	-6.3	-6.4	-6.6
		TH	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1	22.0	21.9	21.9	21.8	21.7
0.619	DH	DE	390.3	409.1	429.1	449.9	472.3	495.5	520.3	546.3	573.5	602.7	633.1
	300	E	33.2	42.6	52.6	63.0	74.2	85.8	98.2	111.2	124.8	139.4	154.6
		TS	-4.9	-5.1	-5.3	-5.5	-5.6	-5.8	-6.0	-6.1	-6.3	-6.4	-6.6
		TH	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.1	22.0	21.9	21.9	21.8	21.7
0.656	DH	DE	424.0	443.2	463.6	485.2	507.6	531.2	556.0	582.4	609.6	638.8	669.2
	350	E	34.2	43.8	54.0	64.8	76.0	87.8	100.2	113.4	127.0	141.6	156.8
		TS	-5.0	-5.2	-5.3	-5.5	-5.7	-5.8	-6.0	-6.1	-6.3	-6.4	-6.5
		TH	22.5	22.4	22.3	22.2	22.2	22.1	22.0	21.9	21.9	21.8	21.7
0.715	DH	DE	477.6	497.6	518.4	540.4	563.2	587.2	612.4	638.8	666.4	695.2	725.6
	400	E	35.6	45.6	56.0	67.0	78.4	90.4	103.0	116.2	130.0	144.4	159.6
		TS	-5.1	-5.2	-5.4	-5.5	-5.7	-5.8	-6.0	-6.1	-6.2	-6.4	-6.5
		TH	22.5	22.4	22.3	22.2	22.2	22.1	22.0	21.9	21.9	21.8	21.7

EAU CHAUDE WARM WATER	50 °C	REVETEMENT BEKLEDING	$c = 0.40 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$	Température ambiante Omgevingstemperatuur	0 °C
DE = d_e	= diamètre extérieur de l'isolant	-	buitendiameter van de isolatie	(mm)	
E = e	= épaisseur de l'isolant	-	dikte van de isolatie	(mm)	
TS = t_s	= température de surface de l'isolant	-	oppervlaktetemperatuur van de isolatie	(°C)	
TM = t_m	= température moyenne dans l'isolant	-	gemiddelde temperatuur in de isolatie	(°C)	

LAMDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700	
0.169	DH	DE	29.6	34.4	40.8	48.4	58.0	69.6	83.6	101.6	124.0	150.0	182.8
		E	6.2	8.6	11.8	15.6	20.4	26.2	33.2	42.2	53.4	66.4	82.8
		TS	13.9	12.7	11.4	10.4	9.2	8.3	7.5	6.6	5.7	5.2	4.6
		TM	32.0	31.4	30.7	30.2	29.6	29.2	28.7	28.3	27.9	27.6	27.3
0.182	DH	DE	35.3	41.3	46.9	56.1	66.1	78.1	92.9	110.5	132.1	158.1	189.3
		E	7.0	10.0	12.8	17.4	22.4	28.4	35.8	44.6	55.4	68.4	84.0
		TS	13.5	12.0	12.0	10.0	9.0	8.2	7.4	6.7	6.0	5.4	4.8
		TM	31.7	31.0	31.0	30.0	29.5	29.1	28.7	28.3	28.0	27.7	27.4
0.197	DH	DE	43.7	48.9	57.3	66.1	77.3	89.7	104.9	123.3	144.9	170.9	201.7
		E	8.4	11.0	15.2	19.6	25.2	31.4	39.0	48.2	59.0	72.0	87.4
		TS	12.3	12.7	10.6	9.8	8.7	8.1	7.3	6.6	6.0	5.4	4.9
		TM	31.2	31.3	30.3	29.9	29.3	29.0	28.7	28.3	28.0	27.7	27.5
0.215	DH	DE	52.9	59.7	67.7	77.7	88.9	102.1	117.3	135.7	156.9	182.1	211.7
		E	9.6	13.0	17.0	22.0	27.6	34.2	41.8	51.0	61.6	74.2	89.0
		TS	11.8	11.0	10.2	9.3	8.5	8.0	7.3	6.7	6.1	5.6	5.1
		TM	30.9	30.5	30.1	29.7	29.3	29.0	28.7	28.4	28.1	27.8	27.5
0.235	DH	DE	63.6	72.0	80.8	91.6	103.2	117.2	133.2	151.6	173.2	198.0	226.8
		E	10.6	14.8	19.2	24.6	30.4	37.4	45.4	54.6	65.4	77.8	92.2
		TS	12.2	10.5	9.9	9.0	8.5	7.8	7.3	6.7	6.2	5.7	5.2
		TM	31.1	30.2	30.0	29.5	29.2	28.9	28.6	28.4	28.1	27.8	27.6
0.248	DH	DE	71.9	79.9	89.5	100.3	112.3	126.7	142.7	161.5	182.7	207.5	235.5
		E	11.8	15.8	20.6	26.0	32.0	39.2	47.2	56.6	67.2	79.6	93.6
		TS	11.0	10.3	9.6	8.9	8.4	7.8	7.3	6.7	6.3	5.8	5.3
		TM	30.5	30.2	29.8	29.4	29.2	28.9	28.6	28.4	28.1	27.9	27.7
0.273	DH	DE	86.7	95.5	105.9	117.5	129.9	144.7	161.5	180.3	201.5	225.5	253.1
		E	13.2	17.6	22.8	28.6	34.8	42.2	50.6	60.0	70.6	82.6	96.4
		TS	10.6	10.1	9.3	8.7	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3	5.9	5.5
		TM	30.3	30.0	29.7	29.4	29.2	28.9	28.6	28.4	28.2	28.0	27.8
0.303	DH	DE	106.1	115.7	126.9	139.3	152.5	167.7	184.9	203.7	225.3	248.9	275.7
		E	15.0	19.8	25.4	31.6	38.2	45.8	54.4	63.8	74.6	86.4	99.8
		TS	10.2	9.7	9.1	8.5	8.2	7.7	7.3	6.8	6.4	6.0	5.7
		TM	30.1	29.9	29.5	29.2	29.1	28.9	28.6	28.4	28.2	28.0	27.8
0.325	DH	DE	121.3	131.7	143.3	156.1	170.1	186.1	203.3	222.9	244.1	268.1	294.5
		E	16.2	21.4	27.2	33.6	40.6	48.6	57.2	67.0	77.6	89.6	102.8
		TS	10.0	9.4	8.9	8.4	8.1	7.6	7.2	6.8	6.5	6.1	5.8
		TM	30.0	29.7	29.4	29.2	29.0	28.8	28.6	28.4	28.2	28.1	27.9
0.368	DH	DE	150.7	162.3	174.7	188.3	203.1	219.5	237.1	257.1	278.3	301.9	327.9
		E	18.2	24.0	30.2	37.0	44.4	52.6	61.4	71.4	82.0	93.8	106.8
		TS	9.7	9.1	8.7	8.3	8.0	7.6	7.3	6.9	6.6	6.3	5.9
		TM	29.8	29.5	29.3	29.1	29.0	28.8	28.6	28.4	28.3	28.1	28.0
0.408	DH	DE	179.7	191.7	204.9	219.3	234.9	251.7	270.1	289.7	311.3	334.9	360.1
		E	20.0	26.0	32.6	39.8	47.6	56.0	65.2	75.0	85.8	97.6	110.2
		TS	9.3	8.9	8.6	8.2	7.9	7.6	7.3	7.0	6.7	6.4	6.1
		TM	29.6	29.5	29.3	29.1	29.0	28.8	28.6	28.5	28.3	28.2	28.0
0.450	DH	DE	211.5	224.7	238.7	253.9	269.9	287.1	305.9	325.9	347.9	371.1	396.3
		E	21.6	28.2	35.2	42.8	50.8	59.4	68.8	78.8	89.8	101.4	114.0
		TS	9.1	8.7	8.4	8.0	7.7	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5	6.2
		TM	29.6	29.4	29.2	29.0	28.9	28.8	28.6	28.5	28.4	28.2	28.1
0.522	DH	DE	267.1	281.5	296.3	312.3	329.5	347.5	366.3	387.1	408.7	432.3	457.1
		E	24.0	31.2	38.6	46.6	55.2	64.2	73.6	84.0	94.8	106.6	119.0
		TS	8.9	8.5	8.3	8.0	7.7	7.4	7.3	7.1	6.8	6.8	6.4
		TM	29.4	29.3	29.1	29.0	28.9	28.7	28.7	28.5	28.4	28.3	28.2
0.594	DH	DE	325.4	340.2	356.2	373.0	390.6	409.4	428.6	449.8	471.8	495.0	519.8
		E	26.2	33.6	41.6	50.0	58.8	68.2	77.8	88.4	99.4	111.0	123.4
		TS	8.7	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.1	6.9	6.7	6.5
		TM	29.3	29.2	29.1	29.0	28.9	28.7	28.7	28.6	28.5	28.4	28.3
0.660	DH	DE	379.5	395.1	411.5	429.1	447.1	466.3	486.7	507.1	529.5	552.7	577.5
		E	27.8	35.6	43.8	52.6	61.6	71.2	81.4	91.6	102.8	114.4	126.8
		TS	8.6	8.4	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3	7.2	7.0	6.8	6.6
		TM	29.3	29.2	29.1	29.0	28.9	28.7	28.6	28.6	28.5	28.4	28.3
0.700	DH	DE	412.8	428.8	445.6	463.6	482.0	501.2	521.6	543.2	566.8	588.4	612.8
		E	28.6	36.6	45.0	54.0	63.2	72.8	83.0	93.8	104.6	116.4	128.6
		TS	8.5	8.3	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	7.1	6.9	6.7
		TM	29.3	29.2	29.1	28.9	28.9	28.8	28.7	28.6	28.5	28.4	28.4
0.763	DH	DE	466.0	482.8	500.0	518.0	537.2	556.8	577.6	599.2	621.6	644.4	668.8
		E	29.8	38.2	46.8	55.8	65.4	75.2	85.6	96.4	107.6	119.0	131.2
		TS	8.5	8.3	8.1	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.0	7.0	6.8
		TM	29.2	29.1	29.0	29.0	28.9	28.8	28.7	28.6	28.5	28.5	28.4

EAU CHAUDE 50 °C REVETEMENT C = 4.60 W/(m² K⁴) Température ambiante 0 °C
 WARM WATER BEKLEDING Omgevingstemperatuur

DE = d_o = diamètre extérieur de l'isolant - buitendiameter van de isolatie (mm)
 E = e = épaisseur de l'isolant - dikte van de isolatie (mm)
 TS = t_s = température de surface de l'isolant - oppervlaktetemperatuur van de isolatie (°C)
 TM = t_m = température moyenne dans l'isolant - gemiddelde temperatuur in de isolatie (°C)

LAMDA	.G200	.C250	.G300	.O350	.O400	.O450	.O500	.O550	.O600	.O650	.O700	
10	DE	31.6	37.6	44.8	54.0	65.2	78.8	95.6	116.0	140.8	171.2	208.4
	E	7.2	10.2	13.8	18.4	24.0	30.8	39.2	49.4	61.8	77.0	95.6
	TS	9.2	8.0	7.1	6.1	5.3	4.5	3.9	3.4	2.9	2.5	2.1
0.169	TM	29.6	29.0	28.5	28.0	27.6	27.3	27.0	26.7	26.4	26.2	26.0
15	DE	38.1	44.5	52.5	62.1	73.7	87.7	104.9	125.3	150.1	179.3	214.9
	E	8.4	11.6	15.6	20.4	26.2	33.2	41.8	52.0	64.4	79.0	96.8
	TS	8.3	7.5	6.7	5.8	5.1	4.5	3.9	3.4	2.9	2.5	2.2
0.182	TM	29.2	28.8	28.3	27.9	27.6	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1
20	DE	46.1	53.7	62.5	72.9	85.3	100.1	117.7	138.5	163.3	192.5	226.9
	E	9.6	13.4	17.8	23.0	29.2	36.6	45.4	55.8	68.2	82.8	100.0
	TS	7.9	7.0	6.2	5.5	4.9	4.3	3.8	3.3	2.9	2.6	2.2
0.197	TM	28.9	28.5	28.1	27.8	27.4	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1
25	DE	55.7	63.7	73.3	84.1	97.3	112.5	130.1	150.9	175.3	203.7	236.9
	E	11.0	15.0	19.8	25.2	31.8	39.4	48.2	58.6	70.8	85.0	101.6
	TS	7.3	6.6	5.9	5.4	4.8	4.3	3.8	3.4	3.0	2.7	2.3
0.215	TM	28.7	28.3	28.0	27.7	27.4	27.1	26.9	26.7	26.5	26.3	26.2
32	DE	67.2	76.4	86.4	98.4	112.0	128.0	146.0	167.2	191.6	219.6	252.0
	E	12.4	17.0	22.0	28.0	34.8	42.8	51.8	62.4	74.6	88.6	104.8
	TS	7.0	6.2	5.7	5.1	4.6	4.2	3.8	3.4	3.0	2.7	2.4
0.235	TM	28.5	28.1	27.8	27.6	27.3	27.1	26.9	26.7	26.5	26.4	26.2
40	DE	75.1	84.3	95.1	107.5	121.5	137.5	156.3	177.1	201.5	229.1	260.7
	E	13.4	18.0	23.4	29.6	36.6	44.6	54.0	64.4	76.6	90.4	106.2
	TS	6.6	6.1	5.5	5.0	4.6	4.1	3.7	3.4	3.0	2.7	2.5
0.248	TM	28.3	28.0	27.8	27.5	27.3	27.1	26.9	26.7	26.5	26.4	26.2
50	DE	90.3	100.7	111.9	125.1	139.5	156.3	175.1	196.3	220.3	247.5	278.3
	E	15.0	20.2	25.8	32.4	39.6	48.0	57.4	68.0	80.0	93.6	109.0
	TS	6.3	5.7	5.3	4.8	4.5	4.1	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6
0.273	TM	28.1	27.9	27.7	27.4	27.2	27.0	26.9	26.7	26.5	26.4	26.3
65	DE	109.7	120.9	133.3	146.9	162.5	179.7	198.9	220.5	244.5	271.3	301.3
	E	16.8	22.4	28.6	35.4	43.2	51.8	61.4	72.2	84.2	97.6	112.6
	TS	5.9	5.5	5.1	4.7	4.3	4.0	3.7	3.4	3.1	2.9	2.6
0.303	TM	28.0	27.7	27.5	27.4	27.2	27.0	26.8	26.7	26.6	26.4	26.3
80	DE	125.3	137.3	150.1	164.5	180.5	198.5	218.1	239.7	264.1	290.5	320.1
	E	18.2	24.2	30.6	37.8	45.8	54.8	64.6	75.4	87.6	100.8	115.6
	TS	5.7	5.3	4.9	4.6	4.2	3.9	3.6	3.4	3.1	2.9	2.7
0.325	TM	27.8	27.6	27.5	27.3	27.1	27.0	26.8	26.7	26.6	26.4	26.3
100	DE	155.1	167.9	181.9	197.1	213.9	232.3	252.3	274.3	298.7	325.1	353.9
	E	20.4	26.8	33.8	41.4	49.8	59.0	69.0	80.0	92.2	105.4	119.8
	TS	5.4	5.0	4.7	4.4	4.1	3.9	3.6	3.4	3.2	2.9	2.8
0.368	TM	27.7	27.5	27.4	27.2	27.1	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4
125	DE	184.5	198.1	212.9	228.9	246.1	265.3	285.7	307.7	332.1	358.1	386.5
	E	22.4	29.2	36.6	44.6	53.2	62.8	73.0	84.0	96.2	109.2	123.4
	TS	5.1	4.8	4.6	4.3	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8
0.408	TM	27.5	27.4	27.3	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4
150	DE	216.7	231.1	246.7	263.5	281.5	301.1	321.9	344.7	368.7	395.1	423.1
	E	24.2	31.4	39.2	47.6	56.6	66.4	76.8	88.2	100.2	113.4	127.4
	TS	4.9	4.7	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9
0.450	TM	27.5	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4
200	DE	272.7	286.3	305.1	322.7	341.9	361.9	383.5	406.3	430.7	456.7	484.7
	E	26.8	34.6	43.0	51.8	61.4	71.4	82.2	93.6	105.8	118.8	132.8
	TS	4.7	4.5	4.3	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.1	2.9
0.522	TM	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.5
250	DE	331.0	347.8	365.4	384.2	403.8	424.6	446.6	469.8	494.6	520.6	548.2
	E	29.0	37.4	46.2	55.6	65.4	75.8	86.8	98.4	110.8	123.8	137.6
	TS	4.5	4.3	4.1	4.0	3.8	3.7	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0
0.594	TM	27.2	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.8	26.7	26.6	26.5	26.5
300	DE	385.5	403.1	421.1	440.7	460.7	481.9	504.3	527.9	552.7	578.7	606.3
	E	30.8	39.6	48.6	58.4	68.4	79.0	90.2	102.0	114.4	127.4	141.2
	TS	4.4	4.2	4.1	3.9	3.8	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0
0.660	TM	27.2	27.1	27.0	26.9	26.9	26.8	26.7	26.7	26.6	26.6	26.5
350	DE	419.2	437.2	455.6	475.2	496.0	517.6	540.0	563.6	588.4	614.8	642.0
	E	31.8	40.8	50.0	59.8	70.2	81.0	92.2	104.0	116.4	129.6	143.2
	TS	4.3	4.1	4.0	3.9	3.7	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0
0.700	TM	27.1	27.1	27.0	26.9	26.9	26.8	26.7	26.7	26.6	26.6	26.5
400	DE	472.8	491.2	510.4	530.4	551.6	573.6	596.4	620.4	645.2	671.2	698.4
	E	33.2	42.4	52.0	62.0	72.6	83.6	95.0	107.0	119.4	132.4	146.0
	TS	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.1	3.0
0.763	TM	27.1	27.0	27.0	26.9	26.8	26.8	26.7	26.7	26.6	26.6	26.5

EAU CHAUDE WARM WATER		50 °C		REVETEMENT BEKLEDING		C = 0.40 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante + 10 °C Omgevingstemperatuur				
DE = d _e	=	diabètetre extérieure de l'isolant					- buitendiameter van de isolatie					(mm)
E = e	=	épaisseur de l'isolant					- dikte van de isolatie					(mm)
TS = t _s	=	température de surface de l'isolant					- oppervlaktetemperatuur van de isolatie					(°C)
TH = t _m	=	température moyenne dans l'isolant					- gemiddelde temperatuur in de isolatie					(°C)
LAMBDA												
		.C200	.C250	.C300	.C350	.C400	.C450	.C500	.C550	.C600	.C650	.C700
.0.179	DN	28.0	32.0	37.6	44.0	52.0	61.6	73.2	87.6	105.2	126.4	152.4
	10	E	5.4	7.4	10.2	13.4	17.4	22.2	28.0	35.2	44.0	54.6
		TS	22.6	21.7	20.4	19.5	18.5	17.7	17.0	16.3	15.6	15.0
		TH	36.3	35.9	35.2	34.7	34.3	33.9	33.5	33.2	32.8	32.5
.0.193	DN	33.7	38.5	44.5	50.1	59.7	70.1	81.7	96.5	113.7	134.9	160.1
	15	E	6.2	8.6	11.6	14.4	19.2	24.4	30.2	37.6	46.2	56.8
		TS	21.9	21.0	20.0	20.0	18.4	17.5	17.0	16.3	15.7	15.1
		TH	36.0	35.5	35.0	35.0	34.2	33.8	33.5	33.1	32.9	32.6
.0.209	DN	41.7	47.3	52.5	61.3	70.1	80.9	93.7	108.9	126.5	147.7	172.5
	20	E	7.4	10.2	12.8	17.2	21.6	27.0	33.4	41.0	49.8	60.4
		TS	21.0	20.2	20.5	18.7	18.2	17.5	16.8	16.2	15.7	15.2
		TH	35.5	35.1	35.2	34.4	34.1	33.7	33.4	33.1	32.8	32.6
.0.228	DN	50.5	56.5	63.3	72.1	82.1	93.3	106.1	121.3	138.9	159.7	184.1
	25	E	8.4	11.4	14.8	19.2	24.2	29.8	36.2	43.8	52.6	63.0
		TS	20.7	20.0	19.7	18.5	17.8	17.2	16.8	16.2	15.7	15.3
		TH	35.3	35.0	34.8	34.3	33.9	33.6	33.4	33.1	32.9	32.6
.0.250	DN	62.0	68.0	76.4	85.2	95.6	107.6	120.8	136.4	154.0	174.8	198.4
	32	E	9.8	12.8	17.0	21.4	26.6	32.6	39.2	47.0	55.8	66.2
		TS	20.1	20.1	18.8	18.4	17.7	17.1	16.7	16.2	15.8	15.3
		TH	35.0	35.0	34.4	34.2	33.8	33.5	33.4	33.1	32.9	32.7
.0.264	DN	69.1	75.9	84.7	93.9	104.7	117.1	130.3	145.9	163.9	184.3	207.5
	40	E	10.4	13.8	18.2	22.8	28.2	34.4	41.0	48.8	57.8	68.0
		TS	20.0	19.7	18.7	18.1	17.5	17.0	16.7	16.2	15.8	15.4
		TH	35.0	34.9	34.3	34.1	33.8	33.5	33.3	33.1	32.9	32.7
.0.291	DN	83.5	91.9	100.7	110.7	121.9	134.7	148.3	164.3	182.3	202.3	225.1
	50	E	11.6	15.8	20.2	25.2	30.8	37.2	44.0	52.0	61.0	71.0
		TS	20.0	18.9	18.5	17.9	17.4	16.9	16.7	16.3	15.9	15.5
		TH	35.0	34.4	34.2	34.0	33.7	33.5	33.3	33.1	32.9	32.6
.0.323	DN	102.9	111.7	120.9	132.1	144.1	157.3	171.7	187.7	205.7	226.1	248.5
	65	E	13.4	17.8	22.4	28.0	34.0	40.6	47.8	55.8	64.8	75.0
		TS	19.0	18.6	18.3	17.7	17.3	16.9	16.6	16.3	15.9	15.6
		TH	34.5	34.3	34.2	33.8	33.6	33.4	33.3	33.1	33.0	32.8
.0.347	DN	118.1	127.3	137.3	148.9	161.3	174.9	189.7	206.1	224.5	244.5	266.9
	80	E	14.6	19.2	24.2	30.0	36.2	43.0	50.4	58.6	67.8	77.8
		TS	18.8	18.4	18.0	17.6	17.2	16.8	16.6	16.3	15.9	15.6
		TH	34.4	34.2	34.0	33.8	33.6	33.4	33.3	33.1	33.0	32.8
.0.394	DN	147.1	157.1	168.3	180.3	193.1	207.5	223.1	239.5	257.9	277.9	299.5
	100	E	16.4	21.4	27.0	33.0	39.4	46.6	54.4	62.6	71.8	81.8
		TS	18.5	18.2	17.8	17.4	17.1	16.8	16.5	16.3	16.0	15.7
		TH	34.3	34.1	33.9	33.7	33.6	33.4	33.2	33.1	33.0	32.9
.0.438	DN	175.3	186.1	198.1	210.5	224.1	238.9	254.9	272.1	290.1	310.1	331.7
	125	E	17.8	23.2	29.2	35.4	42.2	49.6	57.6	66.2	75.2	85.2
		TS	18.4	18.1	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5	16.2	16.1	15.8
		TH	34.2	34.1	33.8	33.7	33.5	33.4	33.2	33.1	33.0	32.9
.0.485	DN	207.1	218.7	230.7	243.9	258.3	273.5	289.5	307.1	325.1	345.1	366.3
	150	E	19.4	25.2	31.2	37.8	45.0	52.6	60.6	69.4	78.4	88.4
		TS	18.2	17.8	17.6	17.3	17.0	16.7	16.5	16.3	16.1	15.9
		TH	34.1	33.9	33.8	33.6	33.5	33.4	33.3	33.1	33.0	32.9
.0.562	DN	262.3	274.7	288.3	302.3	317.1	333.1	349.9	367.9	387.1	407.5	427.9
	200	E	21.6	27.8	34.6	41.6	49.0	57.0	65.4	74.4	84.0	94.2
		TS	17.9	17.7	17.4	17.2	17.0	16.7	16.5	16.3	16.1	15.9
		TH	33.9	33.8	33.7	33.6	33.5	33.4	33.3	33.1	33.0	32.9
.0.643	DN	319.8	333.0	347.0	361.8	377.4	393.8	411.0	429.0	448.2	468.6	489.8
	250	E	23.4	30.0	37.0	44.4	52.2	60.4	69.0	78.0	87.6	97.8
		TS	17.7	17.5	17.3	17.1	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	16.0
		TH	33.9	33.8	33.7	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0
.0.715	DN	373.5	387.5	401.9	417.1	433.1	449.9	467.5	486.3	505.5	525.9	547.1
	300	E	24.8	31.8	39.0	46.6	54.6	63.0	71.8	81.2	90.8	101.0
		TS	17.7	17.5	17.3	17.1	16.9	16.8	16.6	16.4	16.3	16.1
		TH	33.8	33.7	33.6	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0
.0.759	DN	406.8	421.2	436.0	451.6	467.6	484.8	502.4	521.2	540.4	560.8	582.0
	350	E	25.6	32.8	40.2	48.0	56.0	64.6	73.4	82.8	92.4	102.6
		TS	17.6	17.4	17.3	17.1	16.9	16.8	16.6	16.5	16.3	16.2
		TH	33.8	33.7	33.6	33.5	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0
.0.829	DN	460.0	474.4	490.0	505.6	522.4	539.6	557.6	576.4	596.0	616.4	638.0
	400	E	26.8	34.0	41.8	49.6	58.0	66.6	75.6	85.0	94.8	105.0
		TS	17.5	17.4	17.2	17.1	16.9	16.8	16.7	16.5	16.4	16.2
		TH	33.8	33.7	33.6	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0

EAU CHAUDE WARM WATER		50 °C	REVETEMENT BEKLEDING										C = 4.60 W/(m ² K ⁴)		Température ambiante Omgevingstemperatuur + 10 °C																																	
DE = d _o	diamètre extérieur de l'isolant											- buitendiameter van de isolatie		(mm)																																		
E = e	épaisseur de l'isolant											- dikte van de isolatie		(mm)																																		
TS = t _s	température de surface de l'isolant											- oppervlaktetemperatuur van de isolatie		(°C)																																		
TM = t _m	température moyenne dans l'isolant											- gemiddelde temperatuur in de isolatie		(°C)																																		
LAMDA	.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700																																					
DN 10	DE	30.4	35.6	42.0	50.0	59.6	71.2	85.6	102.8	123.2	148.4	178.4	E	6.6	9.2	12.4	16.4	21.2	27.0	34.2	42.8	53.0	65.6	80.6	TS	17.8	16.9	16.1	15.4	14.7	14.1	13.5	13.0	12.6	12.2	11.9	TM	33.9	33.5	33.1	32.7	32.3	32.0	31.7	31.5	31.3	31.1	31.0
DN 15	DE	36.5	42.1	49.3	57.7	67.7	79.7	94.5	111.7	132.1	156.5	185.7	E	7.6	10.4	14.0	18.2	23.2	29.2	36.6	45.2	55.4	67.6	82.2	TS	17.2	16.5	15.8	15.2	14.5	14.0	13.5	13.0	12.6	12.3	12.0	TM	33.6	33.3	32.9	32.6	32.3	32.0	31.7	31.5	31.3	31.2	31.0
DN 20	DE	44.5	50.9	58.9	68.1	78.9	91.7	106.9	124.5	145.3	169.7	198.5	E	8.8	12.0	16.0	20.6	26.0	32.4	40.0	48.8	59.2	71.4	85.8	TS	16.7	16.1	15.4	14.8	14.3	13.8	13.4	13.0	12.6	12.3	12.0	TM	33.3	33.0	32.7	32.4	32.1	31.9	31.7	31.5	31.3	31.2	31.0
DN 25	DE	53.7	60.9	69.3	79.3	90.5	104.1	119.3	137.3	158.1	182.1	209.7	E	10.0	13.6	17.8	22.8	28.4	35.2	42.8	51.8	62.2	74.2	88.0	TS	16.3	15.7	15.2	14.6	14.2	13.7	13.3	13.0	12.7	12.4	12.1	TM	33.1	32.9	32.6	32.3	32.1	31.9	31.7	31.5	31.3	31.2	31.1
DN 32	DE	65.2	73.2	82.4	92.8	104.8	118.8	134.4	152.8	173.2	197.2	224.0	E	11.4	15.4	20.0	25.2	31.2	38.2	46.0	55.2	65.4	77.4	90.8	TS	15.9	15.4	14.9	14.4	14.0	13.6	13.3	13.0	12.7	12.4	12.2	TM	32.9	32.7	32.4	32.2	32.0	31.8	31.6	31.5	31.3	31.2	31.1
DN 40	DE	72.7	81.1	90.7	101.9	113.9	128.3	144.3	162.3	183.1	206.7	233.5	E	12.2	16.4	21.2	26.8	32.8	40.0	48.0	57.0	67.4	79.2	92.6	TS	15.7	15.2	14.7	14.3	14.0	13.6	13.3	13.0	12.7	12.4	12.2	TM	32.8	32.6	32.4	32.2	32.0	31.8	31.6	31.5	31.3	31.2	31.1
DN 50	DE	87.9	97.1	107.1	118.7	131.9	146.3	162.7	181.1	201.9	225.1	251.1	E	13.8	18.4	23.4	29.2	35.8	43.0	51.2	60.4	70.8	82.4	95.4	TS	15.3	14.9	14.5	14.2	13.8	13.5	13.2	13.0	12.7	12.5	12.3	TM	32.7	32.5	32.3	32.1	31.9	31.8	31.6	31.5	31.4	31.2	31.1
DN 65	DE	107.3	117.3	128.1	140.5	154.5	169.7	186.5	205.3	226.1	249.3	274.9	E	15.6	20.6	26.0	32.2	39.2	46.8	55.2	64.6	75.0	86.6	99.4	TS	15.0	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	13.2	12.9	12.7	12.5	12.3	TM	32.5	32.3	32.2	32.0	31.8	31.7	31.6	31.5	31.4	31.3	31.2
DN 80	DE	122.5	133.3	144.9	157.7	172.1	187.7	204.9	224.1	244.9	268.1	293.3	E	16.8	22.2	28.0	34.4	41.6	49.4	58.0	67.6	78.0	89.6	102.2	TS	14.8	14.4	14.2	13.9	13.6	13.4	13.1	12.9	12.7	12.5	12.3	TM	32.4	32.2	32.1	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.4	31.3	31.2
DN 100	DE	151.9	163.5	175.9	189.9	204.7	221.1	238.7	257.9	278.7	301.9	326.7	E	18.8	24.6	30.8	37.8	45.2	53.4	62.2	71.8	82.2	93.8	106.2	TS	14.5	14.2	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.6	12.4	TM	32.3	32.1	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.4	31.3	31.2
DN 125	DE	180.5	192.9	206.1	220.5	236.1	252.9	270.9	290.5	311.7	334.1	358.9	E	20.4	26.6	33.2	40.4	48.2	56.6	65.6	75.4	86.0	97.2	109.6	TS	14.3	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.6	12.4	TM	32.2	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.5	31.4	31.3	31.2
DN 150	DE	212.3	225.5	239.5	254.7	270.7	287.9	306.3	325.9	347.1	369.9	394.3	E	22.0	28.6	35.6	43.2	51.2	59.8	69.0	78.8	89.4	100.8	113.0	TS	14.2	14.0	13.7	13.6	13.4	13.2	13.1	12.9	12.8	12.6	12.5	TM	32.1	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.5	31.4	31.3	31.2
DN 200	DE	268.3	282.3	297.5	313.5	330.3	348.3	367.5	387.9	409.5	432.3	456.3	E	24.6	31.6	39.2	47.2	55.6	64.6	74.2	84.4	95.2	106.6	118.6	TS	13.9	13.7	13.6	13.4	13.3	13.1	13.0	12.9	12.7	12.6	12.5	TM	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.4	31.3	31.3
DN 250	DE	325.8	341.0	357.0	373.4	391.4	409.8	429.4	449.8	471.4	494.2	518.2	E	26.4	34.0	42.0	50.2	59.2	68.4	78.2	88.4	99.2	110.6	122.6	TS	13.8	13.7	13.5	13.4	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	TM	31.9	31.8	31.8	31.7	31.6	31.6	31.5	31.4	31.4	31.3	31.3
DN 300	DE	380.3	395.9	412.3	429.5	447.5	466.7	486.3	507.1	529.1	551.9	575.9	E	28.2	36.0	44.2	52.8	61.8	71.4	81.2	91.6	102.6	114.0	126.0	TS	13.7	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	TM	31.8	31.8	31.7	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.4	31.4	31.3
DN 350	DE	413.6	429.6	446.4	464.0	482.4	501.6	521.6	542.8	564.4	587.2	611.2	E	29.0	37.0	45.4	54.2	63.4	73.0	83.0	93.6	104.4	115.8	127.8	TS	13.6	13.5	13.4	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	TM	31.8	31.8	31.7	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.4	31.4	31.3
DN 400	DE	466.8	483.6	500.8	518.8	537.6	557.2	577.6	598.8	620.8	643.6	667.6	E	30.2	38.6	47.2	56.2	65.6	75.4	85.6	96.2	107.2	118.6	130.6	TS	13.6	13.4	13.4	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	TM	31.8	31.7	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.4	31.4	31.4	31.3

EAU CHAUDE WARM WATER	50 °C	REVETEMENT BEKLEDING	$C = 0.40 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$	Température ambiante Omgevingstemperatuur	+ 20 °C
DE = d_o	= diamètre extérieur de l'isolant	-	buitendiameter van de isolatie	(mm)	
E = e	= épaisseur de l'isolant	-	dikte van de isolatie	(mm)	
TS = t_s	= température de surface de l'isolant	-	oppervlaktetemperatuur van de isolatie	(°C)	
TM = t_m	= température moyenne dans l'isolant	-	gemiddelde temperatuur in de isolatie	(°C)	

LAMBDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700
DN	DE	26.4	29.6	34.0	38.8	45.6	52.0	62.0	74.4	86.8	103.2	122.8
10	E	4.6	6.2	8.4	10.8	14.2	17.4	22.4	28.6	34.8	43.0	52.8
	TS	30.7	30.2	29.3	28.7	27.7	27.5	26.5	25.6	25.3	24.8	24.3
0.192	TM	40.3	40.1	39.6	39.4	38.8	38.8	38.3	37.8	37.6	37.4	37.1
DN	DE	31.7	35.7	40.1	46.1	52.5	60.1	69.7	82.1	94.5	110.5	129.7
15	E	5.2	7.2	9.4	12.4	15.6	19.4	24.2	30.4	36.6	44.6	54.2
	TS	30.4	29.6	29.1	28.1	27.7	27.1	26.5	25.6	25.3	24.8	24.4
0.208	TM	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.6	38.2	37.8	37.7	37.4	37.2
DN	DE	39.3	43.7	49.3	55.3	61.7	70.9	81.3	92.9	106.5	122.5	141.3
20	E	6.2	8.4	11.2	14.2	17.4	22.0	27.2	33.0	39.8	47.8	57.2
	TS	29.7	29.2	28.4	27.8	27.7	26.8	26.1	25.7	25.3	24.9	24.4
0.226	TM	39.9	39.6	39.2	38.9	38.8	38.4	38.1	37.9	37.6	37.4	37.2
DN	DE	48.1	53.3	58.9	65.3	72.9	82.1	93.3	105.7	118.5	134.5	152.9
25	E	7.2	9.8	12.6	15.8	19.6	24.2	29.8	36.0	42.4	50.4	59.6
	TS	29.2	28.6	28.2	27.7	27.3	26.7	26.0	25.5	25.3	24.9	24.5
0.247	TM	39.6	39.3	39.1	38.9	38.6	38.3	38.0	37.8	37.7	37.5	37.3
DN	DE	59.2	64.8	70.8	77.6	86.8	96.0	107.6	120.4	133.6	149.6	167.6
32	E	8.4	11.2	14.2	17.6	22.2	26.8	32.6	39.0	45.6	53.6	62.6
	TS	28.6	28.2	27.9	27.7	26.9	26.6	25.9	25.5	25.3	24.9	24.6
0.271	TM	39.3	39.1	39.0	38.8	38.4	38.3	38.0	37.7	37.6	37.5	37.3
DN	DE	66.3	71.9	78.7	86.3	95.1	105.1	116.3	129.1	142.7	158.3	176.3
40	E	9.0	11.8	15.2	19.0	23.4	28.4	34.0	40.4	47.2	55.0	64.0
	TS	28.4	28.2	27.7	27.4	26.8	26.4	25.9	25.5	25.3	25.0	24.7
0.287	TM	39.2	39.1	38.9	38.7	38.4	38.2	38.0	37.8	37.6	37.5	37.3
DN	DE	80.7	87.1	93.9	102.7	111.5	122.3	133.9	147.1	160.3	176.3	193.9
50	E	10.2	13.4	16.8	21.2	25.6	31.0	36.8	43.4	50.0	58.0	66.8
	TS	28.2	27.8	27.7	27.0	26.8	26.2	25.9	25.5	25.3	25.0	24.7
0.317	TM	39.1	38.9	38.8	38.5	38.4	38.1	37.9	37.8	37.7	37.5	37.4
DN	DE	99.3	106.1	114.5	123.3	132.9	144.5	156.5	169.7	184.5	199.7	217.7
65	E	11.6	15.0	19.2	23.6	28.4	34.2	40.2	46.8	54.2	61.8	70.8
	TS	27.8	27.8	27.2	26.9	26.6	26.1	25.8	25.5	25.2	25.1	24.8
0.352	TM	38.9	38.9	38.6	38.4	38.3	38.1	37.9	37.7	37.6	37.5	37.4
DN	DE	113.4	121.3	130.1	138.9	148.9	160.5	172.9	186.5	201.3	217.7	233.7
80	E	12.4	16.2	20.6	25.0	30.0	35.8	42.0	48.8	56.2	64.4	72.4
	TS	27.7	27.5	27.0	26.8	26.6	26.1	25.8	25.5	25.2	25.0	24.9
0.381	TM	38.8	38.8	38.5	38.4	38.3	38.1	37.9	37.8	37.6	37.5	37.4
DN	DE	142.3	151.1	160.3	169.9	181.1	193.1	205.9	219.5	234.7	251.1	268.7
100	E	14.0	18.4	23.0	27.8	33.4	39.4	45.8	52.6	60.2	68.4	77.2
	TS	27.5	27.1	26.8	26.7	26.3	26.0	25.8	25.5	25.3	25.0	24.8
0.432	TM	38.8	38.5	38.4	38.3	38.1	38.0	37.9	37.8	37.6	37.5	37.4
DN	DE	170.5	179.7	189.3	199.7	211.7	223.7	236.9	250.9	266.5	282.5	300.1
125	E	15.4	20.0	24.8	30.0	36.0	42.0	48.6	55.6	63.4	71.4	80.2
	TS	27.2	26.9	26.8	26.6	26.2	26.0	25.8	25.5	25.3	25.1	24.9
0.481	TM	38.6	38.5	38.4	38.3	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.5
DN	DE	201.9	211.5	221.5	232.7	244.7	257.5	270.7	285.1	300.7	317.1	334.3
150	E	16.8	21.6	26.6	32.2	38.2	44.6	51.2	58.4	66.2	74.4	83.0
	TS	27.0	26.8	26.7	26.5	26.2	26.0	25.8	25.6	25.4	25.2	25.0
0.534	TM	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.5
DN	DE	256.3	266.7	277.9	289.5	302.3	315.5	329.5	344.3	359.9	376.7	393.9
200	E	18.6	23.8	29.4	35.2	41.6	48.2	55.2	62.6	70.4	78.8	87.4
	TS	26.8	26.7	26.5	26.4	26.1	25.9	25.8	25.6	25.4	25.3	25.1
0.622	TM	38.4	38.3	38.3	38.2	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.6
DN	DE	313.0	324.2	336.2	348.2	361.8	375.4	389.8	404.6	420.6	437.0	454.6
250	E	20.0	25.6	31.6	37.6	44.4	51.2	58.4	65.8	73.8	82.0	90.8
	TS	26.7	26.6	26.5	26.4	26.1	25.9	25.8	25.7	25.5	25.4	25.2
0.713	TM	38.4	38.3	38.2	38.2	38.0	38.0	37.9	37.8	37.8	37.7	37.6
DN	DE	366.3	378.3	390.3	403.1	417.1	431.1	445.5	460.7	476.7	493.5	510.7
300	E	21.2	27.2	33.2	39.6	46.6	53.6	60.8	68.4	76.4	84.8	93.4
	TS	26.7	26.5	26.4	26.3	26.1	25.9	25.8	25.7	25.6	25.4	25.3
0.795	TM	38.3	38.3	38.2	38.2	38.0	38.0	37.9	37.8	37.8	37.7	37.7
DN	DE	399.6	411.6	424.0	436.8	451.2	465.2	480.0	495.6	511.6	528.4	546.0
350	E	22.0	28.0	34.2	40.6	47.8	54.8	62.2	70.0	78.0	86.4	95.2
	TS	26.6	26.5	26.4	26.3	26.1	25.9	25.8	25.7	25.6	25.5	25.3
0.844	TM	38.3	38.3	38.2	38.2	38.0	38.0	37.9	37.9	37.8	37.7	37.7
DN	DE	452.0	464.4	477.2	490.8	505.2	519.6	534.8	550.4	566.4	583.2	600.8
400	E	22.8	29.0	35.4	42.2	49.4	56.6	64.2	72.0	80.0	88.4	97.2
	TS	26.6	26.5	26.4	26.3	26.1	26.0	25.8	25.7	25.6	25.5	25.4
0.923	TM	38.3	38.2	38.2	38.1	38.0	38.0	37.9	37.9	37.8	37.8	37.7

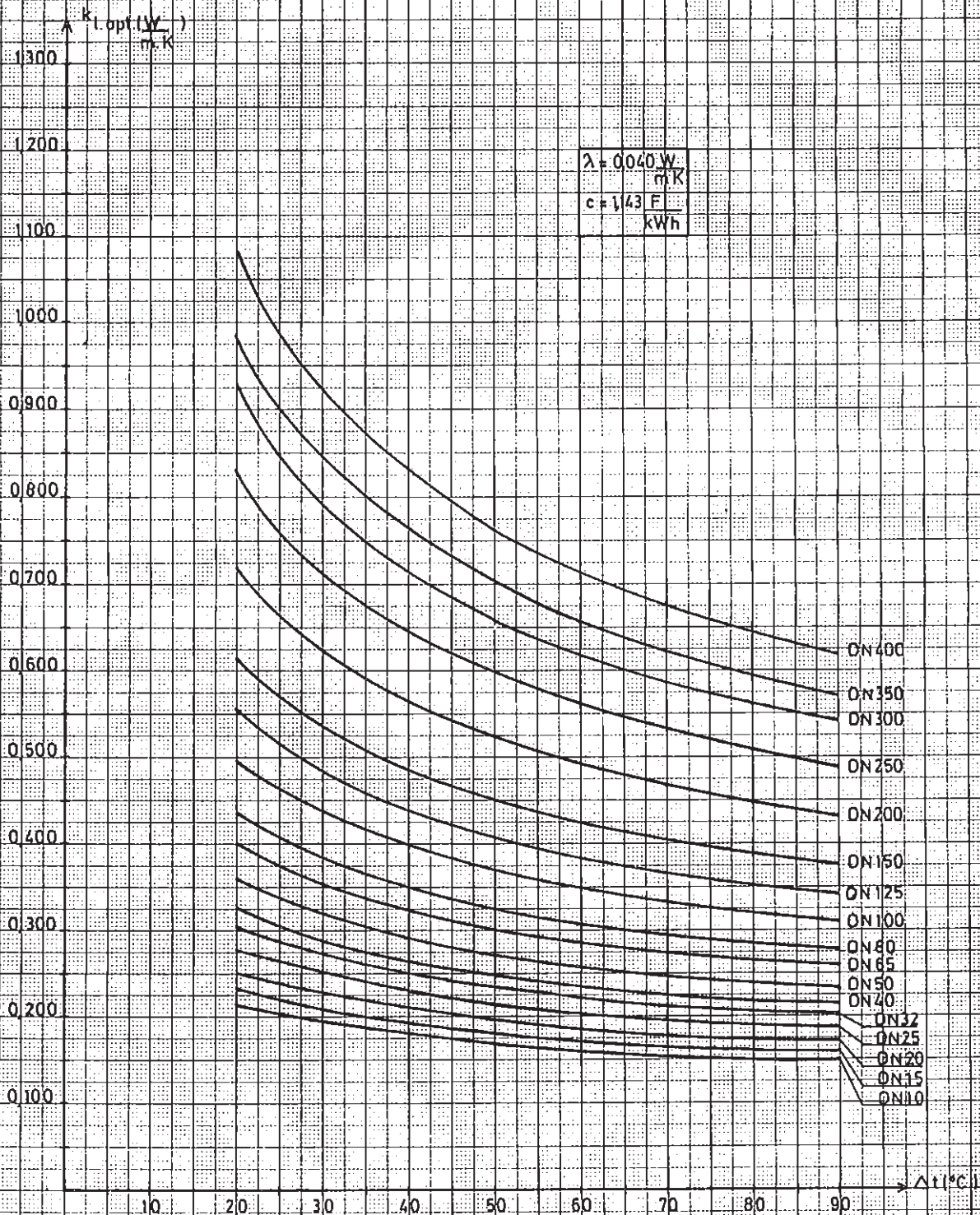
EAU CHAUDE 50 °C REVETEMENT Température ambiante + 20 °C
 WARM WATER BEKLEDING Omgevingstemperatuur

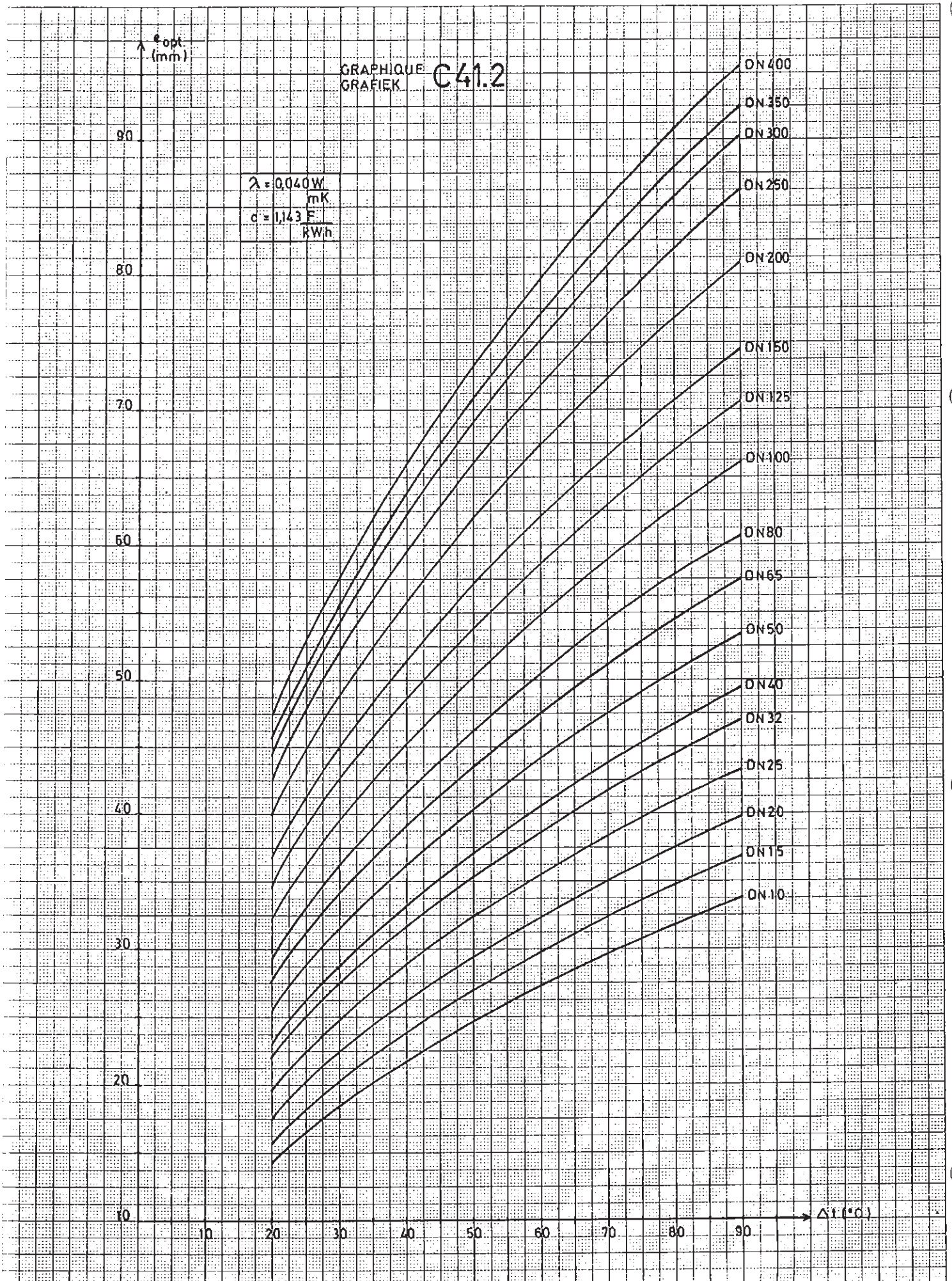
$C = 4.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

DE = d_g = diamètre extérieur de l'isolant - buitendiameter van de isolatie (mm)
 E = e = épaisseur de l'isolant - dikte van de isolatie (mm)
 TS = t_s = température de surface de l'isolant - oppervlaktetemperatuur van de isolatie (°C)
 TH = t_m = température moyenne dans l'isolant - gemiddelde temperatuur in de isolatie (°C)

LAMBDA		.C200	.C250	.C300	.C350	.C400	.C450	.C500	.C550	.C600	.C650	.C700
10	DN	23.4	33.6	39.2	45.6	53.6	63.2	74.8	88.8	105.6	125.6	148.4
	E	5.0	8.2	11.0	14.2	18.2	23.0	28.8	35.8	44.2	54.2	65.6
	TS	27.1	25.6	25.0	24.5	24.0	23.5	23.1	22.7	22.3	22.0	21.8
	TH	38.5	37.8	37.5	37.3	37.0	36.8	36.6	36.3	36.2	36.0	35.9
15	DN	34.9	39.7	45.7	52.9	60.9	70.9	82.9	96.9	113.3	132.9	154.9
	E	6.8	9.2	12.2	15.8	19.8	24.8	30.8	37.8	46.0	55.8	66.8
	TS	25.8	25.4	24.8	24.3	23.9	23.5	23.1	22.7	22.3	22.0	21.9
	TH	37.9	37.7	37.4	37.2	37.0	36.7	36.5	36.3	36.2	36.0	35.9
20	DN	42.5	48.1	54.9	62.5	71.3	82.1	94.1	108.9	125.7	144.5	166.9
	E	7.8	10.6	14.0	17.8	22.2	27.6	33.6	41.0	49.4	58.8	70.0
	TS	25.5	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.6	22.3	22.1	21.9
	TH	37.7	37.5	37.3	37.1	36.9	36.7	36.5	36.3	36.2	36.1	35.9
25	DN	51.7	57.7	64.9	73.3	82.9	93.7	106.5	120.9	137.3	156.5	178.5
	E	9.0	12.0	15.6	19.8	24.6	30.0	36.4	43.6	51.8	61.4	72.4
	TS	25.1	24.7	24.3	23.9	23.6	23.2	22.9	22.6	22.4	22.1	21.9
	TH	37.5	37.4	37.2	37.0	36.8	36.6	36.5	36.3	36.2	36.1	36.0
32	DN	62.8	69.6	77.6	86.4	96.4	108.0	121.2	136.0	152.8	172.0	193.6
	E	10.2	13.6	17.6	22.0	27.0	32.8	39.4	46.8	55.2	64.8	75.6
	TS	24.8	24.4	24.1	23.7	23.4	23.1	22.9	22.6	22.4	22.2	22.0
	TH	37.4	37.2	37.0	36.9	36.7	36.6	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0
40	DN	70.3	77.5	85.5	94.7	105.1	117.1	130.3	145.1	161.9	181.1	202.3
	E	11.0	14.6	18.6	23.2	28.4	34.4	41.0	48.4	56.8	66.4	77.0
	TS	24.6	24.3	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.6	22.4	22.2	22.0
	TH	37.3	37.1	37.0	36.8	36.7	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0
50	DN	84.7	92.7	101.5	111.5	122.3	134.7	148.3	163.5	180.3	199.1	219.9
	E	12.2	16.2	20.6	25.6	31.0	37.2	44.0	51.6	60.0	69.4	79.8
	TS	24.4	24.1	23.8	23.5	23.3	23.0	22.8	22.6	22.4	22.2	22.0
	TH	37.2	37.0	36.9	36.8	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0
65	DN	103.7	112.5	122.1	132.9	144.5	157.3	171.3	186.9	204.1	223.3	244.1
	E	13.8	18.2	23.0	28.4	34.2	40.6	47.6	55.4	64.0	73.6	84.0
	TS	24.1	23.8	23.6	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5	22.4	22.2	22.0
	TH	37.0	36.9	36.8	36.7	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0
80	DN	118.5	127.7	137.7	148.9	160.9	174.1	188.5	204.1	221.3	240.1	260.5
	E	14.8	19.4	24.4	30.0	36.0	42.6	49.8	57.6	66.2	75.6	85.8
	TS	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5	22.4	22.2	22.1
	TH	37.0	36.9	36.7	36.6	36.5	36.4	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0
100	DN	147.9	157.9	168.7	180.3	193.1	207.1	221.9	238.3	255.5	274.3	294.7
	E	16.8	21.8	27.2	33.0	39.4	46.4	53.8	62.0	70.6	80.0	90.2
	TS	23.7	23.5	23.3	23.1	23.0	22.8	22.7	22.5	22.4	22.2	22.1
	TH	36.8	36.7	36.7	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.2	36.1	36.0
125	DN	176.1	186.9	198.5	210.9	224.1	238.5	253.7	270.1	287.7	306.9	326.9
	E	18.2	23.6	29.4	35.6	42.2	49.4	57.0	65.2	74.0	83.6	93.6
	TS	23.5	23.3	23.2	23.0	22.9	22.7	22.6	22.5	22.4	22.2	22.1
	TH	36.8	36.7	36.6	36.5	36.4	36.4	36.3	36.2	36.2	36.1	36.1
150	DN	207.5	219.1	231.1	244.3	257.9	272.7	288.3	305.1	322.7	341.9	361.9
	E	19.6	25.4	31.4	38.0	44.8	52.2	60.0	68.4	77.2	86.8	96.8
	TS	23.4	23.2	23.1	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.3	22.2	22.1
	TH	36.7	36.6	36.5	36.5	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2	36.1	36.1
200	DN	262.7	275.1	288.3	301.9	316.7	331.9	348.3	365.1	383.5	402.3	422.7
	E	21.8	28.0	34.6	41.4	48.8	56.4	64.6	73.0	82.2	91.6	101.8
	TS	23.2	23.1	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1
	TH	36.6	36.5	36.5	36.4	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2	36.1	36.1
250	DN	319.8	333.0	347.0	361.4	376.6	392.6	409.0	426.6	444.6	463.8	484.2
	E	23.4	30.0	37.0	44.2	51.8	59.8	68.0	76.8	85.8	95.4	105.6
	TS	23.1	23.0	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.2
	TH	36.5	36.5	36.4	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2	36.2	36.1	36.1
300	DN	373.5	387.5	401.9	416.7	432.3	448.7	465.5	483.5	501.9	521.1	541.1
	E	24.8	31.8	39.0	46.4	54.2	62.4	70.8	79.8	89.0	98.6	108.6
	TS	23.0	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.5	22.4	22.3	22.2	22.2
	TH	36.5	36.4	36.4	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2	36.2	36.1	36.1
350	DN	406.8	421.2	435.6	451.2	466.8	483.6	500.8	518.4	537.2	556.8	576.8
	E	25.6	32.8	40.0	47.8	55.6	64.0	72.6	81.4	90.8	100.6	110.6
	TS	22.9	22.8	22.8	22.7	22.6	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.2
	TH	36.5	36.4	36.4	36.3	36.3	36.3	36.2	36.2	36.2	36.1	36.1
400	DN	460.0	474.4	489.6	505.2	521.6	538.4	556.0	574.0	592.8	612.0	632.4
	E	26.8	34.0	41.6	49.4	57.6	66.0	74.8	83.8	93.2	102.8	113.0
	TS	22.8	22.8	22.7	22.6	22.6	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.2
	TH	36.4	36.4	36.4	36.3	36.3	36.2	36.2	36.2	36.2	36.1	36.1

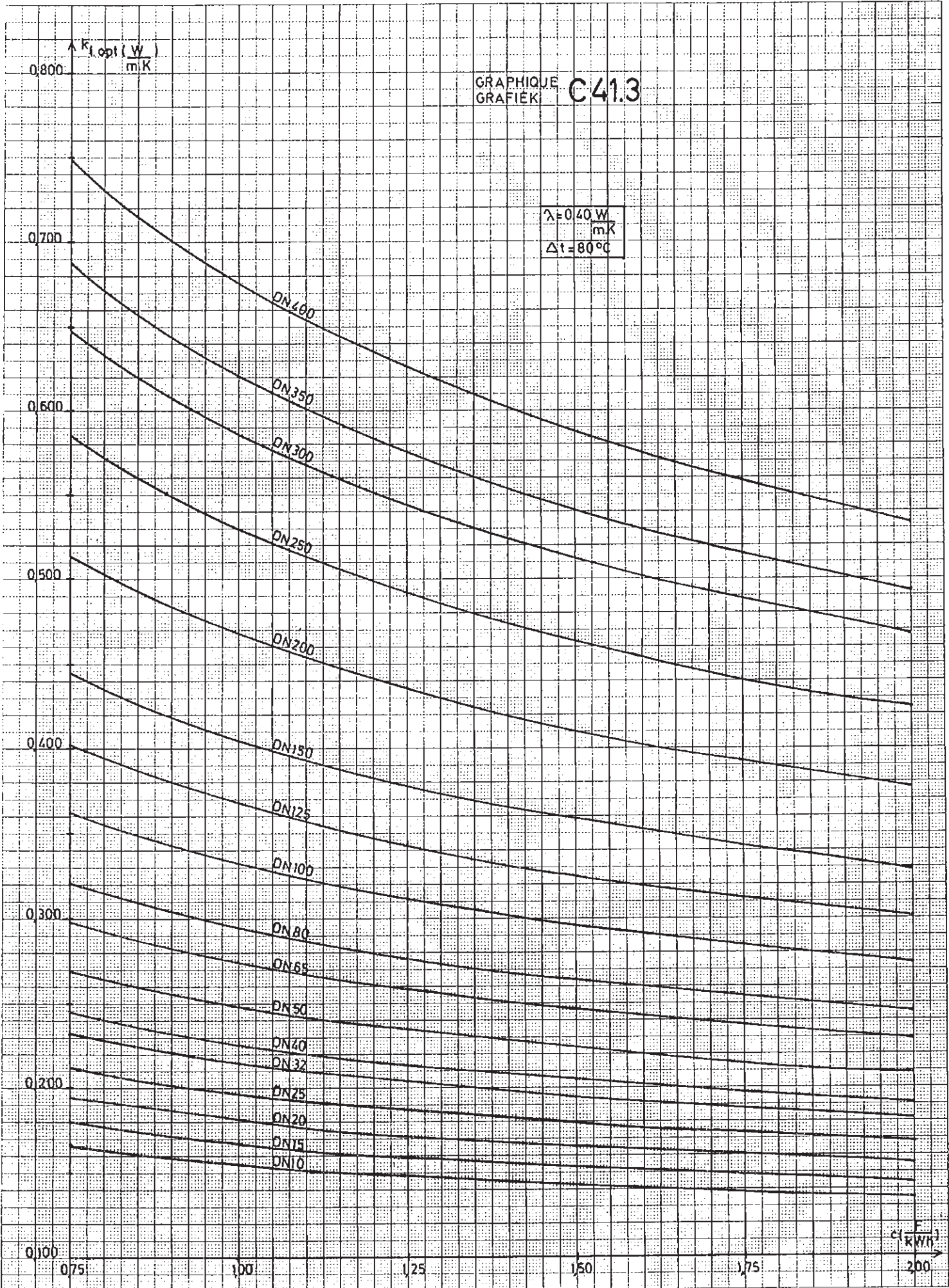
GRAPHIQUE C41.1
GRAFIK





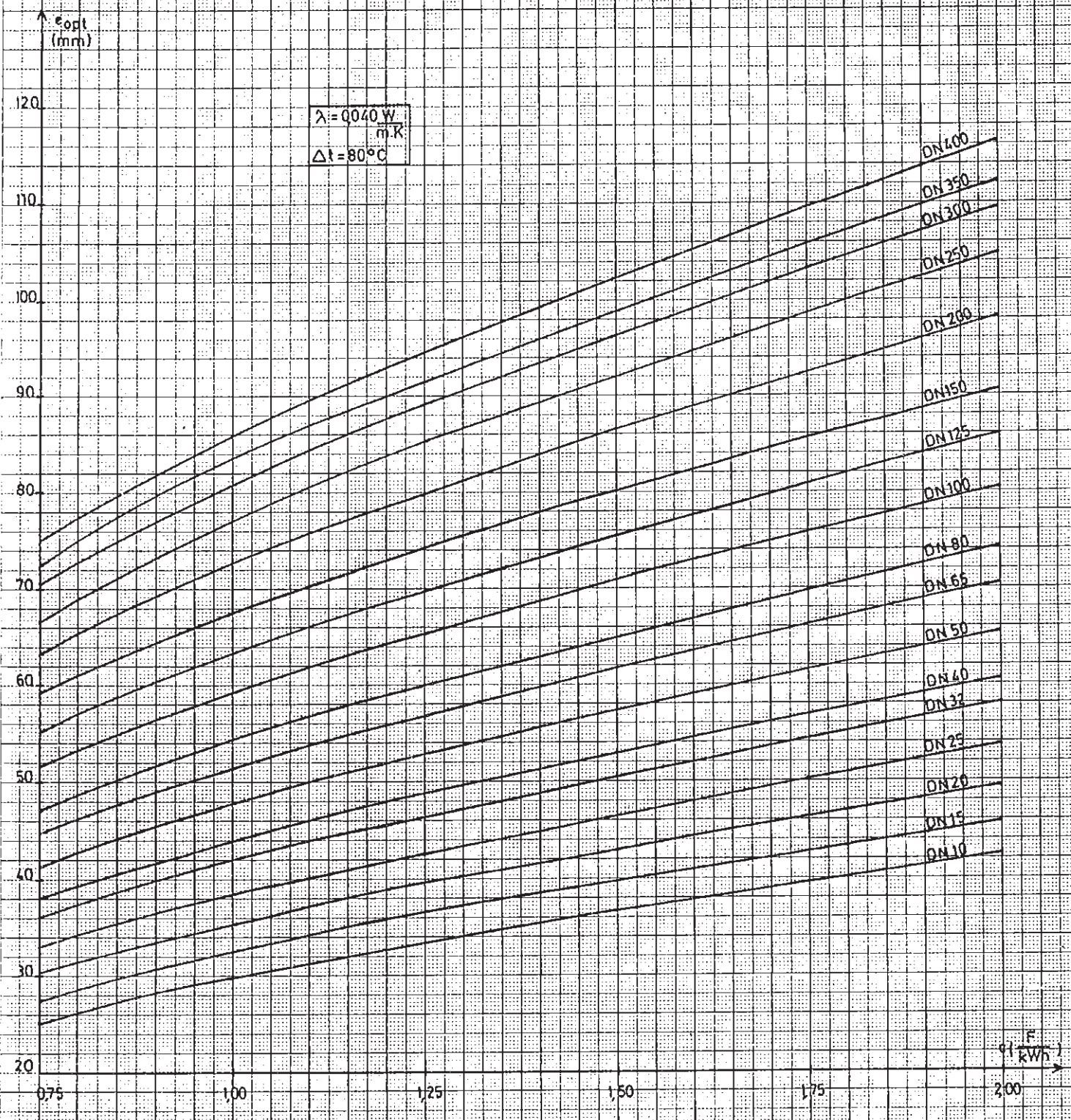
GRAPHIQUE
GRAFIK C41.3

$\lambda = 0.40 \frac{W}{mK}$
 $\Delta t = 80^\circ C$



GRAPHIQUE C41.4
GRAFIK

$\lambda = 0040 \frac{W}{m \cdot K}$
 $\Delta t = 80^{\circ}C$



ORGANIGRAM (ME)

I Valeurs optimales du point de vue économique – Ekonomisch optimale waarden

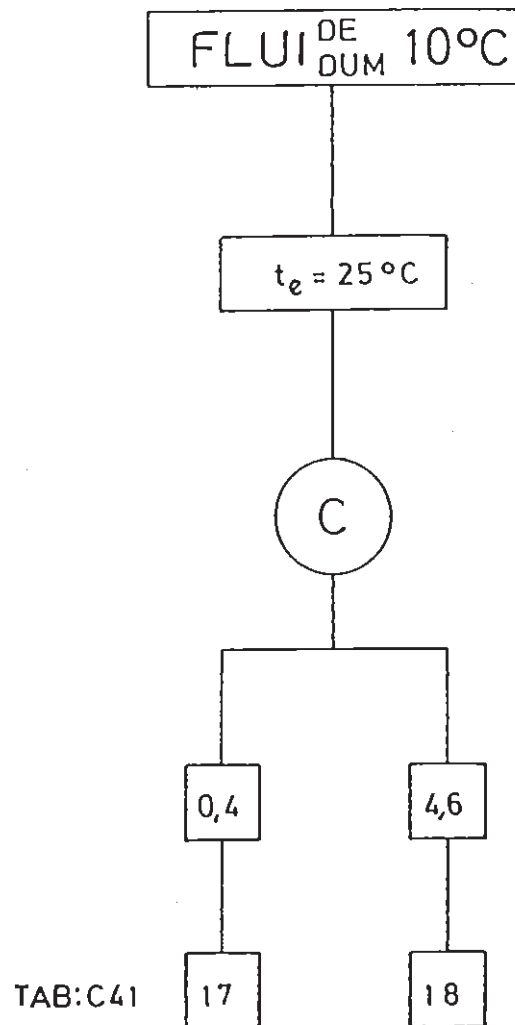


TABLEAU 17

Température fluide :
Fluïdum temperatuur :
10 °C

Revêtement :
Bekleding :
C = 0,40 W/(m2K4)

Température ambiante :
Omgevingstemperatuur :
25 °C

DE - de* - diamètre extérieur de l'isolant - buitendiameter van de isolatie (mm)
E - e* - épaisseur de l'isolant - dikte van de isolatie (mm)
TS - ts - température de surface de l'isolant - oppervlaktetemperatuur van de isolatie (°C)
TM - tm - température moyenne dans l'isolant - gemiddelde temperatuur in de isolatie (°C)

LAMBDA		.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	.0550	.0600	.0650	.0700
DN 10	DE	19.6	20.4	21.6	22.4	24.0	25.6	27.2	29.0	31.1	33.3	35.3
0.291	E	1.2	1.6	2.2	2.6	3.4	4.2	5.0	5.9	6.9	8.1	9.2
	TS	14.5	14.7	15.2	15.2	15.8	15.6	15.9	16.3	16.7	17.0	17.3
	TM	12.3	12.4	12.6	12.6	12.9	12.8	13.0	13.2	13.4	13.5	13.6
DN 15	DE	24.5	25.3	26.9	28.1	29.7	31.7	33.7	36.1	38.5	41.0	43.5
0.319	E	1.6	2.0	2.8	3.4	4.2	5.2	6.2	7.4	8.6	9.9	11.1
	TS	15.2	15.2	15.9	16.0	16.3	16.7	17.0	17.1	17.5	17.8	18.0
	TM	12.6	12.6	12.9	13.0	13.2	13.4	13.5	13.6	13.8	13.9	14.0
DN 20	DE	30.9	32.1	33.7	35.7	36.9	39.3	42.1	44.9	46.9	49.7	53.0
0.352	E	2.0	2.6	3.4	4.4	5.0	6.2	7.6	9.0	10.0	11.4	13.1
	TS	15.7	15.9	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	17.8	17.8	18.0	18.3
	TM	12.9	12.9	13.1	13.4	13.3	13.5	13.8	13.9	13.9	14.0	14.2
DN 25	DE	38.9	40.1	42.1	43.7	46.5	48.9	50.9	53.7	56.9	60.5	64.5
0.387	E	2.6	3.2	4.2	5.0	6.4	7.6	8.6	10.0	11.6	13.4	15.4
	TS	16.5	16.4	16.8	16.8	17.4	17.6	17.6	17.8	18.1	18.3	18.6
	TM	13.2	13.2	13.4	13.4	13.7	13.8	13.8	13.9	14.0	14.2	14.3
DN 32	DE	48.4	50.4	52.4	54.4	56.8	59.6	62.4	66.4	68.8	72.8	77.2
0.430	E	3.0	4.0	5.0	6.0	7.2	8.6	10.0	12.0	13.2	15.2	17.4
	TS	16.7	17.1	17.2	17.3	17.5	17.7	17.9	18.3	18.3	18.5	18.8
	TM	13.4	13.5	13.6	13.6	13.7	13.9	13.9	14.2	14.1	14.3	14.4
DN 40	DE	55.1	57.1	59.5	61.9	64.3	67.1	70.3	73.5	77.5	81.5	85.9
0.455	E	3.4	4.4	5.6	6.8	8.0	9.4	11.0	12.6	14.6	16.6	18.8
	TS	17.1	17.2	17.5	17.7	17.7	17.9	18.1	18.3	18.5	18.7	18.9
	TM	13.6	13.6	13.8	13.8	13.9	14.0	14.1	14.1	14.3	14.4	14.5
DN 50	DE	68.3	70.7	73.1	75.9	78.7	81.9	85.5	89.1	93.1	97.5	102.3
0.510	E	4.0	5.21	6.4	7.8	9.2	10.8	12.6	14.4	16.4	18.6	21.0
	TS	17.5	17.7	17.8	18.0	18.1	18.3	18.5	18.6	18.8	19.0	19.2
	TM	13.8	13.8	13.9	14.0	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6
DN 65	DE	85.3	87.7	90.5	93.7	96.9	100.1	103.7	107.7	111.7	116.5	121.3
0.579	E	4.6	5.8	7.2	8.8	10.4	12.0	13.8	15.8	17.8	20.2	22.6
	TS	17.8	17.8	18.0	18.2	18.3	18.4	18.6	18.7	18.8	19.0	19.2
	TM	13.9	13.9	14.0	14.1	14.2	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6
DN 80	DE	98.9	102.1	105.3	108.5	111.7	115.7	119.3	123.7	127.3	131.7	136.9
0.622	E	5.0	6.6	8.2	9.8	11.4	13.4	15.2	17.4	19.2	21.4	24.0
	TS	17.9	18.1	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.9	18.9	19.0	19.1
	TM	14.0	14.1	14.1	14.2	14.2	14.3	14.4	14.4	14.4	14.5	14.6
DN 100	DE	125.9	129.1	132.3	135.9	139.9	143.5	147.9	152.3	157.1	161.9	167.1
0.714	E	5.8	7.4	9.0	10.8	12.8	14.6	16.8	19.0	21.4	23.8	26.4
	TS	18.2	18.2	18.3	18.4	18.6	18.6	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2
	TM	14.1	14.1	14.1	14.2	14.3	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6	14.6
DN 125	DE	152.5	155.7	159.3	163.3	167.3	171.7	176.1	180.5	185.3	190.5	195.7
0.806	E	6.4	8.0	9.8	11.8	13.8	16.0	18.2	20.4	22.8	25.4	28.0
	TS	18.3	18.3	18.4	18.5	18.6	18.8	18.9	18.9	19.0	19.2	19.3
	TM	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.4	14.4	14.5	14.5	14.6	14.6
DN 150	DE	181.9	185.9	189.5	193.5	197.9	202.3	206.7	211.5	216.7	221.9	227.1
0.906	E	6.8	8.8	10.6	12.6	14.8	17.0	19.2	21.6	24.2	26.8	29.4
	TS	18.4	18.5	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3
	TM	14.2	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.6	14.6
DN 200	DE	234.3	238.3	242.7	247.1	251.5	256.3	261.1	265.9	271.1	276.7	282.3
1.075	E	7.6	9.6	11.8	14.0	16.2	18.6	21.0	23.4	26.0	28.8	31.6
	TS	18.6	18.6	18.7	18.8	18.8	18.9	19.0	19.0	19.1	19.2	19.3
	TM	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6
DN 250	DE	289.4	293.8	298.2	303.0	307.8	312.6	317.8	323.0	328.2	333.8	339.8
1.245	E	8.2	10.4	12.6	15.0	17.4	19.8	22.4	25.0	27.6	30.4	33.4
	TS	18.6	18.7	18.7	18.8	18.9	18.9	19.0	19.1	19.1	19.2	19.3
	TM	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6
DN 300	DE	341.1	345.9	350.7	355.5	360.3	365.5	370.7	375.9	381.5	387.1	393.1
1.403	E	8.6	11.0	13.4	15.8	18.2	20.8	23.4	26.0	28.8	31.6	34.6
	TS	18.7	18.8	18.8	18.9	18.9	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.2
	TM	14.3	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6
DN 350	DE	373.6	378.0	383.2	388.0	392.8	398.0	403.6	408.8	414.4	420.0	426.0
1.499	E	9.0	11.2	13.8	16.2	18.6	21.2	24.0	26.6	29.4	32.2	35.2
	TS	18.8	18.7	18.9	18.9	18.9	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.2
	TM	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6
DN 400	DE	424.8	429.6	434.8	439.6	444.8	450.4	455.6	461.2	466.8	472.4	478.4
1.654	E	9.2	11.6	14.2	16.6	19.2	22.0	24.6	27.4	30.2	33.0	36.0
	TS	18.7	18.8	18.8	18.9	18.9	19.0	19.0	19.1	19.1	19.1	19.2
	TM	14.4	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6

ORGANIGRAM (ME)

II Valeurs anti-condensation - Anti kondensatie waarden.

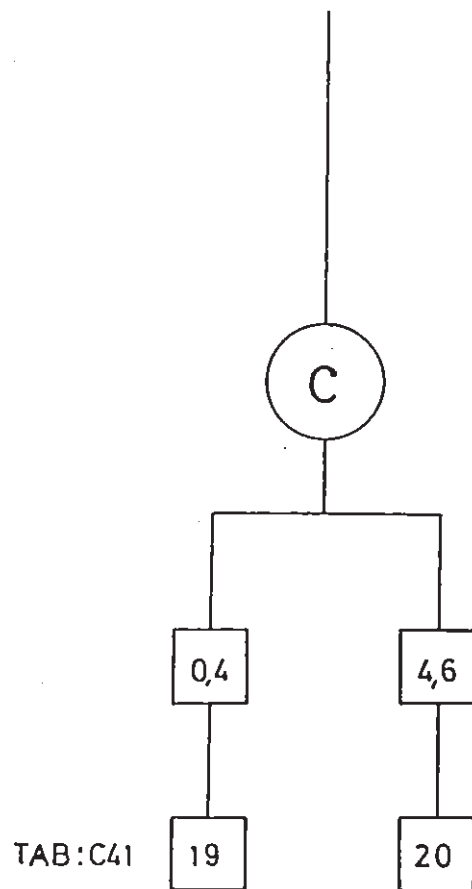


TABLEAU 19

Epaisseur anti-condensation Revêtement :
Anti-kondensatie dikte Bekleding : C = 0,40 W/(m2K4)

DE - de* - diamètre extérieur de l'isolant - buitendiameter van de isolatie (mm)
E - e* - épaisseur de l'isolant - dikte van de isolatie (mm)

LAMBDA	.0200	.0250	.0300	.0350	.0400	.0450	.0500	0550	.0600	.0650	.0700	*	

DN 10	DE	25.6	29.2	33.2	38.4	45.2	52.0	62.4	74.8	89.6	104.4	125.6	*
0.188	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	4.2	6.0	8.0	10.6	14.0	17.4	22.6	28.8	36.2	43.6	54.2	*

DN 15	DE	30.5	33.7	37.7	42.9	49.3	55.3	63.7	74.1	87.7	102.9	117.3	*
0.213	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	4.6	6.2	8.2	10.8	14.0	17.0	21.2	26.4	33.2	40.8	48.0	*

DN 20	DE	36.5	39.7	44.1	48.9	54.1	60.5	66.9	75.7	87.7	98.5	112.9	*
0.248	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	4.8	6.4	8.6	11.0	13.6	16.8	20.0	24.4	30.4	35.8	43.0	*

DN 25	DE	44.1	47.3	51.3	56.1	61.3	66.9	72.9	81.7	90.1	102.1	112.1	*
0.286	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	5.2	6.8	8.8	11.2	13.8	16.6	19.6	24.0	28.2	34.2	39.2	*

DN 32	DE	53.2	56.8	60.4	64.8	69.6	74.4	80.4	87.2	95.6	104.0	115.2	*
0.335	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	5.4	7.2	9.0	11.2	13.6	16.0	19.0	22.4	26.6	30.8	36.4	*

DN 40	DE	59.1	62.7	66.7	70.7	75.5	79.9	85.5	91.9	99.9	107.1	116.7	*
0.368	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	5.4	7.2	9.2	11.2	13.6	15.8	18.6	21.8	25.8	29.4	34.2	*

DN 50	DE	71.5	74.7	78.7	82.7	86.7	91.1	96.3	101.9	107.9	115.9	122.7	*
0.436	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	5.6	7.2	9.2	11.2	13.2	15.4	18.0	20.8	23.8	27.8	31.2	*

DN 65	DE	89.7	93.3	97.7	102.1	107.3	112.5	118.5	124.9	132.5	139.7	147.7	*
0.475	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	6.8	8.6	10.8	13.0	15.6	18.2	21.2	24.4	28.2	31.8	35.8	*

DN 80	DE	102.9	106.5	110.9	115.7	120.5	125.7	131.3	137.7	144.9	151.7	159.3	*
0.532	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	7.0	8.8	11.0	13.4	15.8	18.4	21.2	24.4	28.0	31.4	35.2	*

DN 100	DE	128.7	132.7	136.7	141.5	146.3	151.1	156.7	162.3	168.3	175.9	182.3	*
0.645	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	7.2	9.2	11.2	13.6	16.0	18.4	21.2	24.0	27.0	30.8	34.0	*

DN 125	DE	154.1	158.1	162.5	166.9	171.3	176.5	181.3	186.9	192.5	198.5	205.7	*
0.759	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	7.2	9.2	11.4	13.6	15.8	18.4	20.8	23.6	26.4	29.4	33.0	*

DN 150	DE	185.1	189.5	194.3	199.1	204.3	209.9	215.5	221.5	227.9	235.1	241.9	*
0.822	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	8.4	10.6	13.0	15.4	18.0	20.8	23.6	26.6	29.8	33.4	36.8	*

DN 200	DE	236.3	240.7	245.5	250.3	255.5	260.7	266.3	271.9	277.9	283.9	291.1	*
1.021	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	8.6	10.8	13.2	15.6	18.2	20.8	23.6	26.4	29.4	32.4	36.0	*

DN 250	DE	293.4	299.0	304.6	310.2	316.2	322.6	329.0	336.2	343.0	350.2	357.4	*
1.109	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	10.2	13.0	15.8	18.6	21.6	24.8	28.0	31.6	35.0	38.6	42.2	*

DN 300	DE	344.7	349.9	355.9	361.5	367.5	373.9	379.9	386.7	393.9	401.1	407.9	*
1.278	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	10.4	13.0	16.0	18.8	21.8	25.0	28.0	31.4	35.0	38.6	42.0	*

DN 350	DE	377.2	382.8	388.4	394.4	400.8	407.2	413.6	420.4	427.6	434.8	442.0	*
1.357	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	10.8	13.6	16.4	19.4	22.6	25.8	29.0	32.4	36.0	39.6	43.2	*

DN 400	DE	428.8	434.8	440.8	447.2	453.6	460.0	466.8	473.6	481.2	488.4	495.6	*
1.485	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	E	11.2	14.2	17.2	20.4	23.6	26.8	30.2	33.6	37.4	41.0	44.6	*

TABLEAU 20

Epaisseur anti-condensation

Revêtement :

C = 4,60 W/(m²K⁴)

Anti-kondensatie dikte

Bekleding :

DE - de* - diamètre extérieur de l'isolant
E - e* - épaisseur de l'isolant

- buitendiameter van de isolatie (mm)
- dikte van de isolatie (mm)

*****		*****												
* LAMBDA		* .0200	* .0250	* .0300	* .0350	* .0400	* .0450	* .0500	* .0550	* .0600	* .0650	* .0700	*****	
* DN 10	* DE	* 22.4	* 24.0	* 26.0	* 28.0	* 30.8	* 33.6	* 37.2	* 40.0	* 44.8	* 50.8	* 56.4	*****	
* 0.297	* E	* 2.6	* 3.4	* 4.4	* 5.4	* 6.8	* 8.2	* 10.0	* 11.4	* 13.8	* 16.8	* 19.6	*****	
* DN 15	* DE	* 26.9	* 28.5	* 30.5	* 32.9	* 35.7	* 38.5	* 41.7	* 45.7	* 49.3	* 54.1	* 60.1	*****	
* 0.336	* E	* 2.8	* 3.6	* 4.6	* 5.8	* 7.2	* 8.6	* 10.2	* 12.2	* 14.0	* 16.4	* 19.4	*****	
* DN 20	* DE	* 32.5	* 34.1	* 36.1	* 38.5	* 40.9	* 43.3	* 46.5	* 49.7	* 53.3	* 56.5	* 61.3	*****	
* 0.403	* E	* 2.8	* 3.6	* 4.6	* 5.8	* 7.0	* 8.2	* 9.8	* 11.4	* 13.2	* 14.8	* 17.2	*****	
* DN 25	* DE	* 39.7	* 41.7	* 43.7	* 46.1	* 48.5	* 50.9	* 54.1	* 57.3	* 60.5	* 64.5	* 67.7	*****	
* 0.465	* E	* 3.0	* 4.0	* 5.0	* 6.2	* 7.4	* 8.6	* 10.2	* 11.8	* 13.4	* 15.4	* 17.0	*****	
* DN 32	* DE	* 49.2	* 50.8	* 53.2	* 55.2	* 57.6	* 60.4	* 63.2	* 66.4	* 69.6	* 73.2	* 76.0	*****	
* 0.545	* E	* 3.4	* 4.2	* 5.4	* 6.4	* 7.6	* 9.0	* 10.4	* 12.0	* 13.6	* 15.4	* 16.8	*****	
* DN 40	* DE	* 55.1	* 57.1	* 59.1	* 61.5	* 63.9	* 66.3	* 69.1	* 72.3	* 75.5	* 78.7	* 82.3	*****	
* 0.599	* E	* 3.4	* 4.4	* 5.4	* 6.6	* 7.8	* 9.0	* 10.4	* 12.0	* 13.6	* 15.2	* 17.0	*****	
* DN 50	* DE	* 67.5	* 69.5	* 71.5	* 73.9	* 76.3	* 78.7	* 81.5	* 84.3	* 87.5	* 90.7	* 93.9	*****	
* 0.709	* E	* 3.6	* 4.6	* 5.6	* 6.8	* 8.0	* 9.2	* 10.6	* 12.0	* 13.6	* 15.2	* 16.8	*****	
* DN 65	* DE	* 83.3	* 85.3	* 87.3	* 89.7	* 91.7	* 94.5	* 96.9	* 99.7	* 102.1	* 105.3	* 108.1	*****	
* 0.869	* E	* 3.6	* 4.6	* 5.6	* 6.8	* 7.8	* 9.2	* 10.4	* 11.8	* 13.0	* 14.6	* 16.0	*****	
* DN 80	* DE	* 96.5	* 98.5	* 100.5	* 102.9	* 105.3	* 107.7	* 110.1	* 112.9	* 115.7	* 118.5	* 121.3	*****	
* 0.974	* E	* 3.8	* 4.8	* 5.8	* 7.0	* 8.2	* 9.4	* 10.6	* 12.0	* 13.4	* 14.8	* 16.2	*****	
* DN 100	* DE	* 122.3	* 124.7	* 126.7	* 129.1	* 131.5	* 133.9	* 136.3	* 139.1	* 141.9	* 144.7	* 147.5	*****	
* 1.182	* E	* 4.0	* 5.2	* 6.2	* 7.4	* 8.6	* 9.8	* 11.0	* 12.4	* 13.8	* 15.2	* 16.6	*****	
* DN 125	* DE	* 148.1	* 150.5	* 152.5	* 154.9	* 157.3	* 159.7	* 162.5	* 164.9	* 167.7	* 170.5	* 173.3	*****	
* 1.390	* E	* 4.2	* 5.4	* 6.4	* 7.6	* 8.8	* 10.0	* 11.4	* 12.6	* 14.0	* 15.4	* 16.8	*****	
* DN 150	* DE	* 177.1	* 179.1	* 181.5	* 183.9	* 186.3	* 189.1	* 191.5	* 194.3	* 196.7	* 199.5	* 202.3	*****	
* 1.615	* E	* 4.4	* 5.4	* 6.6	* 7.8	* 9.0	* 10.4	* 11.6	* 13.0	* 14.2	* 15.6	* 17.0	*****	
* DN 200	* DE	* 228.3	* 230.7	* 233.1	* 235.5	* 237.9	* 240.7	* 243.1	* 245.9	* 248.3	* 251.1	* 253.9	*****	
* 2.005	* E	* 4.6	* 5.8	* 7.0	* 8.2	* 9.4	* 10.8	* 12.0	* 13.4	* 14.6	* 16.0	* 17.4	*****	
* DN 250	* DE	* 283.0	* 285.4	* 288.2	* 291.0	* 293.4	* 296.2	* 299.0	* 301.8	* 304.6	* 307.8	* 310.6	*****	
* 2.328	* E	* 5.0	* 6.2	* 7.6	* 9.0	* 10.2	* 11.6	* 13.0	* 14.4	* 15.8	* 17.4	* 18.8	*****	
* DN 300	* DE	* 333.9	* 336.3	* 339.1	* 341.5	* 344.3	* 347.1	* 349.9	* 352.7	* 355.5	* 358.3	* 361.1	*****	
* 2.736	* E	* 5.0	* 6.2	* 7.6	* 8.8	* 10.2	* 11.6	* 13.0	* 14.4	* 15.8	* 17.2	* 18.6	*****	
* DN 350	* DE	* 366.0	* 368.4	* 371.2	* 373.6	* 376.4	* 379.2	* 382.0	* 384.8	* 387.6	* 390.4	* 393.6	*****	
* 2.943	* E	* 5.2	* 6.4	* 7.8	* 9.0	* 10.4	* 11.8	* 13.2	* 14.6	* 16.0	* 17.4	* 19.0	*****	
* DN 400	* DE	* 416.8	* 419.6	* 422.4	* 425.2	* 428.0	* 430.8	* 433.6	* 436.4	* 439.2	* 442.4	* 445.2	*****	
* 3.278	* E	* 5.2	* 6.6	* 8.0	* 9.4	* 10.8	* 12.2	* 13.6	* 15.0	* 16.4	* 18.0	* 19.4	*****	

CHAPITRE D

ACOUSTIQUE

CONTENU

ARTICLE D1.	NORMES	Edition 2014
ARTICLE D2.	VALEURS LIMITES DES NIVEAUX DE BRUIT	Edition 2014
ARTICLE D3.	EXIGENCES D'ISOLEMENT ACOUSTIQUE	Edition 2014
ARTICLE D4.	PRESCRIPTIONS SPECIFIQUES POUR LES INSTALLATIONS HVAC	Edition 2014
ARTICLE D5.	SPECIFICATIONS POUR L'ISOLATION ANTI-VIBRATION	Edition 2014
ARTICLE D11.	DOCUMENTS A INTRODUIRE PAR L'ENTREPRENEUR	Edition 2014

ARTICLE D1. NORMES

CONTENU

ARTICLE D1. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES.....	2
ARTICLE D1. PAR. 1. EQUIVALENCE DES NORMES	4
1. TERMINOLOGIE	4
2. VALEURS.....	4
2.1. Généralités.....	4
2.2. Indice d'affaiblissement acoustique	4
2.3. Isolement acoustique brut normalisé	5
2.4. Isolation des bruits de choc	5

ARTICLE D1. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent chapitre sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
Méthodes de mesure en acoustique du bâtiment – mesures In situ		
NBN EN ISO 140-4	Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 4 : Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces	11-1998
NBN EN ISO 140-5	Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 5 : Mesurage in situ de la transmission des bruits aériens par les éléments de façade et les façades	11-1998
NBN EN ISO 140-7	Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 7 : Mesurage in situ de la transmission des bruits de choc par les planchers	11-1998
NBN EN ISO 140-14 /AC	Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 14 : Lignes directrices pour des situations particulières in situ	04-2009
EN ISO 10052	Acoustique – Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens et de la transmission des bruits de choc ainsi que du bruit des équipements – Méthode de contrôle	02-2005
NBN EN ISO 3382-2 /AC	Acoustique – Mesurage des paramètres acoustiques des salles – Partie 2 : Durée de réverbération des salles ordinaires	05-2009
Evaluation de l'isolement acoustique– Calcul des valeurs uniques		
NBN EN ISO 717-1	Acoustique – Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : Isolement aux bruits aériens	05-2013
NBN EN ISO 717-2	Acoustique – Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 2 : Protection contre le bruit de choc	05-2013
Exigences dans le domaine de l'acoustique du bâtiment		
NBN S 01-400	Acoustique - Critères de l'isolation	1977
NBN S 01-400-1	Acoustique - Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation	01-2008
NBN S 01-400-2	Acoustique - Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires	10-2012
NBN S 01-401	Acoustique – Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments.	1987

Méthodes de mesure pour bruit émis par des appareils HVAC et accessoires		
NBN 576-11	Acoustique - Courbes d'évaluation du bruit	1970
NBN EN ISO 3822-1	Acoustique - Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau - Partie 1: Méthode de mesurage	08-1999
NBN EN ISO 3822-1 /A1	Acoustique - Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau - Partie 1: Méthode de mesurage - Amendement 1: Incertitude de mesure	06-2009
NBN EN ISO 7235	Acoustique - Modes opératoires de mesure en laboratoire pour silencieux en conduit et unités terminales - Perte d'insertion, bruit d'écoulement et perte de pression totale	12-2009
NBN EN 12102	Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide, pompes à chaleur et déshumidificateurs avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération - Mesure de bruit aérien émis - Détermination du niveau de puissance acoustique	09-2013
NBN EN ISO 3744	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par des sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d'expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant	12-2010
NBN EN ISO 3745	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par des sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et les salles semi-anéchoïques	05-2012
NBN EN ISO 3746	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par des sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant	01-2011
Méthodes de calcul		
VDI 2081 Part 1 – Part 2	Noise generation and noise reduction in air conditioning systems	07-2001

ARTICLE D1. PAR. 1. EQUIVALENCE DES NORMES

1. Terminologie

Dans le présent cahier des charges type, le terme « isolation acoustique » est utilisé comme terme général pour indiquer une certaine résistance à la propagation ou à la transmission de bruit.

Afin de caractériser l'isolation acoustique d'éléments de construction ou de formuler des exigences de prestations acoustiques, on utilise les grandeurs normalisées suivantes (pour les définitions exactes, voir les normes ad hoc):

- l' « indice d'affaiblissement acoustique » est une caractéristique d'une paroi et est mesuré en laboratoire ; il est représenté par le symbole R
- l' « isolement acoustique » (entre deux espaces) est une caractéristique d'espaces et est mesuré in situ ; il est représenté par le symbole D
- le « niveau de pression du bruit de choc » est une caractéristique du sol et de l'espace en dessous et est mesuré in situ ; il est représenté par le symbole L'

Pour chaque grandeur il existe beaucoup de grandeurs dérivées, suivant les conditions de mesure et la norme appliquée ; par exemple l' « isolement acoustique brut normalisé » suivant la norme NBN S 01-400 de 1977, représenté par le symbole D_n , indique une mesure de l'isolement acoustique où le résultat est ramené au cas où l'absorption dans le local de réception est égale à $10m^2$.

Pour l'application des impositions du présent chapitre D, les exigences concernant les différentes grandeurs (indice d'affaiblissement acoustique, isolement acoustique, isolation aux bruits de choc) sont également valables pour les grandeurs dérivées.

2. Valeurs

2.1. Généralités

L'isolation acoustique est mesurée ou prévue en fonction de la fréquence en tiers d'octaves ; ces valeurs peuvent être converties en un seul nombre suivant deux méthodes :

- une répartition en catégories suivant la norme NBN S 01-400 de 1977
- une valeur unique en dB suivant NBN EN ISO 717-1 et 2

Pour la conversion de l'exigence d'isolation exprimée en catégories suivant la norme NBN S 01-400 en valeur unique suivant la NBN EN ISO 717-1 et 2, les valeurs suivantes peuvent **approximativement** être utilisées (les exigences de la norme NBN S 01-400 restent évidemment prioritaires pour les bâtiments où cette norme est d'application).

2.2. Indice d'affaiblissement acoustique

Spectre limite pour R NBN S 01-400	R_w correspondant en dB NBN EN ISO 717-1
Ia	62
Ib	57
IIa	54
IIb	49
IIIa	45
IIIb	40
IVa	35
IVb	30

2.3. Isolement acoustique brut normalisé

Spectre limite pour D_n NBN S 01-400	D_{nw} correspondant en dB NBN EN ISO 717-1
Ia	59
Ib	54
IIa	52
IIb	47
IIIa	44
IIIb	39
IVa	35
IVb	30
Va	41
Vb	36
Vc	31
Vd	26

2.4. Isolation des bruits de choc

Transmission sonore de bruit de choc L_n NBN S 01-400	L_{nw} correspondant en dB NBN EN ISO 717-2
Ia	53
Ib	56
IIa	61
IIb	64
IIIa	71
IIIb	74

ARTICLE D2. VALEURS LIMITES DES NIVEAUX DE BRUIT

CONTENU

ARTICLE D2. PAR. 1. NIVEAUX DE BRUIT DANS LES LOCAUX.....	2
ARTICLE D2. PAR. 2. BRUIT DANS L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR	4

ARTICLE D2. PAR. 1. NIVEAUX DE BRUIT DANS LES LOCAUX

Les installations techniques doivent répondre aux exigences de prestation acoustiques explicitées ci-après.

Les niveaux de bruit maximaux admis dans les locaux sont exprimés en valeurs NR (indice d'évaluation de bruit) ou L_{Aeq} (niveau de bruit équivalent pondéré).

Les valeurs NR sont définies par la norme NBN 576-11 "courbes d'évaluation du bruit".

Ces valeurs ont trait au fonctionnement de tous les appareils simultanément et à leur régime le plus bruyant, qui ne peut toutefois pas être supérieur au régime dans lequel la puissance nominale est développée; pour les locaux et les espaces équipés d'une installation d'évacuation des fumées et de la chaleur (EFC) mécanique, ces valeurs sont d'application lorsque cette installation n'est pas en fonctionnement.

Les silencieux et/ou les caissons acoustiques nécessaires afin de ne pas dépasser les niveaux de bruit maximaux sont à la charge de l'entrepreneur.

Type d'espace	indice d'évaluation de bruit maximale
----------------------	--

Espaces avec fonction acoustique spécifique

- Studio d'enregistrement	NR 15
- Salle de concert	NR 20
- Studio de télévision	NR 20
- Théâtre	NR 25
- Cabine de traduction	NR 28
- Classe de musique	NR 30

Salles et espaces de rassemblement

- Salle de conférence, auditories	NR 30
- Salles de réunion importantes <i>(comme les salles de commission, les salles d'audience)</i>	NR 30
- Salles de lecture et d'étude	NR 30
- Bibliothèque	NR 30
- Eglise	NR 30
- Musée	NR 30
- Cinéma	NR 30
- Salle polyvalente	NR 30
- Chambres de conseil	NR 30
- Salles de réunion normales	NR 35
- Salle de visite	NR 35
- Salle de détente	NR 35

Espaces de séjour

- Local d'habitation	NR 28
- Chambres à coucher, de repos et de relaxation <i>(pour habitations, appartements, hôtels)</i>	nuit NR 25 jour NR 28
- Cellule de prison (uniquement pour HVAC) <i>(NR 60 en cas de production de bruit maximal, p.ex. remplissage évier)</i>	NR 25
- Bureau, bureau paysager	NR 32
- Infirmerie, local de soins	NR 32
- Salle de service dans des hôpitaux	NR 32
- Salle de dessin, laboratoire	NR 35
- Salle de classe	NR 32

Espaces pour séjour non permanent

- Salle d'attente, accueil	NR 35
- Foyer, salle des pas perdus	NR 35
- Parloir	NR 35

- Salle de gymnastique, salle de sports NR 40
- Salle à manger, cafétéria, réfectoire NR 40
- Couloirs, hall d'entrée NR 40
- Cage d'escalier NR 45
- Sanitaire (uniquement pour HVAC) NR 40
(NR 65 en cas de production de bruit maximal, p.ex. remplissage évier)

Espaces de travail

- Magasins NR 40
- Remise, archive (vivante) NR 40
- Local photocopie NR 40
- Kitchenette NR 40
- Imprimerie NR 45
- Ateliers NR 45
- Local téléphonie/data/patch (sans occupation permanente) NR 50
- Cuisine (directement en dessous de la hotte NR 60) NR 50
- Archives mortes NR 50
- Ateliers pour activité industrielle) NR 50
- Parking (ventilation journalière) NR 65

Espaces techniques (*)

- Gaines techniques NR 65
- Chaufferie, puissance thermique totale installée ≤ 250 kW NR 70
- Chaufferie, puissance thermique totale installée > 250 kW NR 80
- Centrale frigorifique, puissance therm. totale installée ≤ 350 kW NR 75
- Centrale frigorifique, puissance therm. totale installée > 350 kW NR 80
- Salle des machines pour ascenseurs NR 70
un seul ascenseur en fonctionnement, capacité ≤ 8 personnes, vitesse ≤ 3 m/s
- Locaux techniques pour climatisation et/ou ventilation NR 70
Débit total de tous les groupes dans le local technique ≤ 100.000 m³/h
- Locaux techniques pour climatisation et/ou ventilation NR 80
Débit total de tous les groupes dans le local technique > 100.000 m³/h

Remarques importantes

- Les valeurs maximales admissibles NR indiquées ci-dessus sont des niveaux de pression acoustique (ref 2×10^{-5} Pa) mesurés par octave et reportés sur les courbes NR
- (*) : les valeurs indiquées sont valables lors de fonctionnement en régime; en phase transitoire (démarrage-arrêt) les valeurs sont augmentées de 5
- L'indice d'évaluation du bruit dans les locaux occupés, suite au fonctionnement des installations techniques, doit dans tous les cas être respecté. Cette exigence est donc prioritaire sur l'exigence de niveau de bruit maximal pour les locaux sanitaires et techniques
- Pour information : on peut – en première approximation – comparer une mesure du niveau de bruit global en dB(A) avec les valeurs recommandées pour NR, augmentées de 5 dB(A):
NR (X) \approx (X + 5) dB(A) ; par exemple NR 35 \approx 40 dB(A)
Ceci n'empêche pas que les mesures de réception finales doivent se faire par bande d'octave et reportées sur des courbes NR.
- En présence de bruits de fond dérangeants dans un local, une interprétation de la valeur NR, occasionnée par les installations techniques, peut être définie sur la base de L_{A90} (niveau de pression acoustique (dB) qui a été dépassé pendant 90 % du temps)
- Pour les espaces desservis par une installation EFC mécanique les valeurs suivantes sont d'application lorsque cette installation est en fonctionnement :
 - o Couloirs, chemins d'évacuation, cages d'escalier: NR 60
 - o Autres espaces (parking, atrium, bâtiment industriel, ...) : NR 80

ARTICLE D2. PAR. 2. BRUIT DANS L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR

Par bruit extérieur, il y a lieu d'entendre ci-après le niveau de pression acoustique dans l'environnement extérieur, dû au fonctionnement simultané de toutes les installations techniques pour HVAC.

Ce bruit extérieur provient principalement :

- du bruit diffusé via les grilles d'aération, ouvertures, cheminées, etc. ;
- du bruit produit par les appareils installés à l'extérieur (tours de refroidissement, machines frigorifiques, ventilateurs de toiture...).

Le bruit extérieur doit être limité de manière à satisfaire aux deux exigences suivantes :

- niveau maximal admissible de pression acoustique à front de façade du bâtiment en question ; ces valeurs doivent être mentionnées dans le cahier spécial des charges ;
- niveau maximal admissible de pression acoustique en limite de parcelle suivant la réglementation environnementale la plus récente de la Région où est situé le bâtiment.

Les niveaux de bruit admissibles repris dans ces réglementations dépendent de divers facteurs tels que la nature de l'environnement (zones d'habitation, zones industrielles), le moment de la journée (jour, nuit, soirée), un bruit spécifique éventuel et le bruit de fond initial L_A 95.

Sauf dispositions contraires dans le cahier spécial des charges, les valeurs d'exigences à respecter sont celles relatives à la période nocturne.

ARTICLE D3. EXIGENCES D'ISOLATION ACOUSTIQUE

CONTENU

ARTICLE D3. PAR. 1. ISOLATION ACOUSTIQUE AUX BRUITS AERIENS ENTRE LOCAUX ...	2
ARTICLE D3. PAR. 2. ISOLATION ACOUSTIQUE AUX BRUITS AERIENS ET AUX BRUITS DE CHOC DE SOLS.....	3
ARTICLE D3. PAR. 3. DISPOSITIONS ACOUSTIQUES POUR RESPECTER LES EXIGENCES D'ISOLATION.....	4
ARTICLE D3. PAR. 4. EXIGENCES D'ISOLATION ACOUSTIQUE POUR LES LOCAUX TECHNIQUES.....	5

ARTICLE D3. PAR. 1. ISOLATION ACOUSTIQUE AUX BRUITS AERIENS ENTRE LOCAUX

L'isolement acoustique entre deux locaux est classé en catégories suivant la norme NBN S 01-400, pour les bâtiments concernés par cette norme. Sauf mention différente dans le cahier spécial des charges, les indices α sont à retenir pour les catégories exigées suivant la norme, en d'autres termes, les valeurs recommandées.

Pour les immeubles d'habitation (NBN S 01-400-1) et bâtiments scolaires (NBN S 01-400-2) les exigences sont exprimées par des valeurs uniques, déterminées selon la norme NBN EN ISO 717-1.

Pour les exigences et les mesures "in situ" l'isolement requis, à savoir "l'isolement acoustique brut normalisé", est à obtenir pour la totalité de la séparation entre les locaux concernés, donc y compris les raccords, portes et tous les équipements techniques comme les appareils d'éclairage, l'installation de ventilation, etc.

L'exécution des installations techniques ne peut en aucun cas donner suite à l'affaiblissement de cet isolement acoustique global entre les locaux.

ARTICLE D3. PAR. 2. ISOLATION ACOUSTIQUE AUX BRUITS AERIENS ET AUX BRUITS DE CHOC DE SOLS

Pour ces parois, les exigences sur le plan de l'isolation acoustique aux bruits aériens et de l'isolation acoustique aux bruits de choc sont d'application simultanément.

Pour les exigences pour l'isolation acoustique au bruit aériens, il est fait référence au par. 1. ci-dessus.

Les exigences pour l'isolation acoustique au bruits de choc sont celles de la norme NBN S 01-400, pour les bâtiments concernés par cette norme; et également classées en catégories suivant cette norme. Les indices a (valeurs recommandées) sont également d'application pour l'isolement acoustique aux bruits de chocs, sauf mention contraire dans le cahier spécial des charges.

Pour les immeubles d'habitation (NBN S 01-400-1) et bâtiments scolaires (NBN S 01-400-2) les exigences sont exprimées par des valeurs uniques, déterminées selon la norme NBN EN ISO 717-2.

Les critères sont d'application pour le sol dans son ensemble, y compris la finition du sol et du plafond et toutes les installations techniques.

L'exécution des installations techniques ne peut en aucun cas donner suite à l'affaiblissement de cette isolation.

ARTICLE D3. PAR. 3. DISPOSITIONS ACOUSTIQUES POUR RESPECTER LES EXIGENCES D'ISOLATION

Les installations pour le chauffage, la ventilation et la climatisation ne peuvent en aucun cas affaiblir les prestations du bâtiment sur le plan de l'isolation acoustique (tant pour les bruits aériens que pour les bruits de choc).

Sauf mention contraire au cahier spécial des charges, l'entrepreneur doit considérer que le bâtiment doit satisfaire aux normes Belges dans ce domaine : NBN S 01-400 pour tous les bâtiments, exceptés les immeubles d'habitations, pour lesquels la norme NBN S 01-400-1 est d'application et les écoles, pour lesquelles la norme NBN S 01-400-1 est d'application.

L'entrepreneur prend à cet effet toutes les mesures nécessaires, même si elles ne sont pas explicitement reprises dans le métré ou sur les plans.

Ces mesures comprennent e.a. des silencieux, conduits d'air isolés intérieurement, caissons acoustiques (afin d'éviter le rayonnement sonore), ragréage et obturation acoustique des percements, etc. (voir également art. D4 par. 4)

ARTICLE D3. PAR. 4. EXIGENCES D'ISOLATION ACOUSTIQUE POUR LES LOCAUX TECHNIQUES

Entre des locaux techniques (y compris des zones extérieures où des machines frigorifiques sont installés) ou des trémies et les locaux attenants, l'isolement acoustique est au moins égale à la différence entre le niveau de pression acoustique admissible dans le local technique ou la trémie et le niveau de pression acoustique admissible dans le local attenant, l'écart étant encore majoré de 10 dB (par exemple, local technique NR 70, bureau NR 35, isolement acoustique brut normailé minimal de la construction $D_{nw} = 45$ dB (déterminé comme suit : $70 - 35 + 10$).

Pour les locaux techniques du type NR 70, l'isolement acoustique au bruits de choc du plancher répond à l'exigence $L'_{nT,w} = 55$ dB.

Pour les locaux techniques du type $> NR 70$ et la zone des machines frigorifiques, l'isolement acoustique aux bruits de choc s'élève à minimum $L'_{nT,w} = 50$ dB (voir plus loin, article D5).

ARTICLE D4. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES SPECIFIQUES POUR LES INSTALLATIONS HVAC

CONTENU

ARTICLE D4. PAR. 1. PRESCRIPTIONS POUR LA CONCEPTION GENERALE DE L'INSTALLATION ET LE CHOIX DES COMPOSANTS	2
1. GÉNÉRALITÉS	2
2. TRACÉ DES TUYAUTERIES ET CONDUITS D'AIR	2
3. VITESSE MAXIMALE DANS LES CONDUITS D'AIR	2
ARTICLE D4. PAR. 2. PRESCRIPTIONS POUR SILENCIEUX	3
1. GÉNÉRALITÉS	3
2. CONSTRUCTION	3
3. EROSION	3
4. APPLICATION	3
5. INPLANTATION.....	4
6. DIMENSIONNEMENT	4
ARTICLE D4. PAR. 3. DISPOSITIONS ACOUSTIQUES PARTICULIERES.....	5
1. FLEXIBLES ACOUSTIQUES	5
2. GRILLES (EXTÉRIEURES) ANTIBRUIT	5
3. CAISSONS ACOUSTIQUES.....	5
4. ÉCRANS ANTIBRUIT	6
ARTICLE D4. PAR. 4. TRAVERSEES DE PAROIS.....	7
1. OBTURATION DES PERCEMENTS.....	7
2. TRAVERSÉES DE CONDUITS OU TUYAUTERIES	7
3. RÉSERVATIONS DANS LES PLANCHERS	7

ARTICLE D4. PAR. 1. PRESCRIPTIONS POUR LA CONCEPTION GENERALE DE L'INSTALLATION ET LE CHOIX DES COMPOSANTS

1. Généralités

Dans les limites des autres exigences imposées aux machines (cf. conditions techniques d'autres chapitres), les appareils sont choisis pour une production de bruit la plus faible possible. Au besoin, des modèles spéciaux à faible production de bruit sont sélectionnés.

Parmi ceux-ci, citons :

- ventilateurs centrifuges à aubes inclinées vers l'arrière
- groupes de traitement d'air dotés d'un caisson à haute isolation acoustique
- compresseurs sous caisson intégral
- modèle "low noise" pour les réfrigérants à évaporation

2. Tracé des tuyauteries et conduits d'air

Il n'y a pas de pénétration directe de conduites entre des locaux techniques et des espaces silencieux (NR 35 et moins). Il est dans tous les cas fait appel à un sas (une trémie fermée pour conduites, un passage au-dessus d'un local peu sensible au bruit...).

A proximité immédiate des espaces silencieux, la présence d'appareils et de conduites est limitée ou des mesures sont prises pour restreindre l'émission de bruit d'appareils, conduits ou tuyauteries; par exemple par une isolation acoustique supplémentaire, une insonorisation dans le système de conduits, un caisson, une suspension anti-vibration, la limitation de la vitesse de l'air dans les conduits etc.

Le tracé des conduits d'air est choisi de façon à éviter de changements brusques du sens d'écoulement et de la section des conduits.

La résistance à l'écoulement dans le réseau de conduits est maintenue à un faible niveau. Le bruit d'écoulement occasionné par les coudes, les pièces en T, les clapets de réglage, les clapets coupe-feu, les silencieux, les grilles est ainsi limité. La puissance acoustique générée par le ventilateur est également restreinte dans ce cas.

3. Vitesse maximale dans les conduits d'air

La vitesse de l'air dans les conduits doit être limitée en fonction des exigences posées au niveau de pression acoustique dans le local attenant et de l'endroit où les conduits sont placés.

Des valeurs maximales de la vitesse d'air en vue de limiter le bruit d'écoulement sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Localisation du conduit	Indice d'évaluation de bruit de l'espace (NR)	Vitesse admissible (m/s)	
		Conduits rectangulaires	Conduits circulaires
Au-dessus d'un plafond fermé (carton-plâtre 2x12,5mm au moins) ou dans une gaine (maçonnée)	50	10	12
	40	8	10
	30	6	8
Au-dessus d'un faux plafond (perméable à l'air, absorbant acoustique)	50	8	10
	40	6	8
	30	4	5
Visible dans le local	50	5	6
	40	4	5
	30	3	4

ARTICLE D4. PAR. 2. PRESCRIPTIONS POUR SILENCIEUX

1. Généralités

Afin de respecter les exigences acoustiques dans les locaux et également à l'extérieur du bâtiment, les silencieux nécessaires sont à prévoir.

Le cas échéant, des silencieux devront également être installés pour éviter le transfert de bruit entre locaux, via le réseau de conduits d'air.

Même s'ils ne sont pas explicitement repris dans le métré ou sur les plans, des silencieux devront être installés par l'entrepreneur HVAC pour satisfaire aux exigences acoustiques relatives aux niveaux de bruit dans les locaux et à l'extérieur et afin de répondre aux exigences relatives aux performances d'isolation acoustique des parois.

Les caractéristiques et la longueur des silencieux sont fonction de la sélection définitive des ventilateurs, du tracé définitif des conduits, de l'implantation des clapets coupe-feu, etc. Elles sont à déterminer par l'entrepreneur.

2. Construction

Le silencieux se compose de :

- une enveloppe extérieure en acier galvanisé à chaud; l'isolation acoustique de cette enveloppe extérieure est telle que le bruit radiant du local technique dans le silencieux ne provoque pas un court-circuit des propriétés d'atténuation de bruit du silencieux ;
- un cadre de raccordement sur chaque embout de connexion (raccordement au réseau de conduits)
- des éléments absorbants en laine minérale d'une masse volumique d'au moins 50 kg/m³ ; la laine minérale est revêtue d'un voile de verre pour éviter l'érosion.

3. Erosion

La laine minérale et son revêtement ne peuvent pas présenter de symptômes d'érosion lors d'un essai à une vitesse de l'air de 20 m/s dans la section libre du silencieux.

4. Application

Des silencieux seront dans tous les cas prévus aux endroits suivants :

- dans la prise d'air frais et l'évacuation d'air vicié des groupes de ventilation
- sur la pulsion et la reprise d'air des groupes de ventilation (éventuellement des silencieux intégrés dans les groupes de traitement d'air peuvent être prévus)
- sur l'admission et le rejet d'air des tours de refroidissement
- à la sortie de régulateurs de débit (boîtes de détente de systèmes VAV et CAV).

Au besoin, des silencieux seront également installés :

- en aval des clapets coupe-feu, clapets de réglage de débit, batteries de réchauffe,...
- en aval de changements brusques du sens d'écoulement et de la section dans le réseau de conduits
- en cas de risque d'affaiblissement de l'isolement acoustique entre locaux, via le réseau de conduits (« diaphonie »).

La nécessité d'installer ces silencieux supplémentaires sera plus élevée à mesure que les locaux en question doivent être plus silencieux (indice d'évaluation de bruit inférieur à NR 35).

Selon les circonstances, ces silencieux secondaires peuvent éventuellement être remplacés par des flexibles acoustiques aux unités terminales (grilles d'air).

5. Implantation

Les silencieux dans les conduits d'air sont de préférence installés "à cheval" sur les parois, soit la paroi du local technique, soit la paroi de séparation entre locaux.

Si pour des raisons données le silencieux est placé ailleurs (par exemple, en raison de la présence d'un clapet coupe-feu dans la paroi), il vaut mieux l'installer avant la paroi à l'intérieur du local technique.

Le tronçon de conduit entre la paroi et le silencieux doit alors être isolé acoustiquement.

Pour éviter de court-circuiter le silencieux, l'isolation acoustique de ce tronçon de conduit doit être déterminée de sorte que le niveau de puissance acoustique incident via la paroi après le silencieux soit au moins 7dB inférieur au niveau de puissance acoustique dans le conduit, directement après le silencieux.

Le placement des silencieux répond en outre aux prescriptions suivantes :

- le raccord entre un conduit et un silencieux s'effectue dans un tronçon de conduit droit, avec changement de section progressif
- des coudes ou des changements de direction prononcés sont fortement à éviter à courte distance du silencieux (moins de cinq fois la largeur moyenne du conduit)
S'ils devaient quand même se présenter, le dimensionnement tient compte d'une atténuation intercalaire diminuée et/ou d'un bruit d'écoulement supérieur.

6. Dimensionnement

Les dimensions des silencieux sont déterminées par l'entrepreneur sur la base du débit d'air et de l'atténuation intercalaire requise.

Les silencieux ne peuvent pas être à la source d'un bruit d'écoulement excessif dans le système de conduits ou d'une radiation de bruit excessive du silencieux lui-même.

La vitesse de l'air dans la section libre entre coulisses du silencieux doit être limitée à 10 m/s dans les locaux techniques et les gaines techniques et à 6 m/s dans l'espace même ou dans le faux plafond des locaux occupés.

Tous les silencieux seront sélectionnés de telle façon que le niveau de bruit (provenant de la source de bruit en question) dans les locaux après le silencieux se situe dans toutes les bandes de fréquence à au moins 5 dB sous le niveau de bruit de la courbe NR imposée.

Si par exemple l'exigence NR 35 est d'application dans un local, la sélection doit s'effectuer de sorte qu'au moins le critère NR 30 soit respecté dans le local pour le bruit provenant de la source de bruit en question.

Cette exigence est basée sur la suppression totale du bruit provenant de la source de bruit.

Il va de soi que le niveau de bruit résultant dans le local à la suite du fonctionnement simultané de toutes les sources de bruit des installations HVAC sera en tout cas inférieur, ou tout au plus égal, à la courbe NR imposée.

ARTICLE D4. PAR. 3. DISPOSITIONS ACOUSTIQUES PARTICULIERES

1. Flexibles acoustiques

Les flexibles acoustiques respectent les exigences constructives de l'article C14 par. 3.

Ils sont constitués de laine minérale, pourvue d'un voile de verre, insérée entre un revêtement flexible interne perforé et un revêtement flexible externe non perforé en aluminium renforcé.

Les extrémités des flexibles sont en tubes lisses qui permettent le raccordement sur les conduits et autres appareils comme les boîtes de distribution d'air et bouches d'air.

Les flexibles sont livrés en longueurs déterminées préalablement.

Les flexibles amortissent le bruit provenant des tronçons de conduit (clapets coupe-feu, clapets de réglage, etc.) en amont de ces flexibles.

Ils sont toutefois également utilisés pour éviter de provoquer un court-circuit de l'isolement acoustique imposé entre deux locaux via le réseau de conduit d'air entre les deux locaux.

Les valeurs d'atténuation minimales suivantes sont à atteindre par mètre courant de flexible :

Fréquence (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Amortissement minimal par m	1,5 dB	3 dB	6 dB	7 dB	7 dB	6 dB

Ces valeurs d'amortissement ne peuvent pas être court-circuitées par l'isolement acoustique de la paroi du conduit.

2. Grilles (extérieures) antibruit

En tant qu'alternative ou de complément aux silencieux, des grilles antibruit peuvent être prévues.

Les applications majeures étant :

- grilles sur la prise d'air frais des groupes de ventilation
- grilles sur le rejet vers l'extérieur de l'air d'extraction
- grilles sur ventilateurs des tours de refroidissement

Les grilles (extérieures) antibruit devront être constituées comme suit :

- un cadre extérieur pour le raccordement sur le bâtiment et pour la fixation des lamelles de grille antibruit. Ce cadre comporte tous les accessoires pour le raccordement étanche à l'air et à l'eau sur la construction.
- lamelles de grille horizontales, le profilage des lamelles garantit une grille étanche à la pluie (battante) et un rejet de l'eau vers l'extérieur. Un matériau absorbant le bruit (laine minérale, mousse à structure cellulaire ouverte) est intégré au dos des lamelles, le cas échéant parachevé par une plaque perforée.

Ces grilles doivent également satisfaire aux exigences stipulées à l'art. C15 du présent cahier des charges type.

3. Caissons acoustiques

Si lors du fonctionnement simultané de toutes les machines, le niveau de pression acoustique maximal ne peut pas être respecté dans les locaux, locaux techniques, plénums, trémies ou à l'extérieur, des caissons acoustiques doivent être prévus autour des machines.

Cela est principalement le cas pour des ventilateurs, brûleurs, groupes de froid, etc.

Le caisson doit répondre au moins aux exigences suivantes :

- l'isolation acoustique prédéfini est atteint, même lorsque tous les accessoires, les trappes d'inspection, les raccordements et autres ont été montés

- le caisson doit permettre d'utiliser la machine à pleine puissance
- le caisson ne constitue en aucun cas un accouplement mécanique entre la machine et le gros-œuvre. L'isolation anti-vibratoire de la machine n'est pas court-circuitée
- les accessoires nécessaires afin de faciliter la commande, l'inspection et l'entretien des machines sont à prévoir.

4. Ecrans antibruit

Si la limitation du niveau de pression acoustique vers l'extérieur nécessite l'installation d'un écran antibruit autour des machines, leur fourniture et leur pose font partie intégrante du marché HVAC. Les aspects génie civil de l'écran antibruit sont élaborés en concertation avec les architectes.

Un écran antibruit se compose d'au moins les éléments suivants :

- une structure portante en acier traité contre la corrosion pour la fixation de l'écran antibruit
- l'écran antibruit proprement dit constitué de panneaux acoustiques avec une face absorbante acoustique orientée vers la source sonore
- tous les accessoires (portes, trappes d'inspection) nécessaires à l'accessibilité des appareils isolés

L'isolement acoustique de l'écran antibruit proprement dit doit, à toutes les fréquences, être au moins 10 dB supérieur à la valeur d'atténuation par l'effet d'écran.

La composition exacte et la construction de l'écran antibruit et la note de calcul de l'émission de bruit vers l'environnement doivent être soumises à approbation.

Lors du projet et du placement de ces écrans antibruit il faut tenir compte du bon fonctionnement de la machine concernée (par exemple aspiration/évacuation d'air).

ARTICLE D4. PAR. 4. TRAVERSEES DE PAROIS

1. Obturation des percements

Les traversées de tuyauteries, conduits d'air, goulottes à câbles... ne peuvent pas diminuer la qualité de l'isolation acoustique de la paroi. L'obturation des percements doit donc présenter au moins la même qualité d'isolation acoustique que celle de la cloison ou du plancher en question.

Lors de l'obturation des percements, il est également nécessaire d'éviter tout contact direct entre les conduits et les tuyauteries et la paroi ou la dalle de sol.

Il faut toujours prévoir un matériau souple (par exemple, laine minérale) entre les conduits et les tuyauteries et la paroi ou la dalle de sol ; toutefois, dans le cas de traversées de parois avec une certaine résistance au feu d'autres prescriptions peuvent être d'application (voir art. C24 par. 8).

2. Traversées de conduits ou tuyauteries

Pour la traversée de conduits au travers des parois ou planchers, il convient de tenir compte de l'isolation acoustique au bruits aériens à réaliser entre les locaux.

Les exigences en matière d'isolation acoustique au bruits aériens concernent l'isolation acoustique globale pour l'ensemble de la construction, y compris tous les détails de raccordement, la traversée de tuyauteries, conduits et autres.

Pour que cette isolation acoustique au bruits aériens puisse être garantie, il faut que l'isolement acoustique via le réseau de conduits et tuyauteries entre deux locaux soit au moins 8 dB supérieur à l'isolement acoustique imposé entre les locaux.

Cela signifie concrètement que l'amortissement du bruit, qui est irradié dans un local au travers des grilles ou des parois du conduit et qui se propage dans le réseau de conduits pour ensuite se diffuser par radiation via les grilles et les parois du conduit dans le local adjoignant, doit dans toutes les bandes de fréquences à tiers d'octave de 100 à 3150 Hz, être au moins 8 dB supérieur à l'isolement acoustique à réaliser entre les locaux.

Le cas échéant, les conduits doivent être isolés acoustiquement ou des silencieux ou flexibles acoustiques sont à prévoir.

3. Réservations dans les planchers

Les puisards, les grilles de sol, les puits de convecteurs et autres ne peuvent en aucun cas occasionner l'affaiblissement de l'isolation aux bruits aériens et de l'isolation au bruits de choc des planchers. Dans le cas de dalles flottantes ou de chapes flottantes, ces éléments ne peuvent pas établir un contact entre les deux parties de la construction du plancher.

ARTICLE D5. SPECIFICATIONS POUR L'ISOLATION ANTI-VIBRATIONS

CONTENU

ARTICLE D5. PAR. 1. NOTIONS RELATIVES L'ISOLATION ANTI-VIBRATIONS.....	2
1. DÉFINITIONS, GRANDEURS, SYMBOLES	2
2. FORMULES DE BASE	2
3. NIVEAU DE VIBRATION ET RENDEMENT D'ISOLATION.....	3
4. MISE EN SÉRIE D'ISOLATEURS DE VIBRATIONS.....	3
5. BLOC D'INERTIE	4
ARTICLE D5. PAR. 2. ISOLATEURS DE VIBRATIONS.....	5
1. RESSORTS EN ACIER POUR L'INSTALLATION DE MACHINES (TYPE 1)	5
2. RESSORTS EN ACIER À DÉPLACEMENT LIMITÉ POUR L'INSTALLATION DE MACHINES (TYPE 2).....	5
3. SUPPORTS ANTI-VIBRATOIRES À AMORTISSEMENT INTERNE (TYPE 3)	5
4. PLOTS ANTI-VIBRATOIRES (TYPE 4)	6
5. PLACEMENT D'ISOLATEURS DE VIBRATIONS.....	6
ARTICLE D5. PAR. 3. RACCORDEMENTS ET CONNEXIONS	7
1. GÉNÉRALITÉS	7
2. TUYAUTERIES	7
3. CONDUITS D'AIR.....	7
ARTICLE D5. PAR. 4. SUSPENSION DE TUYAUTERIES ET CONDUITS	8
1. GÉNÉRALITÉS	8
2. SYSTÈMES DE SUSPENSION ANTI-VIBRATOIRES	8
3. COLLIERS DE SUSPENSION POUR TUYAUTERIES	8
4. SUSPENSION DE CONDUITS D'AIR	8
ARTICLE D5. PAR. 5. SPECIFICATIONS POUR L'ISOLATION AUX VIBRATIONS SOUS LES MACHINES.....	9
1. GÉNÉRALITÉS	9
2. CAISSONS DE TRAITEMENT D'AIR.....	12
3. VENTILATEURS AXIAUX EN CENTRIFUGES SÉPARÉS	12
4. POMPES	12
5. CHAUDIÈRES	12
6. MACHINES FRIGORIFIQUES	12
7. RÉFRIGÉRANTS À ÉVAPORATION, CONDENSEURS REFROIDIS PAR AIR ET AÉRO-REFROIDISSEURS ...	13
8. MACHINES FRIGORIFIQUES À CONDENSEUR REFROIDI PAR AIR	13

ARTICLE D5. PAR. 1. NOTIONS RELATIVES L'ISOLATION ANTI-VIBRATIONS

1. Définitions, grandeurs, symboles

- f_n : fréquence propre, à savoir la fréquence propre du système (machine + isolateurs de vibrations)(Hz)
- f_e : fréquence d'excitation, à savoir la fréquence de la source de vibrations (machine)(Hz)

$$f_e = \frac{\text{vitesse de rotation machine (t / min)}}{60}$$

- $\omega = 2\pi f$: pulsation (rad/s)
- f_{vj} : la fréquence de résonance de la dalle de sol portante (Hz)
- G : le poids ou la force statique sur le système d'isolation (système à ressort) (N)
- M : masse (masse à isoler) (kg)
- T : transmittance ou facteur de transmission

T désigne le rapport de la force transmise à la fondation (F) par rapport à la force générée par la machine (puisque $F = M \times a$, T correspond également au rapport des accélérations)

- η : rendement d'isolation ou pouvoir d'isolation
 $\eta = 100 (1-T)$
- δ_{st} : affaissement statique du ressort (mm)
- k : constante de ressort ou rigidité du ressort (N/m)
- C : constante d'amortissement ou coefficient de résistance (Ns/m)
- D : facteur d'amortissement (sans dimension)

$$D = \frac{C}{\sqrt{4kM}}$$

2. Formules de base

a. Isolateurs sans amortissement interne (ressorts en acier, laine minérale...)

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$f_n = \frac{15,8}{\sqrt{\delta_{st}}}$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{[1 - (f_e / f_n)^2]^2}}$$

Ce qui pour les fréquences supérieures à f_n peut se simplifier comme suit :

$$T = \frac{1}{(f_e / f_n)^2 - 1}$$

Vu que $\eta = 100 (1-T)$, la fréquence propre f_n doit donc être sensiblement inférieure à la fréquence d'excitation f_e pour obtenir un bon rendement d'isolation η .

Pour une fréquence d'excitation donnée, on remarque également la relation univoque entre l'affaissement statique $\delta_{st} (= (15,8/f_n)^2)$ et le rendement d'isolation, indépendamment du poids (M) de la machine (mais le poids détermine la rigidité requise des ressorts $k = (2\pi f_n)^2 M$).

L'affaissement statique est donc une bonne mesure pour évaluer le rendement d'isolation.

b. Isolateurs à amortissement interne (caoutchouc, liège)

$$T = \frac{1 + [2D(f_e / f_n)]^2}{\sqrt{[1 - (f_e / f_n)^2]^2 + [2D(f_e / f_n)]^2}}$$

A noter que lorsque le facteur d'amortissement $D = 0$, l'on retrouve la formule pour les ressorts en acier.

3. Niveau de vibration et rendement d'isolation

Le niveau de vibration peut s'exprimer en tant que niveau d'accélération et/ou niveau de vitesse.

Pour le niveau d'accélération :

$$L_a = 20 \log a/a_0 \quad (\text{dB}), \text{ le niveau de référence étant : } a_0 = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2 = 10^{-3} \text{ mm/s}^2$$

Pour le niveau de vitesse :

$$L_v = 20 \log v/v_0 \quad (\text{dB}), \text{ le niveau de référence étant : } v_0 = 1 \times 10^{-9} \text{ m/s} = 10^{-6} \text{ mm/s}$$

Lorsqu'il est question d'un écart de niveau d'accélération en dB, la formule suivante peut s'appliquer : $20 \log (1/T) = \text{écart de niveau d'accélération en dB}$.

4. Mise en série d'isolateurs de vibrations

Comme la dalle de sol portante n'est jamais infiniment rigide, il est en pratique toujours question de montage en série d'isolateurs de vibrations. Une dalle de sol portante peut en effet en termes de vibrations être considérée comme une dalle infiniment rigide, supportée par des isolateurs de vibrations (ressorts). Ces isolateurs de vibrations (ressorts) sont alors montés « en série » avec les isolateurs de vibrations proprement dits sous la machine.

Afin d'éviter que la dalle de sol soit le ressort le plus faible et encaisse donc la plupart des vibrations, la fréquence propre de l'isolateur de vibrations directement sous la source de vibrations doit être inférieure à la moitié de la fréquence de résonance de la dalle de sol portante.

Pour les fréquences de résonance d'une dalle de sol en béton **de masse surfacique d'au moins 200 kg/m²**, les valeurs approximatives suivantes peuvent s'appliquer en fonction de la portée (= la plus petite dimension entre deux poutres ou points d'appui de la dalle de sol) :

Portée en mètres	Fréquence de résonance présumée Hz
3	11 à 14
6	8 à 10
9	6 à 8
12	5,5 à 7
15	5 à 6,5
18	4,5 à 6

Pour d'autres types de constructions de sol (bois, acier, béton de masse surfacique < 200 kg/m²) le tableau ci-dessus ne s'applique pas et la fréquence de résonance doit être calculée cas par cas.

5. Bloc d'inertie

Le bloc d'inertie est une dalle en béton sur lequel la machine est fixée; entre le bloc d'inertie et la structure portante (dalle de sol) des isolateurs de vibrations sont prévus.

Le bloc d'inertie a pour but:

- de limiter le déplacement de la machine sous l'effet des vibrations
- de limiter l'écartement de la machine suite aux forces internes et externes (par ex. pression de ventilateur, action du vent), sans détérioration du rendement d'isolation η : vu le poids plus important de l'ensemble machine + bloc d'inertie, on peut prévoir des isolateurs de vibrations avec une rigidité (k) plus importante (voir formules pour η , T et f_n)
- de maintenir au plus bas le centre de gravité de l'ensemble machine + bloc d'inertie

Si le cahier spécial des charges ne stipule pas la masse requise pour le bloc d'inertie, la masse doit au moins être égale à la masse de la machine opérationnelle : machine + remplissage (liquide dans les tuyauteries de raccordement dans le cas d'une pompe).

ARTICLE D5. PAR. 2. ISOLATEURS DE VIBRATIONS

1. Ressorts en acier pour l'installation de machines (type 1)

Les ressorts seront réalisés en acier pour ressort de qualité supérieure, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- résistance à la traction = 1300 N/mm²
- limite d'élasticité = 860 N/mm²
- contrainte de cisaillement maximale admissible = 300 N/mm²
- dureté Brinell : minimum 360

Le pas du ressort est inférieur ou tout au plus égal à 1/3 du diamètre moyen d'enroulement du ressort. La hauteur du ressort en charge ne peut pas excéder 1,25 fois le diamètre interne d'enroulement.

Le ressort doit pouvoir supporter une surcharge de 50% sans que ses spires ne se touchent.

Dans tous les cas, un plot en élastomère, polymère ou caoutchouc de minimum 6 mm d'épaisseur est placé sous les ressorts en tant qu'isolation contre les vibrations à fréquences élevées.

Le boîtier du ressort permet un réglage du montage à l'horizontale.

Tout contact direct entre le ressort en acier et la dalle de sol est interdit.

L'ensemble formé par les ressorts et leur boîtier doit être protégé contre la corrosion au moyen de galvanisation à chaud conformément à l'art. C40.

En cas d'installation à l'extérieur, l'ensemble doit être réalisé en acier inoxydable.

2. Ressorts en acier à déplacement limité pour l'installation de machines (type 2)

Si le démarrage de la machine isolée provoque des déplacements inadmissibles sous l'effet de la résonance des ressorts, il convient soit d'utiliser des ressorts avec limitation intégrée du déplacement maximal, soit de prévoir des amortisseurs à placer en parallèle avec les ressorts.

Cette précaution doit en tout cas être prise si une sollicitation variable des ressorts est attendue; de même lors d'une installation à l'extérieur du bâtiment, soumise à l'action du vent.

Les ressorts et l'isolation anti-vibrations répondent aux prescriptions décrites sous le point 1 ci-dessus.

Le système de limitation du déplacement doit être conçu pour qu'en fonctionnement normal, il n'existe aucun contact direct entre la structure portante de la machine et les appuis du boîtier, sauf par le biais du ressort.

3. Supports anti-vibratoires à amortissement interne (type 3)

Ces isolateurs sont fabriqués en caoutchouc, élastomère à base de PUR ou en matériaux à base de liège. Les matériaux utilisés garantissent un bon fonctionnement pendant au moins 10 ans et résistent aux effets du vieillissement, à la vermine, aux moisissures ou bactéries, aux huiles et aux graisses et n'attaquent pas les autres éléments de construction.

Ils sont également imputrescibles, résistent à la rouille, sont ininflammables, hydrophobes à demeure et résistent aux effets de l'environnement dans lequel ils sont utilisés.

Les matériaux amortisseurs de vibration se caractérisent par un facteur d'amortissement D d'au moins 10% (D=0,10), mesuré d'après DIN 53513.

Les isolateurs sont munis à leur niveau inférieur et supérieur d'un système de fixation qui permet une fixation par boulonnage et/ou vissage, d'une part à l'élément de support et d'autre part à la machine ou au bâti sous la machine.

L'usage de supports à amortissement interne est autorisé uniquement en cas de fréquences propres supérieures à 10 Hz.

4. Plots anti-vibratoires (type 4)

La hauteur de ces plots est limitée (entre 10 et 20 mm).

Ils ont pour but d'éviter un contact direct entre la machine et la construction portante et en outre de réaliser une isolation anti-vibratoire et acoustique aux fréquences supérieures. Ces plots sont fabriqués en caoutchouc ou élastomère à base de PUR.

Le matériau doit répondre aux exigences reprises dans le point 3. (type 3) ci-dessus.

Le facteur d'amortissement sera de 10% au moins ($D = 0,10$). L'épaisseur, la longueur et la largeur des plots sont déterminées en fonction de l'affaissement statique ou de la fréquence propre requise.

5. Placement d'isolateurs de vibrations

Tous les isolateurs sous une machine doivent avoir un affaissement identique (donc également une fréquence propre identique). Un écart de 5% est autorisé.

Le nombre et l'implantation des isolateurs doivent être choisis de sorte à obtenir la même sollicitation sur chaque isolateur.

Tous les isolateurs sous une machine doivent être identiques.

Lorsqu'il y a le risque pendant le transport d'un appareil que les isolateurs soient exposés à des forces pour lesquelles il ne sont pas prévus, ils doivent être verrouillés par des cales de transport.

ARTICLE D5. PAR. 3. RACCORDEMENTS ET CONNEXIONS

1. Généralités

Tous les raccordements et connexions avec des appareils tournants, hormis les groupes moto-circulateurs centrifuges qui sont montés en direct sur les tuyauteries, sont conçus pour ne pas transmettre de vibrations à la structure du bâtiment, ni vers les tuyauteries et conduits qui sont fixées à la structure du bâtiment. Ils ne peuvent pas provoquer une diminution du rendement des dispositifs anti-vibratoires des appareils.

2. Tuyauteries

Des compensateurs anti-vibratoires doivent être installés entre les tuyauteries d'une part et les machines (notamment pompes principales, groupe de froid, tours de refroidissement) d'autre part.

Les compensateurs se composent de :

- un soufflet en caoutchouc qui conserve sa souplesse et sa résistance mécanique dans la plage de température de -20°C à 110°C ;
- deux brides en acier de part et d'autre du soufflet en caoutchouc ;
- le soufflet en caoutchouc est fixé aux brides en acier.

Le rendement d'isolation de vibrations doit au moins atteindre 70% pour une fréquence d'excitation à partir de 20 Hz.

3. Conduits d'air

Des compensateurs ou manchons souples anti-vibratoires doivent être installés entre les conduits d'air d'une part et les machines (ventilateurs, groupes de traitement de l'air, condenseurs refroidis à l'air...) d'autre part.

Pour les conduits d'air, il est recommandé d'installer les compensateurs ou manchons souples à l'intérieur du caisson pour éviter l'émission de bruit vers l'environnement.

Pour les groupes de traitement d'air d'une hauteur manométrique > 500 Pa, l'allongement des compensateurs est limité par des isolateurs de vibrations qui sont montés en paires de part et d'autre du compensateur.

ARTICLE D5. PAR. 4. SUSPENSION DE TUYAUTERIES ET CONDUITS

1. Généralités

On distinguera deux cas :

- les tuyauteries et conduits qui sont raccordés de manière fixe à la machine doivent être fixés à la structure du bâtiment à l'aide de supports anti-vibratoires;
- les tuyauteries et conduits qui ne sont pas raccordés de manière fixe à la machine (après le compensateur ou manchon anti-vibratoire) peuvent être fixés à la structure du bâtiment à l'aide de colliers standard.

2. Systèmes de suspension anti-vibratoires

Ces systèmes de suspension se composent de :

- deux profilés en U en tôle d'acier. Ces profilés en U sont dans le haut et le bas emboîtés les uns dans les autres et soudés. L'épaisseur de la tôle d'acier est à définir en fonction de la sollicitation, mais elle est au moins de 2 mm ;
- un ressort en acier conforme au descriptif du par. 2. point 1. ci-dessus (type 1) ; quatre rebords d'angle ; ceux-ci peuvent se présenter sous forme d'une partie ronde estampée du profil support métallique ;
- une rondelle pliée, une bague polymère et une plaquette de répartition sont appliquées au-dessus du ressort ;
- l'ensemble permet une rotation d'angle de 15° par rapport à la verticale.

3. Colliers de suspension pour tuyauteries

Les tuyauteries après le compensateur sont suspendues au moyen de colliers préfabriqués en acier entièrement galvanisé à chaud.

Ces colliers sont munis à l'intérieur d'une bague souple en caoutchouc ou néoprène pour empêcher tout contact entre les tuyauteries et le collier métallique.

La dureté Shore de la bague souple est de 45° maximum.

Le collier souple doit conserver sa souplesse et sa résistance mécanique dans la plage de température de -20° à +100°C. L'ensemble doit être adapté au diamètre des tuyauteries.

Le rendement d'isolation de vibrations atteint au moins 70% à une fréquence d'excitation à partir de 50 Hz (ce qui correspond à un affaissement d'environ 1 mm).

4. Suspension de conduits d'air

Les conduits d'air, après le compensateur ou la manchette souple, peuvent être suspendues à la structure moyennant interposition d'une bande souple entre le conduit et le collier de suspension ou le profil de support.

Cette bande souple est en caoutchouc, néoprène ou élastomère.

La fréquence propre de la bande souple est de 50 Hz maximum.

ARTICLE D5. PAR. 5. SPECIFICATIONS POUR L'ISOLATION AUX VIBRATIONS SOUS LES MACHINES

1. Généralités

A l'exception des circulateurs supportés par les tuyauteries, des isolateurs de vibration sont placés entre toutes les machines tournantes et le sol et/ou les châssis statiques.

Les machines sont montées directement sur les isolateurs de vibrations ou moyennant interposition d'un bloc d'inertie (voir par. 1 point 5) ou d'un bâti auxiliaire constitué de profilés en acier. Le bâti auxiliaire ou le bloc d'inertie peuvent s'avérer nécessaires pour obtenir une masse ou une rigidité supplémentaire pour l'installation, de sorte à atteindre l'affaissement statique exigé et à solliciter de façon identique tous les isolateurs de vibrations.

Le cas échéant, la machine complète, y compris les raccordements fixes, est fixée sur le bâti auxiliaire ou le bloc d'inertie.

Une hauteur libre d'au moins 20 mm doit être assurée entre la machine ou le bâti auxiliaire/bloc d'inertie et la structure portante ou la dalle de sol de gros-œuvre.

La fréquence propre des isolateurs de vibrations doit être déterminée en fonction du poids des appareils prêts à fonctionner, c.à.d. tenant compte du poids des fluides éventuels et du bâti auxiliaire ou du bloc d'inertie.

Le tableau D5-1 ci-joint reprend les données suivantes:

- le type de machine
- la portée de la dalle de sol
- le type d'isolateur de vibration : type 1 → 4 suivant description dans par. 2
- le mode de montage ; il y a trois cas :
 - lorsque rien n'est mentionné, la machine peut être placée directement sur les isolateurs de vibrations ; toutefois il peut quand-même être nécessaire de prévoir un bâti auxiliaire, par ex. dans le cas où la rigidité de la machine est insuffisante (voir ci-dessus)
 - bâti auxiliaire ; lorsque la machine est suffisamment rigide (construction autportante ou bâti propre) et permet une sollicitation égale des isolateurs de vibrations, elle peut toutefois être placée directement sur les isolateurs de vibrations
 - bloc d'inertie
- l'affaissement statique minimale δ_{st}

CAHIER DES CHARGES TYPE N°105

TABLEAU D5-1		IMPLANTATION DE LA MACHINE															
		dalle sur sol			sur portée de 6 m			sur portée de 9 m			sur portée de 12 m			sur portée de 15 m			
TYPE DE MACHINE		type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	
CAISSON DE TRAITEMENT D'AIR (isolateur de vibrations sous l'ensemble moteur électrique – ventilateur)																	
basse pression (≤ 1000 Pa)																	
	$P \leq 1$ kW	3		4	3		4	3		4	3		4	3		4	
	$1 \text{ kW} < P \leq 5$ kW	3		10	1		25	1		25	1		25	1		25	
	$P > 5$ kW																
		$N \leq 300$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$	
	$300 < N \leq 500$	3		10	1		45	1		45	1		45	1		65	
	$N > 500$	3		10	1		25	1		25	1		25	1		45	
haute pression (> 1000 Pa)																	
	$P \leq 30$ kW																
		$N \leq 300$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			
		$300 < N \leq 500$	1		25	1		45	1		45	1		65	1		90
		$N > 500$	1		20	1		25	1		25	1		45	1		65
	$P > 30$ kW	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	
POMPES (masse du bloc d'inertie \geq masse pompe + masse moteur)																	
	$P \leq 5$ kW	3	bâti auxiliaire	10	1	bâti auxiliaire	20	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	25	
	$P > 5$ kW	1	bloc d'inertie	25	1	bloc d'inertie	25	1	bloc d'inertie	38	1	bloc d'inertie	45	1	bloc d'inertie	45	
CHAUDIÈRES (pas pour chaudières murales)																	
brûleur atmosphérique et prémix		4		1	4		1	4		1	4		1	4		1	
brûleur à air pulsé		4		4	4		4	4		4	4		4	4		4	
GROUPES DE REFRROIDISSEMENT																	
machine à absorption		3	bâti auxiliaire	6	2	bâti auxiliaire	10	2	bâti auxiliaire	25	2	bâti auxiliaire	45	2	bâti auxiliaire	45	
compresseur centrifuge, rotary, à vis et scroll		3	bâti auxiliaire	6	2	bâti auxiliaire	20	2	bâti auxiliaire	40	2	bâti auxiliaire	45	2	bâti auxiliaire	45	
compresseur à pistons (si $P < 3$ kW bloc d'inertie à remplacer par bâti auxiliaire)																	
	$500 < N \leq 700$	2	bloc d'inertie	25	2	bloc d'inertie	40	2	bloc d'inertie	45	2	bloc d'inertie	65	2	bloc d'inertie	65	
	$N > 700$	2	bloc d'inertie	25	2	bloc d'inertie	25	2	bloc d'inertie	45	2	bloc d'inertie	45	2	bloc d'inertie	65	

CAHIER DES CHARGES TYPE N°105

TABLEAU D5-1		IMPLANTATION DE LA MACHINE															
		dalle sur sol			sur portée de 6 m			sur portée de 9 m			sur portée de 12 m			sur portée de 15 m			
TYPE DE MACHINE		type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	type isolateur	mode de montage	δ_{st} (mm)	
tours de refroidissement																	
	$N \leq 500$	3		10	2		25	2		45	2		65	2		90	
	$N > 500$	3		10	2		10	2		25	2		45	2		65	
condenseur à air, refroidisseur sec		3		10	2		10	2		25	2		45	2		65	
VENTILATEURS SEPARÉS (axiaux et centrifuges)																	
	$0,1 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ kW}$	3		4	3		4	3		4	3		4	3		4	
	$1 \text{ kW} < P \leq 5 \text{ kW}$	3	bâti auxiliaire	10	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	45	1	bâti auxiliaire	45	
	$5 < P \leq 30 \text{ kW}$																
		$N \leq 300$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$	
		$300 < N \leq 500$	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	45	1	bâti auxiliaire	45	1	bâti auxiliaire	65	1	bâti auxiliaire	65
		$N > 500$	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	25	1	bâti auxiliaire	45	1	bâti auxiliaire	65
	$P > 30 \text{ kW}$																
		$N \leq 300$		$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$			$f_n \leq 0,4 f_{eV}$	
		$300 < N \leq 500$	1	bloc d'inertie	25	1	bloc d'inertie	45	1	bloc d'inertie	65	1	bloc d'inertie	65	1	bloc d'inertie	90
		$N > 500$	1	bloc d'inertie	25	1	bloc d'inertie	45	1	bloc d'inertie	45	1	bloc d'inertie	65	1	bloc d'inertie	65
SYMBOLES																	
P = puissance du moteur électrique en kW (dans le cas de plusieurs moteurs, il s'agit de la puissance du moteur le plus grand)																	
N = nombre de tours par minute																	
δ_{st} = affaissement de l'isolateur de vibrations sous charge statique en mm																	
f_n = fréquence propre du système antivibratoire; pour des ressorts la $f_n = 15,8 / \sqrt{\delta}$; pour des isolateurs à amortissement interne (comme le caoutchouc) une déviation de $\pm 50\%$ est possible																	
f_{eV} = fréquence du ventilateur (= N / 60)																	
REMARQUES																	
(*) : Une étude séparée est nécessaire, voir texte																	
Pour des appareils installés sur une dalle flottante, il faut toujours (excepté pour chaudières) utiliser des ressorts en acier avec un affaissement statique d'au moins 12,5 mm, sauf mention d'une valeur plus élevée dans le tableau																	
Ce tableau n'est pas d'application pour des dalles portantes en métal, constructions en bois ou en béton avec une masse surfacique inférieure à 200 kg/m ² ; dans ce cas il faut adapter l'affaissement tenant compte des prescriptions du par. 1 point 4																	

TABLEAU D5-1

2. Caissons de traitement d'air

Le ventilateur et le moteur d'entraînement électrique sont placés sur un bâti métallique sous lequel se placent les isolateurs de vibrations, comme mentionné dans le tableau D5-1 ci-dessus.

Les groupes de traitement d'air proprement dits sont placés sur un socle surélevé, avec interposition de plots anti-vibratoires (type 4), la fréquence propre de ceux-ci doit être inférieure à 50 Hz.

Pour des groupes de traitement d'air avec une puissance du moteur d'entraînement > 30 kW, une étude séparée est exigée ; en l'absence de données dans les documents du marché concernant ceci, les exigences suivantes sont d'application:

- soit l'ensemble moteur/ventilateur, soit le groupe de traitement d'air dans son entièreté sont placés sur un bloc d'inertie
- des isolateurs de vibrations de type 1 sont placés sous le bloc d'inertie, avec un affaissement statique tel que mentionné dans le tableau D5-1 pour des puissances < 30 kW

3. Ventilateurs axiaux en centrifuges séparés

Des isolateurs de vibrations sont prévus sous l'ensemble ventilateur/moteur d'entraînement électrique, comme mentionné dans le tableau D5-1 ci-dessus.

Les prescriptions ne sont pas d'application aux ventilateurs EFC fixés à une paroi verticale.

4. Pompes

L'ensemble pompe et moteur d'entraînement électrique est placé sur :

- un bâti auxiliaire en acier si la puissance du moteur électrique est inférieure ou égale à 5 kW
- un bloc d'inertie en béton lorsque la puissance du moteur électrique dépasse 5 kW.

Des isolateurs anti-vibrations sont prévus entre le bâti auxiliaire en acier ou le bloc d'inertie en béton et la structure portante, comme mentionné dans le tableau D5-1 ci-joint.

5. Chaudières

Chaque chaudière est installée sur un socle surélevé en béton.

Des plots anti-vibratoires (type 4) résistants à une température de 100°C sont prévus entre le socle surélevé et la chaudière.

Si cela s'avère nécessaire pour la répartition des sollicitations sur les plots, un bâti en profils métalliques est prévu.

6. Machines frigorifiques

L'ensemble compresseur, condenseur et évaporateur est, comme stipulé à l'art. C4 par. 1, monté sur un châssis robuste en profilés d'acier.

Toutes les machines frigorifiques, quel que soit leur type, qui sont installées sur un sol d'étage (on entend par là toute dalle de sol qui ne repose pas directement sur le sol de plain-pied), sont dans tous les cas munies d'isolateurs de vibrations à limiteurs de déplacement (type 2).

Des isolateurs de vibrations du type 3 peuvent être utilisés pour les machines frigorifiques équipées de compresseurs centrifuges, rotary, à vis ou scroll et pour les machines frigorifiques à absorption, qui sont installées sur une dalle de sol qui repose sur le sol de plain-pied.

Les isolateurs de vibrations sont placés entre le châssis de la machine frigorifique et la structure portante du bâtiment.

Pour les machines frigorifiques avec compresseurs à pistons les prescriptions suivantes doivent être respectées :

- Si la puissance électrique absorbée dépasse 3 kW (puissance moteur d'entraînement électrique), la machine frigorifique est dans tous les cas placée sur un bloc d'inertie et y est fermement fixée. Les isolateurs de vibrations sont placés sous le bloc d'inertie

La masse du bloc d'inertie est au moins égale à la masse de la machine opérationnelle, sans tenir compte du contenu des tuyauteries de fluide frigorigène, de l'eau glacée et de l'eau de refroidissement. Le haut du bloc d'inertie coïncide avec le haut des ressorts (à savoir que le bloc d'inertie est intégralement situé sous le point d'appui supérieur des ressorts ; ceci dans le but de maintenir au plus bas le centre de gravité de l'ensemble machine).

- Les compresseurs à pistons d'une puissance électrique inférieure ou égale à 3 kW sont installés sur un bâti en acier.

7. Réfrigérants à évaporation, condenseurs refroidis par air et aéro-refroidisseurs

Ces appareils sont installés sur des ressorts à déplacement limité (isolateurs de vibrations du type 2) ; toutefois pour les appareils installés sur une dalle de sol qui repose sur le sol de plain-pied, des isolateurs de vibrations du type 3 peuvent être utilisés.

L'ensemble ressort + boîtier est en acier inoxydable. Pour éviter la corrosion, tout contact direct doit être évité entre le boîtier des ressorts en acier inoxydable et l'appareil. Une couche intermédiaire en caoutchouc doit être interposée entre ces deux éléments.

Les points d'appui des ressorts sont fixés à l'aide de boulons en acier inoxydable sur des socles ou poutres en béton armé, liaisonnés à la structure portante du bâtiment.

8. Machines frigorifiques à condenseur refroidi par air

Les isolateurs de vibrations répondent aux prescriptions du point 7 ci-dessus.

L'affaissement statique répond aux prescriptions pour les machines frigorifiques du tableau D5-1 ci-dessus.

ARTICLE D11. DOCUMENTS A INTRODUIRE PAR L'ENTREPRENEUR

CONTENU

ARTICLE D11. PAR. 1. CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DES APPAREILS	2
ARTICLE D11. PAR. 2. NOTES DE CALCUL.....	3
ARTICLE D11. PAR. 3. RAPPORTS D'ESSAIS	4

ARTICLE D11. PAR. 1. CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DES APPAREILS

Les fiches techniques (voir point 3.2.1.b des Clauses Administratives) des machines, appareils, unités terminales etc. doivent au moins mentionner les renseignements suivants:

- le niveau de puissance acoustique des appareils au régime de fonctionnement pour lequel ils ont été sélectionnés (notamment pour : machines frigorifiques, ventilateurs, pompes, chaudières et brûleurs, ventilo-convecteurs, boîtes de détente...)
Le niveau de puissance acoustique de ces appareils doit être déterminé selon NBN EN ISO 3744, 3745 ou 3746, et ce pour toutes les fréquences des bandes d'octave de 63 Hz à 8.000 Hz
- le niveau de puissance acoustique des accessoires des installations pour la distribution de l'air, comme les clapets coupe-feu, les bouches d'air, les batteries de réchauffe, par bandes d'octave de 63 Hz à 8.000 Hz ; et ceci à la vitesse d'air et au débit choisi
- les caractéristiques d'atténuation des silencieux et des flexibles acoustiques (de 63 Hz à 8.000 Hz), déterminées selon la norme NBN EN ISO 7235
- les caractéristiques des dispositifs anti-vibratoires pour les différents appareils
- les caractéristiques des fixations anti-vibratoires des conduits et tuyauteries aux cloisons et plafonds
- Les caractéristiques mécaniques des appareils pour lesquels des mesures anti-vibratoires sont exigées : poids, dimensions, localisation du centre de gravité, vitesse de rotation du moteur électrique, vitesse de rotation de la machine (compresseur, ventilateur ...).

ARTICLE D11. PAR. 2. NOTES DE CALCUL

L'entrepreneur doit établir les notes de calcul suivantes (voir également point 3.2.1.c des Clauses Administratives) :

- le calcul des caractéristiques des silencieux et des flexibles acoustiques (par bande de fréquence de 63 Hz à 8000 Hz) tenant compte du bruit généré par les ventilateurs, la régénération de bruit dans les conduits d'air et les unités terminales et intermédiaires, les caractéristiques des locaux (volume, absorption) et les exigences acoustiques
- le calcul des caractéristiques des isolateurs de vibrations pour les différents appareils, avec calcul des fréquences propres du système sous la sollicitation de l'appareil et à la vitesse de rotation concernée de ces appareils
- le calcul de l'émission de bruit des installations extérieures vers l'environnement extérieur. L'évaluation des niveaux de bruit s'effectue d'après la version la plus récente des réglementations des régions (Wallonie, Flandre, Région Bruxelles-Capitale), éventuellement complétées par les prescriptions du cahier spécial des charges.

Pour l'établissement des notes de calcul acoustiques l'entrepreneur utilisera les méthodes de calcul de la directive VDI 2081.

ARTICLE D11. PAR. 3. RAPPORTS D'ESSAIS

L'entrepreneur doit pouvoir prouver les caractéristiques acoustiques des appareils (cf. par. 1. ci-dessus) sur base de rapports d'essais effectués :

- soit par un laboratoire agréé indépendant
- soit par le fabricant des appareils, à condition que les essais aient été réalisés conformément à des méthodes normalisées.

Les rapports d'essais dans une langue autre que le néerlandais ou le français ou l'anglais sont obligatoirement à traduire par un laboratoire acoustique agréé et sont à interpréter d'après les normes belges.

CHAPITRE E

ESSAIS ET MISE AU POINT DES INSTALLATIONS

CONTENU

ARTICLE E1.	ESSAIS DES CHAUDIERES SUR PLACE	Edition 1990
ARTICLE E2.	ESSAI DE TEMPERATURE DANS UN IMMEUBLE CHAUFFE AUTOMATIQUEMENT	Edition 1990
ARTICLE E3.	ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE A EAU CHAUDE A BASSE TEMPERATURE	Edition 1990
ARTICLE E4.	ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE A VAPEUR A BASSE PRESSION	Edition 1990
ARTICLE E5.	ESSAIS DES INSTALLATIONS DE VENTILATION ET DE CONDITIONNEMENT D'AIR	Edition 2014
ARTICLE E6.	ESSAIS ACOUSTIQUES	Pour mémoire
ARTICLE E11.	REGLAGE ET MISE AU POINT DES INSTALLATIONS	Edition 2014

ARTICLE E1. - ESSAIS DES CHAUDIERES SUR PLACE

0. Généralités

0.1.

En principe les essais sont effectués sur chaque chaudière par les soins de l'administration.

0.2.

L'administration est libre de n'effectuer les essais que sur une ou plusieurs chaudières. Elle est également libre du choix de l'appareil essayé. Toutes les chaudières d'une même entreprise doivent être en état de subir les essais à la date fixée pour les essais.

1. Objet

Le présent texte fixe la méthode d'essai des chaudières de chauffage central après leur installation au lieu définitif de fonctionnement.

2. But des essais

Les buts des essais sur place, c.à.d. sur générateur complètement équipé et installé, raccordé à l'installation qu'il dessert et à l'ensemble carneau-cheminée, sont de :

- a. vérifier que le groupement constitué du générateur, des organes qui l'équipent et de l'ensemble carneau-cheminée a été conçu, monté et réglé pour répondre aux impositions régissant l'entreprise, notamment :
 1. répondre aux conditions de fonctionnement imposées
 2. développer au minimum la puissance garantie
 3. atteindre le rendement imposé et/ou ne pas dépasser les pertes maximales admises.
- b. servir, en cas de contestation, à vérifier que la puissance maximum des dispositifs spéciaux tels que brûleurs à combustible solide, liquide ou gazeux ou avant-foyer, etc. est au moins égale à celle pour laquelle ils ont été présentés, et ceci, pour autant que le générateur, sa chambre de combustion et l'ensemble carneau-cheminée soient conçus pour recevoir ce débit maximum;
- c. servir, en cas de contestation, à vérifier que l'ensemble carneau-cheminée est apte à évacuer les gaz de combustion produits lors du fonctionnement du générateur à sa puissance garantie.

3. Terminologie et définitions

La terminologie et les définitions relatives aux termes utilisés dans la présente norme sont celles figurant aux normes NBN 234 et NBN 411 complétées par les définitions suivantes :

1. Puissance demandée :

Puissance calorifique utile mentionnée aux demandes d'offre et documents d'adjudication.

2 Puissance garantie :

Puissance calorifique utile, égale ou supérieure à la puissance demandée, que le fabricant garantit comme pouvant être obtenue dans les conditions normales d'exploitation. Elle figure sur la plaque signalétique.

En général, la puissance garantie est égale à la puissance nominale d'après la norme NBN 234.

4. Dispostions générales

4.0. Principe de la méthode

Le générateur étant :

1. raccordé à l'ensemble carneau-cheminée définitif
2. raccordé à l'installation qu'il desservira définitivement
3. complètement installé et équipé de ses accessoires et dispositifs de sécurité et autres
4. réglé préalablement par les soins de l'installateur
5. mise à feu

Il est procédé à l'essai de marche en régime continu, la chaudière fonctionnant a voisinage de 100 % de la puissance garantie (voir le tableau de l'art. C1. par. 2. du présent cahier des charges, colonne "limites de validité de l'essai") .

4.1. Technique de l'essai

4.1.1. Combustible

Le combustible utilisé pour l'essai est celui choisi pour la marche normale de l'installation.

Combustible solide (houille) :

Les caractéristiques du combustible sont spécifiées dans le cahier spécial des charges; les méthodes de détermination de ces caractéristiques font l'objet du point 5. ci-après.

Combustible liquide :

conforme à NBN 52-501

Combustible gazeux :

- gaz de pétrole liquéfié : conforme à NBN 52-500
- gaz naturel : gaz fourni par la compagnie distributrice

4.1.2. Réglage et dispositions spéciales pour l'essai

4.1.2.1. Réglage de la combustion

Ce réglage est à charge de l'entrepreneur et doit être effectué avant que la demande de réception ou d'essai soit introduite.

4.1.2.2. Dispositions spéciales à prendre par l'entrepreneur avant l'essai

4.1.2.2.1.

L'entrepreneur procède à un nettoyage soigné du générateur, du carneau et de la cheminée et ce, avant la date fixée pour l'essai.

Lorsque le but de l'essai est de vérifier les conditions de fonctionnement du générateur, celui-ci est remis en marche normale dès que le nettoyage est terminé. Celui-ci est effectué à une période telle que pendant la période comprise entre le moment de la remise en marche succédant au nettoyage, et le début de l'essai, la quantité de combustible brûlée par le générateur soit :

$$q = \frac{P \times 24}{P_{ci} \times \rho} + 10 \%$$

dans laquelle :

q = quantité de combustible brûlé, en kg pour les combustibles solides et liquides, en m3 pour les combustibles gazeux

P = puissance garantie de la chaudière, en kW

P_{ci} = pouvoir calorifique inférieur, en J/kg ou en J/m3

= rendement estimé

Les valeurs de P_{ci} et ρ peuvent être prises comme suit :

a. P_{ci} :

- charbon	31.350 J/kg
- combustible liquide	41.800 J/kg
- combustible gazeux - gaz naturel de Slochteren	31.770 J/m ³
- butane et propane	46.000 J/kg

Dans le cas de charbon de qualité médiocre $P_{ci} = 29.200$ J/kg

b) ρ :

- chaudière à tirage naturel (charbon)	0,65
- chaudière automatique (charbon)	0,75
- chaudière consommant du mazout	0,70
- chaudière consommant du gaz	0,75

Lorsque le but de l'essai réside en la vérification du rendement et/ou des pertes du générateur, de la puissance maximale du générateur ou des dispositifs dont il est doté ou des aptitudes des carreaux et cheminée, le générateur n'est pas remis en service avant l'essai.

Le nettoyage dont question est effectué uniquement au moyen des outils et ustensiles habituellement utilisés et faisant partie de la fourniture.

4.1.2.2.2.

L'entrepreneur ferme soigneusement, au moyen d'un procédé adéquat, toutes les ouvertures accidentelles dans le circuit des gaz depuis la boîte à fumée jusqu'à l'aval des sondes.

De plus, si le stabilisateur de tirage est incorporé à la chaudière, sa fonction est annulée pour la durée de l'essai et la stabilisation de tirage est assurée en aval de la dernière prise pour essais.

4.1.3. Dispositions à prendre pendant la période qui précède immédiatement l'essai

Après l'installation du matériel de mesure et de contrôle il est procédé :

1. à l'allumage ou au nettoyage soigné du feu (décrassage, dépoussiérage) et à la mise en régime; pour la détermination de la quantité de combustible consommé durant l'essai, il est tenu compte de la quantité utilisée pour la mise en régime

2. au réglage de l'installation de chauffage, de façon à ce que le générateur fonctionne sans arrêt durant tout l'essai proprement dit à la puissance pour laquelle il a été réglé, et que les températures (ou les pressions) de départ et de retour du fluide chauffé soient maintenues aussi près que possible des valeurs pour lesquelles l'installation a été calculée; pour la température (ou la pression) de départ la tolérance est de 5 % en plus ou en moins

A cet effet, une ou plusieurs des dispositions suivantes sont adoptées :

- a. robinets motorisés en position ouverte
- b. augmentation des déperditions par ouverture des fenêtres
- c. mise en fonctionnement d'appareils consommant de l'énergie calorifique provenant du générateur
- d. échappement libre vers l'extérieur du surplus de vapeur, avec une alimentation correspondante
- e. mise en service, en position automatique, d'un ou plusieurs autres générateurs éventuellement existants
- f. fermeture totale ou partielle des robinets des générateurs existants autres que celui soumis à l'essai

Si, malgré l'utilisation de ces artifices, la chaleur produite ne peut être utilisée en restant entre les limites prescrites, l'essai est reporté à un moment plus favorable.

Par contre, si la puissance utile développée par le générateur installé et essayé est inférieure au minimum d'utilisation possible durant l'essai, celui-ci est effectué tel quel.

4.1.4. Dispositions durant l'essai

1. Pendant l'essai, aucun réglage ne peut être modifié.
2. La distribution du fluide chauffé est modifiée au fur et à mesure des nécessités, de façon à maintenir la température ou la pression du fluide chauffé au départ du générateur essayé, entre les limites prescrites sous 4.1.3. ci-avant.
3. Immédiatement avant et après l'essai, il est procédé à la mesure de la quantité de combustible en réserve. Tout combustible ajouté en cours d'essai est soigneusement mesuré.

4.1.5. Mesures à effectuer

Suivant les buts poursuivis et la nature du combustible utilisé, l'essai comporte les mesures utiles, parmi les suivantes.

- a. au début et à la fin de l'essai : repérage soigneux du niveau du combustible ramené à un repère aisé; tout combustible ajouté durant l'essai est soigneusement mesuré
- b. estimation de l'état du foyer (combustible solide)
- c. analyse des gaz de fumée en vue de la détermination de la teneur en (CO₂ + SO₂) et CO
- d. mesure de l'indice d'opacité des fumées ramené à l'échelle Bacharach
- e. mesure de la température des gaz de fumée à la sortie du générateur
- f. mesure de la température ambiante (air de combustion)
- g. relevé de la dépression existant à la sortie du générateur
- h. relevé de la dépression existant dans le foyer
- i. relevé de la température ou de la pression du fluide chauffé au départ du générateur
- j. relevé de la température du fluide chauffé à l'entrée du générateur
- k. température et pression du combustible (cas du combustible liquide ou gazeux)
- l. même mesure que k), après décrassage et réalimentation du feu; la réalimentation du feu est telle que le niveau du combustible dans le foyer est le même qu'au début de l'essai
- m. détermination de la quantité de combustible consommé durant l'essai

Les mesures et relevés sont effectués à la fréquence de minimum une toutes les 15 minutes, sauf pour les points a., b. et l. qui ont lieu au début et à la fin de l'essai.

En plus des mesures dont question ci-dessus faites sur place, les analyses et les déterminations suivantes sont effectuées au laboratoire :

1. mesure de l'humidité du combustible
2. mesure de la teneur en matières volatiles
3. mesure de la teneur en cendres

4. mesure de la teneur en imbrûlés dans les cendres et mâchefer
5. détermination du pouvoir calorifique supérieur et inférieur du combustible

Ces mesures, de même que les prises d'échantillons, sont effectuées suivant ABS 56.

Eventuellement, il est procédé à l'analyse élémentaire du combustible et notamment :

- détermination de la teneur en C
- détermination de la teneur en S
- détermination de la teneur en H₂

L'entrepreneur fournit les récipients à fermeture hermétique nécessaire.S.

4.1.6. Durée de l'essai

La durée de l'essai est comptée à partir du moment où le générateur est considéré comme en régime.

Pour les appareils dont la qualité de la combustion et l'allure sont fortement influencées par l'encrassement du foyer, la durée d'un essai est de minimum 6 heures (charbons, cokes et en général tous les combustibles solides).

Pour les autres générateurs, la durée de l'essai est de minimum 1h30 si les mesures sont effectuées tous les ¼ d'heure, ou ½ heure si les mesures sont effectuées toutes les 5 minutes.

4.2. Matériel

4.2.1. Analyse de gaz de fumée

4.2.1.1. Sonde

La sonde est constituée d'un tube en acier DN 10, fermé à un bout, munie sur une longueur de 7,5 cm de 6 trous de 2,5 mm de diamètre, espacés de 15 mm (mesure d'axe en axe); les trous se trouvent tous sur une même génératrice.

La sonde est placée dans la tubulure DN 12 (prévue à l'art. C3. par. 1.) la plus éloignée du générateur. Elle est introduite dans le conduit d'évacuation des gaz de combustion de façon que :

1. les trous soient orientés vers le générateur
2. le milieu de la partie trouée soit au centre de la veine gazeuse

L'extrémité ouverte de la sonde est munie d'un embout permettant la fixation du tube de raccordement.

4.2.1.2. Tube de raccordement

Le tube de raccordement est constitué d'un tuyau en caoutchouc souple de faible diamètre.

4.2.1.3. Appareil d'Orsat

L'appareil d'analyse est constitué par un appareil d'Orsat à minimum 3 laboratoires à burette de mesure graduée en 1/5 de cm³, à lecture directe au volume de gaz absorbé en % .

4.2.2. Mesure de la température de gaz de fumée

4.2.2.1. Par thermomètre

Il est fait usage d'un thermomètre en verre de 500° C, à graduation 2° C gravée sur la tige.

Le bulbe est placé au milieu de la veine de gaz.

4.2.2.2. Par thermocouple

Il est fait usage d'une canne pyrométrique à soudure chaude dégagée, placée au milieu de la veine gazeuse.

Indicateur

Il est fait usage d'un indicateur approprié gradué au moins de 10° C en 10° C avec, autant que faire se peut, un dispositif de compensation automatique de la température de la soudure froide.

A défaut de compensation automatique, chaque mesure sera corrigée en fonction de l'indication d'un thermomètre à mercure gradué en °C.

Raccordement

Les bornes de la canne pyrométrique sont raccordées à l'indicateur au moyen d'un câble de compensation reportant la soudure froide de la tête de la canne vers l'indicateur.

4.2.3. Dépression

Il est fait usage d'un déprimomètre à tube incliné muni d'un niveau d'eau afin d'assurer l'horizontalité de l'appareil.

Le déprimomètre est raccordé, au moyen d'un tube en caoutchouc souple, à une sonde métallique plongeant dans la veine gazeuse, perpendiculairement au flux gazeux.

4.2.4. Indice de fumée

Il est fait usage pour cette mesure d'un appareil indicateur de production de fumée "Bacharach". Le principe de la méthode consiste à forcer une quantité déterminée de gaz à travers un papier filtre spécial et à comparer la tache obtenue sur ce papier à l'une des dix taches de référence de l'échelle "Bacharach", fournie avec l'instrument. Cet instrument consiste en une pompe aspirante comportant à l'entrée un logement dans lequel le papier filtre standard peut être solidement assujéti.

La pompe se termine par un tuyau d'aspiration en caoutchouc, protégé par un fil d'acier et d'un embout en métal.

La méthode consiste à munir la pompe d'un papier filtre standard vierge, à raccorder son tuyau à la prise de gaz échantillon de la cheminée. En dix coups de pompes, tirés à fond, on fait passer au travers du papier filtre un volume de gaz correspondant à $5.700 \text{ cm}^3 \pm 5 \%$ par cm^2 de papier filtre.

Le papier filtre est alors retiré de la pompe.

La tache formée sur le papier filtre est identifiée à l'une des dix taches de l'échelle Bacharach.

Le numéro de l'échelle identifiant le mieux la tache obtenue définit l'indice de suie de l'échantillon de fumée prélevé.

La détermination de l'indice de suie se fait au moins toutes les 30 minutes.

5. Méthodes d'échantillonnages, d'essais et d'analyses des combustibles solides

5.1. Echantillonnage

Sauf spécification contraire, le prélèvement des échantillons est effectué conformément à la norme belge NBN 831-06.

5.2. Essai n° 1 - Détermination de l'humidité totale

NBN 831-04

5.3. Essai n° 2 - Détermination du taux de cendres

NBN 831-03

5.4. Essai n° 3 - Détermination du taux de matières volatiles

NBN 831-01

5.5. Essai n° 4 - Détermination de l'indice de gonflement au creuset

NBN M 02-009

5.6. Essai n° 5 - Détermination de la teneur en soufre volatil

La teneur en soufre volatil est obtenue en retranchant de la teneur en soufre total, déterminée selon NBN 831-07, le soufre fixe des cendres, rapporté au charbon.

5.7. Essai n° 6 - Détermination de la fusibilité des cendres

NBN M 02-008

5.8. Essai n° 7 - Criblage de vérification de la composition granulométrique

Cet essai est effectué sur un échantillon spécial dont le poids et le mode de prélèvement répondent aux conditions fixées par la norme NBN 831-06 pour l'échantillon global.

L'humidité superficielle éventuelle est éliminée préalablement par étalage à l'air ou évaporation en étuve à air à une température ne dépassant pas 40° C.

Les tamis employés sont :

- a. des toiles métallique à mailles carrées de 1 et 2 mm
- b. des passoirs en tôle à trous circulaires de 5, 10, 12, 18, 20, 30, 35, 50 et 120 mm

Une tolérance de plus 5 % est admise sur les dimensions nominales des ouvertures indiquées ci-dessus.

L'échantillon est criblé, avec ménagement, en utilisant successivement les tamis dans l'ordre décroissant des dimensions de leurs ouvertures et chaque fois pendant le temps nécessaire pour qu'à l'aspect tout grain plus petit que l'ouverture soit passé au travers de celle-ci.

Le charbon à traiter est réparti régulièrement sur le crible disposé aussi horizontalement que possible, de façon telle que l'épaisseur de la couche corresponde à peu près à la dimension des plus gros grains.

Pour satisfaire à cette condition, l'échantillon est éventuellement traité par fractions successives.

Afin d'éviter les pertes de matières, le criblage s'effectue au-dessus d'une aire à surface lisse et d'étendue suffisante.

Pendant cette opération, le tamis est maintenu au-dessus de cette surface à une hauteur maximum de 15 cm.

La différence entre le poids total de l'échantillon traité et la somme des poids des fractions granulométriques obtenues ne peut être supérieure à 2 % du poids du premier chiffre. Elle est ajoutée au poids de la fraction granulométrique du plus petit calibre.

5.9. Essai n° 8 - Détermination de l'indice de cohésion des briquettes

L'opération s'effectue au moyen d'un tambour en tôle d'acier d'un mètre de longueur et de 90 cm de diamètre, à axe géométrique horizontal et tournant autour de cet axe. Intérieurement, ce tambour ne renferme que trois cloisons diamétrales équidistantes fixées sur son pourtour, dont la saillie est de 20 cm. Un panneau coulissant permet d'introduire la matière à essayer dans le tambour.

L'échantillon est constitué par 50 kilogrammes de morceaux de briquettes, de forme cubique, d'un poids unitaire de 500 grammes environ. Ces morceaux sont découpés à la scie dans des briquettes entières prélevées au hasard dans le lot examiné.

On fait tourner le tambour pendant deux minutes à la vitesse de 25 tours par minute, puis on extrait l'échantillon que l'on crible sur une grille à barreaux ronds de 40 millimètres d'ouverture.

L'indice de cohésion s'exprime par le rapport en % du poids du refus au poids total de l'échantillon.

5.10. Essai n° 9 - Détermination de la résistance des boulets à l'écrasement

L'opération s'effectue au moyen de l'appareil à écrasement Meurice décrit au chapitre II - par. 24 de "Analyse des matières minérales" par Albert et Charles MEURICE - quatrième édition 1954.

La résistance à l'écrasement est exprimée en kilogrammes.

Elle est déterminée sur 100 boulets choisis au hasard dans le lot examiné.

La résistance représentative du lot est la moyenne arithmétique des 100 résultats trouvés.

5.11. Essai n° 10 - Essai de ramollissement pour les agglomérés

L'opération s'effectue dans une étuve à air pourvue d'un thermomètre dont le réservoir se trouve placé à proximité de l'échantillon.

L'échantillon est constitué :

- a. pour les essais de briquettes, par un tas cubique de huit morceaux de briquettes soigneusement rangés ; ceux-ci pèsent 500 grammes environ, sont de forme cubique et sont obtenus par découpage à la scie dans des briquettes entières prélevées au hasard dans le lot examiné.
- b. pour les essais de boulets, par quatre kilogrammes de boulets placés dans un récipient de capacité correspondante et de forme cubique.

L'échantillon est introduit dans l'étuve à la température ambiante. La température est ensuite portée à 50° C et maintenue pendant 6 heures.

ARTICLE E2 - ESSAI DE TEMPERATURE DANS UN IMMEUBLE CHAUFFE AUTOMATI-
QUEMENT

Les températures mesurées sont les températures résultantes sèches. Il est fait usage du thermomètre résultant cylindrique de MISSENARD, dont l'axe est placé verticalement.

Les essais ont lieu à une époque déterminée de la période s'étendant de la première réception provisoire à la réception définitive. S'il s'agit d'un bâtiment nouveau, l'auteur du projet a le droit d'exiger que ces essais aient lieu durant le deuxième hiver après la mise en service normal de l'installation.

Les essais ont lieu à une date fixée par l'administration, en accord avec l'entrepreneur.

Lors des essais, tous les locaux sont clos, normalement secs, meublés et occupés suivant leur destination.

Tous les locaux sont accessibles à l'installateur et à son personnel, depuis le commencement de la mise en régime normal du générateur jusqu'à la fin des constatations.

L'installation doit avoir fonctionné durant au minimum six jours consécutifs, suivant les conditions de fonctionnement définies par le cahier spécial des charges, et de manière à maintenir les températures garanties durant les heures d'occupation effective indiquées à ce cahier spécial.

Les locaux des bâtiments contigus sont supposés être dans l'état adopté comme base lors de l'établissement des calculs. Cette situation est définie au cahier spécial des charges ou aux plans. S'il s'est produit entretemps un changement dans cette situation, il en est tenu compte pour les résultats à obtenir lors des essais.

Les températures intérieures des locaux sont mesurées contradictoirement à 1,50 m du sol. Les températures imposées doivent régner dans toute l'étendue du local à 2 m au moins des parois, pour autant que la plus petite dimension du local soit supérieure à 4 m. Si cette dernière condition n'est pas réalisée, les températures sont mesurées sur l'étendue de la médiane la plus longue.

En ce qui concerne les dispositifs de ventilation naturelle, les dispositions suivantes sont prises.

a. Lorsque l'étude complète de l'installation est faite par l'admi-
nistration

Si l'auteur du projet n'a pas tenu compte, dans les calculs de déperditions, d'un certain nombre de renouvellements d'air par heure, renouvellements dus à des dispositifs de ventilation naturelle, tous les dispositifs existant éventuellement sont fermés lors des essais.

Si l'auteur du projet a tenu compte d'un certain nombre de renouvellements d'air, les dispositifs de ventilation ne sont ouverts que s'il est possible de les régler de façon à donner un nombre de renouvellements d'air approchant le plus possible de celui imposé pour les calculs.

b) Lorsque l'étude est dressée par l'entrepreneur lui-même

Si le cahier spécial des charges n'impose pas de tenir compte dans les calculs de déperditions d'un certain nombre de renouvellements d'air par heure, renouvellements dus à des dispositions de ventilation naturelle, tous les dispositifs existant éventuellement sont fermés lors des essais.

Si le cahier spécial des charges impose un certain nombre de renouvellements d'air, les dispositifs de ventilation sont munis d'organes mobiles permettant de réaliser effectivement ce réglage.

Les essais n'ont pas lieu lorsque la vitesse maximum du vent au lieu et au jour des essais est supérieure à 5 m/sec. Les installations de chauffage munies de dispositifs de régulation automatique sont essayées après les avoir soustraites à l'influence de ces dispositifs.

L'entrepreneur fournit la main-d'oeuvre nécessaire pour les essais.

Les essais sont effectués de la façon suivante :

a) La température du fluide chauffant est réglable en fonction de la température extérieure (par exemple eau chaude, vapeur sous vide)

Les essais n'ont pas lieu lorsque la température extérieure minimale est supérieure à +2° C ou inférieure à la température fixée pour l'établissement des calculs.

La température extérieure est relevée au moyen d'un thermomètre enregistreur, contrôlé par un thermomètre étalon. Ce thermomètre enregistreur est placé sur la toiture du bâtiment, autant que possible du côté Nord et sous abri. Eventuellement ce thermomètre enregistreur est remplacé par un thermomètre à maxima et minima contrôlé par un thermomètre étalon. Quand c'est possible, on place plusieurs thermomètres enregistreurs suivant différentes orientations et à différentes hauteurs (au minimum à 1,50 m du sol). Les thermomètres enregistreurs placés autre part que sur le toit se trouvent à 2 m au moins des parois extérieures du bâtiment, et, si possible, sous abri. Dans ce cas, la température extérieure est la moyenne des indications des divers enregistreurs.

En outre, les températures relevées sur place sont contrôlées le plus rapidement possible par les données du poste météorologique officiel le plus proche.

Si l'écart entre les deux valeurs est supérieur à 2° C, les résultats de l'essai peuvent être refusés par une des deux parties, si celle-ci s'estime lésée.

Les essais ont une durée de cinq jours consécutifs. Cependant, en cas d'accord des deux parties et à la suite des résultats favorables du premier jour, la durée totale des essais peut être réduite, avec minimum de un jour. La moyenne des mesures journalières à la fin de la période de réchauffage constitue le résultat de l'essai.

Le jour de l'essai, à l'heure prévue pour le début du réchauffage, on porte la température T_g du fluide chauffant à la valeur T_{ge} correspondant à la température extérieure T_e et à la température intérieure imposée T_c .

Cette valeur T_{ge} se lit au tableau ci-dessous correspondant aux conditions du contrat (température extérieure minimale, température intérieure T_c , type d'installation). Pendant toute la durée de chaque jour d'essai, on maintient une température T_{ge} constante.

La durée du réchauffage est comptée à partir du moment où le générateur est mis en service normal (c.à.d., par exemple, dans le cas d'une chaudière, le moment où le feu est activé après la période nocturne de marche à feu couvert, et, dans le cas d'un échangeur de chaleur, le moment où la vanne d'arrivée du circuit primaire est ouverte). Cette durée de réchauffage doit être au plus égale à celle imposée par le cahier spécial des charges, ou indiquée par l'auteur du projet.

Les températures intérieures sont relevées à la fin de la durée de réchauffage, c.à.d. au début de la période d'occupation effective des locaux.

La température extérieure T_e qui détermine la température du fluide chauffant T_{ge} est définie par la formule :

$$T_e = \frac{T_{er} + T_{e \text{ min}}}{2}$$

où T_{er} = la température extérieure au début du réchauffage

$T_{e \text{ min}}$ = la température extérieure minimale des 24 heures précédant l'essai

Les essais de température se font suivant les tableaux ci-après, donnant la température T_g du fluide chauffant au départ, en fonction de la température extérieure T_e et de la température intérieure imposée T_c .

Remarques :

Les tableaux suivant ont été établis pour une température au départ maximale de 90°C (température atteinte lorsque la température extérieure est égale à la température extérieure minimale prévue aux conditions du contrat), et une différence maximale de température entre départ et retour égale à 20°C .

Ces tableaux ne sont applicables en toute rigueur que lorsque les pertes de chaleur par les tuyauteries sont négligeables. Lorsque ces pertes sont importantes, il y a lieu de majorer la température au départ de la chute de température entre la chaufferie et le radiateur le plus éloigné.

Tel est la température extérieure minimale servant de base aux calculs de déperditions.

Tableau E2.-1. $T_{e1} = -10^{\circ} \text{C}$

Tc	22° C		20° C		18° C		16° C		14° C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Te	Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C	
-10° C	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
- 8° C	87	87	86,5	86,5	86	86	86	86	85	84,5
- 6° C	84	83	83,5	82,5	83	82	81	81	80	79
- 4° C	80	79,5	80	79	79	78	77,5	76,5	74	73
- 2° C	77	76	76	75	75	74	73	72	68,5	67
0° C	74	73	72,5	71	70	69	68,5	67	63	61
+ 2° C	70	69	69	67	66	64	64	61,5	56,5	54
+ 4° C	67	65	65	63	62	60	59	56,5	50	47,5

- (1) Circulation par gravité
(2) Circulation par pompes

Tableau E2.-2. $T_{el} = -12^{\circ} C$

Tc	20° C		18° C		16° C		12 °C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Te	Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C	
-12° C	90	90	90	90	90	90	90	90
-10° C	87	87	86,5	86	86,5	86	85,5	85
- 8° C	83,5	83	83	82	82,5	82	81	80
- 6° C	80,5	80	79	78,5	78,5	77,5	76	75
- 4° C	77	76	76	74,5	74,5	73	70	68
- 2° C	73,5	72,5	72	70,5	70	68,5	65,5	63,5
0° C	70	68,5	68	66,5	66	64	60	57,5
+ 2° C	66	64,5	64	62	61,5	59	54	51
+ 4° C	63	61	60	58	57	54,5	48	45

- (1) Circulation par gravité
(2) Circulation par pompes

Tableau E2.-3. $T_{e1} = -14^{\circ} \text{C}$

Tc	20° C		18° C		16° C		12° C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Te	Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C	
-14° C	90	90	90	90	90	90	90	90
-12° C	87	87	87	86,5	86	86	85,5	85
-10° C	84	83,5	83,5	83	83	82	81,5	81
- 8° C	81	80	80,5	80	79	78	77	76
- 6° C	78	77	76,5	75	75,5	74	72	71
- 4° C	74,5	73	73	71,5	71,5	70	67,5	65,5
- 2° C	71,5	70	70	68	67,5	66	62,5	60
0° C	68	66	65,5	64	63,5	61,5	57	55
+ 2° C	64,5	62,5	62	60	59	57	41,5	49
+ 4° C	61	59	58	56	54,5	52	46	43

- (1) Circulation par gravité
(2) Circulation par pompes

Tableau E2.-4. $T_{el} = -15^{\circ}\text{C}$

Tc	20° C		18° C		16° C		12° C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Te	Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C	
-15° C	90	90	90	90	90	90	90	90
-14° C	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88	88	87,5
-12° C	85,5	85	85,5	85	85	84,5	83,5	83
-10° C	82,5	82	81,5	80,5	81,5	80,5	79,5	78,5
- 8° C	79,5	78,5	79	78	77,5	76,5	75	73,5
- 6° C	76,5	75,5	75,5	74	75	72,5	70,5	69
- 4° C	73,5	72	72	70,5	70	68,5	66	64
- 2° C	70	68,5	68,5	67	66,5	64,5	61	58,5
0° C	67	63,5	65	63	62,5	60	56	53,5
+ 2° C	63,5	62	61	59	58	56	50,5	48
+ 4° C	60	58	57	55	53,5	51,5	45	42

- (1) Circulation par gravité
(2) Circulation par pompes

Tableau E2.-5. $T_{el} = -16^{\circ}\text{C}$

Tc	20° C		18° C		16° C		12° C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Te	Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C		Tge en °C	
-16° C	90	90	90	90	90	90	90	90
-14° C	87	87	87	86,5	87	86,5	86	85,5
-12° C	84,5	84	84	83	83	82,5	82	81
-10° C	81,5	81	80,5	79,5	79,5	79	77,5	76,5
- 8° C	78,5	77	77,5	76,5	76	75	73,5	72
- 6° C	75,5	74	74	73	73	71	69	67
- 4° C	72,5	71	71	69	69	67,5	64,5	62,5
- 2° C	69,5	67,5	67,5	65,5	65	63	59,5	57,5
0° C	66	64	64	62	61	59	55	53,5
+ 2° C	62,5	60	60	58	57,5	55	49,5	47
+ 4° C	59,5	57	56,5	54	53	50	44	41,5

- (1) Circulation par gravité
(2) Circulation par pompes

- b) Il est possible de régler de façon précise la température du fluide chauffant en fonction de la température extérieure
(par exemple : vapeur B.P.)

Les essais ont lieu suivant la méthode dite "du quart de degré".

Les essais n'ont pas lieu lorsque la température extérieure minimale est supérieure de plus de 10° C à celle prise comme base de calculs.

Les essais ont une durée de un jour.

A partir du début de la période de réchauffage, le fluide chauffant est maintenu à la température ou à la pression maximale prévue au contrat.

Les températures sont relevées à la fin de la période de réchauffage, c.à.d. au début de la période d'occupation effective (la durée de la période de réchauffage est celle indiquée au cahier spécial des charges ou par l'auteur du projet).

Ces températures sont celles imposées, augmentées d'autant de fois un quart de degré qu'il y a de degrés d'écart entre la température extérieure du jour de l'essai et la température extérieure minimale prise comme base des calculs. La durée du réchauffage est comptée à partir du moment où le générateur est mis en service normal (c.à.d., par exemple, dans le cas d'une chaudière, le moment où le feu est activé après la période nocturne de marche à feux couverts, et, dans le cas d'un échangeur de chaleur, le moment où la vanne d'arrivée du circuit pri-maire est ouverte).

La température extérieure servant de base aux essais est la température extérieure minimale du jour des essais.

Par "un jour des essais" il faut entendre l'espace de temps s'étendant entre 0 et 24 heures. Cette température extérieure minimale est la température sous abri, donnée par le poste météorologique officiel le plus proche du lieu où les essais sont faits. Exceptionnellement, dans les régions accidentées de l'Est de la Sambre et de la Meuse, où le régime des températures peut être notablement différent du poste météorologique officiel le plus proche, le minimum de température extérieure du jour des essais est éventuellement déterminé au moyen de thermomètres enregistreurs ou à maxima et minima, disposés comme indiqué sous a) ci-avant.

ARTICLE E3. - ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS
CHAUFFAGE A EAU CHAUDE A BASSE TEMPERATURE

L'entrepreneur fournit à ses frais la main-d'oeuvre nécessaire pour les différents essais, ainsi que les instruments de contrôle pour la vérification de l'installation dans les limites de ses obligations.

1. Essais d'étanchéité et premier essai de circulation

L'installation de chauffage est soumise à une pression hydraulique P pendant une durée minimale de deux heures, sans qu'aucune fuite ou défaut quelconque de résistance puisse se manifester.

La pression P est égale à 1,5 fois la pression maximale en service, avec un maximum de six bars.

La pression est appliquée de façon statique. Dans le cas d'emploi d'une pompe à main, toutes les précautions sont prises afin d'éviter la production de coups de bélier, notamment, par le placement, sur la tuyauterie de refoulement de ladite pompe, d'une bouteille d'air destinée à amortir les vibrations.

Cette pression d'épreuve est relevée par un manomètre branché au point le plus bas des tuyauteries de l'installation, le vase d'expansion étant déconnecté et toutes les tuyauteries d'air parfaitement bouchonnées.

L'essai d'étanchéité est immédiatement suivi d'un premier essai général de circulation à la température de départ maximale admise pour les calculs.

Cet essai est effectué alors que toutes les parties de l'installation sont encore accessibles, et est destiné à permettre de s'assurer que l'eau circule normalement dans les tuyauteries et radiateurs, et qu'il n'y a aucune obstruction dans les différentes parties de l'installation.

Cet essai est effectué en régie, à moins qu'une somme forfaitaire soit prévue au métré ; l'entrepreneur fournit la main-d'oeuvre nécessaire à la conduite de l'installation; l'administration lui fournit l'eau sous pression, le combustible et l'énergie électrique.

Si des circonstances indépendantes de la volonté de l'entrepreneur, et notamment l'avancement des travaux de gros-oeuvre et de parachèvement du bâtiment, empêchent de procéder à cet essai sous peine de retarder l'avancement des travaux des autres corps de métier, ou si l'absence de fermetures effectives (portes, fenêtres, etc.) empêche d'effectuer cet essai dans de bonnes conditions, il y est renoncé sur décision du fonctionnaire dirigeant.

Si cet essai ne donne pas satisfaction, en d'autres termes, si des obstructions ou autres défauts imputables à l'entrepreneur (c.à.d. provenant d'une réalisation défectueuse) sont constatés, les frais de cet essai sont à charge de l'entrepreneur.

2. Mise en marche de l'installation et deuxième essai de circulation

A une époque désignée par le fonctionnaire dirigeant, il est procédé à la mise en route de l'installation, et à sa reprise par le personnel chauffeur désigné par l'administration.

Durant une période dont la durée est indiquée au cahier spécial des charges, ou qui, sauf indication contraire, est de deux jours, l'entrepreneur fait conduire l'exploitation de l'installation par le chef monteur qui a dirigé les travaux de montage, ou par un monteur qualifié, agréé par le fonctionnaire dirigeant.

Durant cette période, le personnel de l'administration est initié au maniement des divers appareils et outils, ainsi qu'à la conduite rationnelle de la chauffe.

L'entrepreneur (et son personnel) dirige la conduite de l'installation sous son entière responsabilité, le personnel de l'administration exécutant uniquement ses directives.

Durant la période de mise en marche, il est effectué un deuxième essai de circulation à deux températures de départ aux chaudières (à la température maximale et à une température égale aux 60 % de ce maximum) afin de s'assurer que la répartition de l'eau chaude entre les divers radiateurs et l'équilibre général de l'installation sont obtenus. Cet essai est précédé du réglage général de l'installation, qui comporte notamment le réglage des robinets à double réglage ; ce réglage général est effectué par les soins de l'entrepreneur, suivant les indications de l'auteur du projet.

Les températures des corps de chauffe sont relevées au moyen de thermomètres mobiles (du type thermomètre à contact pour tuyaux), placés aux divers endroits convenables pour vérifier si les résultats prévus par les calculs sont bien obtenus.

ARTICLE E4. - ESSAIS D'ETANCHEITE ET DE CIRCULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE A VAPEUR A BASSE PRESSION

Avant de commencer les essais de circulation, l'entrepreneur dégraisse, à ses frais, les chaudières; le produit utilisé à cet effet est soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant et n'attaque pas les métaux ou les maçonneries.

1. Essais d'étanchéité et premier essai de circulation

L'installation est d'abord soumise à une pression d'air effective de un bar, pendant une durée minimum de six heures, sans qu'aucune fuite ou défaut quelconque puisse se manifester.

Tous les tuyaux d'évent, y compris ceux munis de purgeurs d'air automatiques, sont soigneusement bouchonnés.

Afin de pouvoir facilement déceler les fuites, il est introduit une quantité suffisante d'ammoniaque dans l'air servant à l'essai de pression.

La pression d'air est relevée à l'aide d'un manomètre suffisamment précis pour pouvoir y lire facilement une diminution de pression de 0,1 bar.

Toutefois, en ce qui concerne les installations à vapeur non munies d'appareils spéciaux pouvant être dérégés par l'application d'une pression hydraulique (tels que purgeurs thermostatiques) et dont la hauteur totale ne dépasse pas 60 mètres, l'essai de pression à l'air est remplacé par un essai à l'eau, la pression au point le plus bas de l'installation étant maintenue pendant une durée minimum de deux heures à une pression égale à 1,5 fois la hauteur totale de l'installation, avec maximum de 6 bars, sans qu'aucune fuite ou défaut quelconque puisse se manifester. Cette pression est relevée à l'aide d'un manomètre suffisamment précis pour pouvoir y lire facilement une diminution de pression de 0,2 bar. Tous les tuyaux d'évent, y compris ceux munis de purgeurs d'air, sont soigneusement bouchonnés pendant la durée de l'essai.

Après cet essai de pression à l'air ou à l'eau, et réappropriation de tous les tuyaux d'évent, l'installation est mise en marche, à la pression de marche maximum, pendant une heure, sans qu'aucune fuite de vapeur ou d'eau puisse se manifester.

Durant cet essai, la pression est maintenue pendant un temps suffisant au-dessus de la pression maximum de marche, de façon à permettre de s'assurer du bon fonctionnement des appareils de sécurité (tuyaux d'équilibre ou soupape).

Les tuyauteries en caniveaux, en gaines, en général, en toutes parties inaccessibles, y compris leurs raccordements soudés, sont essayés indépendamment du reste de l'installation, à une pression hydraulique de 3 bars, leurs extrémités étant soigneusement bouchonnées. Cet essai n'est pas d'application pour les tuyaux sans soudure longitudinale ni transversale.

En outre, le fonctionnaire dirigeant a le droit d'essayer séparément et avant raccordement de ces appareils, une ou plusieurs des chaudières et surfaces de chauffe, à la pression hydraulique de 6 bars.

L'essai d'étanchéité est immédiatement suivi d'un essai général de circulation à la pression maximale admise dans les calculs.

Cet essai est effectué alors que toutes les parties de l'installation sont encore accessibles, et est destiné à permettre de s'assurer que la vapeur circule normalement dans les tuyauteries et radiateurs, et qu'il n'existe aucune obstruction dans les différentes parties de l'installation.

Cet essai est effectué en régie, à moins qu'une somme forfaitaire soit prévue au métré; l'entrepreneur fournit la main-d'oeuvre nécessaire à la conduite de l'installation; l'administration fournit l'eau sous la pression nécessaire, le combustible et l'énergie électrique.

Si cet essai ne donne pas satisfaction, en d'autres termes, si des obstructions ou d'autres défauts imputables à l'entrepreneur c.à.d. provenant d'une réalisation défectueuse) sont constatés, les frais de cet essai sont à charge de l'entrepreneur.

Si des circonstances indépendantes de la volonté de l'entrepreneur, et notamment l'avancement des travaux de gros-oeuvre et de parachèvement du bâtiment, empêchant de procéder à l'essai général de circulation sous peine de retarder l'avancement des travaux des autres corps de métier, ou si l'absence de fermetures définitives (portes, fenêtre, etc.) empêche d'effectuer cet essai dans de bonnes conditions, il y est renoncé sur décision du fonctionnaire dirigeant.

2. Mise en marche de l'installation et deuxième essai de circulation

A une époque désignée par le fonctionnaire dirigeant, il est procédé à la mise en route de l'installation et à sa reprise par le personnel chauffeur désigné par l'administration.

Durant deux jours, l'entrepreneur fait conduire l'exploitation de l'installation par le chef monteur qui a conduit les travaux de montage, ou par un monteur qualifié, agréé par le fonctionnaire dirigeant.

Durant cette période, le personnel de l'administration est initié au maniement des divers appareils et outils, ainsi qu'à la conduite rationnelle de la chauffe.

L'entrepreneur (et son personnel) dirige la conduite de l'installation sous son entière responsabilité, le personnel de l'administration exécutant uniquement ses directives.

Durant la mise en marche, il est procédé au réglage de l'installation, et, notamment, au réglage des robinets à double réglage. Le placement éventuel de diaphragmes est effectué en régie, suivant les indications de l'auteur du projet. Le réglage général est effectué par l'entrepreneur, suivant les indications de l'auteur du projet, à la pression maximum de marche de l'installation.

Il est vérifié, au cours de ce réglage, que la vapeur circule normalement dans toutes les canalisations et corps de chauffe, et que la vapeur ne pénètre pas dans les tuyauteries de retour, après réglage des organes prévus au projet. Le bon fonctionnement des purgeurs d'air ou d'eau et des tuyauteries d'évent est également vérifié.

ARTICLE E5. ESSAIS DES INSTALLATIONS DE VENTILATION ET DE CONDITIONNEMENT D’AIR

CONTENU

ARTICLE E5. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES	2
ARTICLE E5. PAR. 1. MESURE DE FAIBLES VITESSES D’AIR	3
1. MESURE DANS LES LOCAUX	3
2. MESURE DANS LES CONDUITS D’AIR, OU AU DROIT D’UNITÉS TERMINALES DE VENTILATION	3
ARTICLE E5. PAR. 2. MESURE DE LA TEMPÉRATURE SÈCHE DE L’AIR.....	4
ARTICLE E5. PAR. 3. MESURE DE L’HUMIDITÉ RELATIVE DE L’AIR.....	5
ARTICLE E5. PAR. 4. MESURE DES DÉBITS DANS LES CONDUITS D’AIR.....	6
1. GÉNÉRALITÉS	6
2. NOMBRE DE POINTS DE MESURE	6
3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURE DANS UNE SECTION RECTANGULAIRE	8
4. LOCALISATION DES POINTS DE MESURE DANS UNE SECTION CIRCULAIRE	10
5. REMARQUES AU SUJET DE LA MÉTHODE DE MESURE UTILISÉE.....	13
ARTICLE E5. PAR. 5. MESURE DE L’ÉTANCHÉITÉ DE RESEAUX DE CONDUITS D’AIR	14
1. GÉNÉRALITÉS.....	14
2. MODE OPÉRATOIRE	14
2.1. Impositions techniques	14
2.2. Mesure	15
2.3. Matériel de test	15
2.4. Exécution du test	16
2.5. Correction des mesures obtenues	16
3. RÉSULTAT DU TEST	16

ARTICLE E5. PAR. 0. RÉFÉRENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
NBN EN ISO 7726	Ergonomie des ambiances thermiques - Appareils de mesure des grandeurs physiques (ISO 7726:1998)	10-2001
NBN EN 12599	Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation	10-2012
NBN EN 14239	Ventilation des bâtiments – Réseau de conduits – Mesurage de l'aire superficielle des conduits	04-2004

ARTICLE E5. PAR. 1. MESURE DE FAIBLES VITESSES D'AIR

La mesure de faibles vitesses d'air (vitesses inférieures à 2 m/s) est réalisée au moyen :

- Soit d'une sonde omnidirectionnelle sensible à l'intensité de la vitesse quelle que soit sa direction (capteur à boule chaude)
- Soit d'un anémomètre à résistance électrique (anémomètre à fil chaud),

de précision conforme aux normes NBN EN 12599 :2012 (tableau D.4 page 54 et tableau H.1 page 85) et NBN EN ISO 7726 :2001 ; l'étalonnage de l'appareil étant effectué au minimum tous les 2 ans par un laboratoire, lui-même accrédité, pour les vitesses d'air, par l'Organisme Belge d'Etalonnage (OBE) ou son équivalent dans un autre pays européen.

1. Mesure dans les locaux

Ce type de mesure est par exemple utilisé pour vérifier le critère relatif au courant d'air (voir article B1. PAR.3) en fonction de la température locale de l'air et de l'intensité de turbulence considérée.

Dans ce cas, il convient de déterminer la vitesse de l'air à l'aide d'une sonde omnidirectionnelle sensible à l'intensité de la vitesse quelle que soit sa direction.

Si l'appareil utilisé ne présente pas cette fonctionnalité (cas de capteur unidirectionnel), la valeur de vitesse d'air retenue est la mesure effectuée selon l'orientation de l'appareil qui donne la plus grande valeur mesurée, tenant compte qu'il peut être au préalable effectué un essai de fumée destiné à découvrir la direction principale du flux d'air.

2. Mesure dans les conduits d'air, ou au droit d'unités terminales de ventilation

Dans le cas de mesures de vitesses dans les conduits d'air, ou au droit des bouches et grilles de ventilation, et dans tous les autres cas où la direction approximative du flux d'air est connue, il peut être fait usage d'un anémomètre à fil chaud à capteur unidirectionnel.

Dans ce cas, la valeur de vitesse d'air retenue est la mesure effectuée selon l'orientation de l'appareil qui donne la plus grande valeur mesurée tenant compte de la direction présumée du flux d'air.

ARTICLE E5. PAR. 2. MESURE DE LA TEMPÉRATURE SÈCHE DE L'AIR

La mesure de la température sèche de l'air est effectuée au moyen :

- Soit d'un thermomètre à dilatation de liquide dans un tube de verre, muni d'une protection contre le rayonnement en métal poli extérieurement
- Soit d'un thermomètre électrique à résistance de classe B ou d'un thermomètre à thermocouples,

de précision conforme aux normes NBN EN 12599 :2012 (tableau E.2 page 68) et NBN EN ISO 7726 :2001 ; l'étalonnage de l'appareil étant effectué au minimum tous les 2 ans par un laboratoire, lui-même accrédité, pour les mesures de température, par l'Organisme Belge d'Etalonnage (OBE) ou son équivalent dans un autre pays européen.

Pour les grands locaux, cette mesure est pratiquée en plusieurs endroits répartis sur la surface d'occupation, suivant le nombre d'occupants potentiels, soit :

- pour locaux de 100 à 200 personnes, en 4 emplacements minimum
- pour locaux de 200 à 500 personnes, en 6 emplacements minimum
- pour locaux de 500 personnes et plus, en 8 emplacements minimum

Il est procédé à ces mesures aux endroits normalement occupés par les usagers.

L'entrepreneur est tenu de vérifier que ses équipements atteignent les performances en termes de température en hiver et de température en été quand une climatisation est prévue.

ARTICLE E5. PAR. 3. MESURE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR

La mesure de l'humidité relative de l'air est effectuée au moyen :

- D'un psychromètre
- D'un hygromètre à variation de capacitance électrique (hygromètre à capacité)

de précision conforme aux normes NBN EN 12599 :2012 (tableau D.6 page 56) et NBN EN ISO 7726 :2001 ; l'étalonnage de l'appareil étant effectué au minimum tous les 2 ans par un laboratoire, lui-même accrédité, pour les mesures de l'humidité relative de l'air, par l'Organisme Belge d'Etalonnage (OBE) ou son équivalent dans une autre pays européen.

La mesure est le cas échéant effectuée en plusieurs endroits, comme indiqué ci-avant pour la mesure de la température.

ARTICLE E5. PAR. 4. MESURE DES DÉBITS DANS LES CONDUITS D'AIR

1. Généralités

Les mesures des débits dans les conduits d'air sont exécutées par l'entrepreneur alors que les conduits sont toujours accessibles.

Les essais de vérification sont effectués par le pouvoir adjudicateur après les essais de l'entrepreneur et en vue de la seconde réception provisoire des travaux.

L'entrepreneur aménage à ses frais les orifices de mesure nécessaires aux endroits adéquats et les rend étanches à l'air à l'aide de bouchons amovibles et réutilisables.

La mesure du débit d'air dans les conduits aérauliques est basée sur la norme NBN EN 12599, et est réalisée par exploration des vitesses, à l'aide d'appareils de mesure présentant la précision requise selon la norme précitée.

Cette méthode est applicable quel que soit le type d'instrument de mesure de débit d'air utilisé (anémomètre à ailettes ou à fil chaud, tube de Pitot,...).

La section de mesure doit être choisie de préférence dans une portion rectiligne, de forme et de section constante. La section de mesure doit se trouver aux 2/3 à partir de l'amont de cette portion rectiligne. Idéalement, la longueur de la portion rectiligne est au moins égale à 9 fois le diamètre hydraulique du conduit concerné, auquel cas la distance entre la section de mesure et la première perturbation en amont est d'au moins 6 fois le diamètre hydraulique.

Le diamètre hydraulique D_h est égal à :

- $D_h = \text{le diamètre (D) du conduit}$
s'il est circulaire.
- $D_h = 4 \times (\text{section du conduit}) / (\text{périmètre du conduit})$
s'il est de forme différente.

Lorsque le fluide dont la vitesse est mesurée est de l'air à une température comprise entre 0°C et 150°C, sa masse volumique peut être déterminée par psychrométrie.

Pour qu'ils puissent être considérés comme satisfaisants, les débits ainsi mesurés (corrigés et ramenés aux conditions de référence de masse volumique, de température et de pression le cas échéant) **doivent se situer entre 90 % et 110 % du débit demandé.**

Pour une mesure dans un conduit terminal (dernier tronçon de conduit avant des unités terminales de traitement d'air), la valeur calculée résultant de la mesure peut cependant se situer entre 85 % et 115 % du débit demandé.

2. Nombre de points de mesure

Les mesures de vitesse d'air en plusieurs points de la section d'un conduit d'air sont utilisées pour calculer la « vitesse moyenne débitante ».

La précision de la mesure de la vitesse, et donc du débit, est limitée par la forme du profil des vitesses. En effet, le régime ne peut être considéré comme établi qu'à partir d'une longueur minimale de stabilisation (longueur de conduit droit en aval d'une singularité).

Cette longueur de stabilisation est au moins égale à 2,5 fois le diamètre hydraulique pour une vitesse d'air inférieure à 13 m/s. Au-delà de cette vitesse il faut ajouter à cette longueur 0,2 fois le diamètre hydraulique à chaque augmentation de 1 m/s de la vitesse.

Le profil des vitesses dans le conduit d'air est mesuré à l'aide d'un anémomètre de faibles dimensions : tube de Pitot, anémomètre à fil chaud, anémomètre à petite hélice.

Plus les mesures sont proches d'une perturbation, moins le profil de vitesse est uniforme. Cette perturbation, ou singularité, peut être un composant du système (ventilateur, batterie,...), un changement de direction du conduit d'air, un embranchement ou un changement de section.

Si l'on souhaite une mesure précise, il faut donc soit s'éloigner le plus possible des perturbations du circuit, soit multiplier le nombre de points de mesure dans la section.

Le tableau E5.4-1 indique le nombre minimal de points de mesure pour effectuer des mesures correctes en fonction de la distance du plan de mesure par rapport à la première perturbation située en amont. Les valeurs indiquées tiennent compte d'une incertitude de $\pm 5\%$ apportée par l'instrument de mesure.

La distance relative (L_r) est calculée en nombre de diamètres :

$$L_r = \text{distance réelle} / \text{diamètre hydraulique (Dh)}$$

Où la distance réelle est la distance entre le plan de mesure et la première perturbation en amont.

Distance relative L_r = distance réelle / Dh	Incertitude totale en % / incertitude de l'appareil de mesure en %	
	« 10/5 »	« 15/5 »
$\geq 1,6$	-	30
≥ 2	50	21
$\geq 2,5$	34	16
≥ 3	25	12
≥ 4	16	8
≥ 5	12	6
≥ 6	9	4

Tableau E5.4.-1 : Nombre minimal de points de mesure nécessaires en fonction de la distance relative L_r

L'incertitude totale de $\pm 10\%$ sur la mesure du débit sera toujours prise comme objectif.

Dans le cas particulier d'une mesure dans un conduit terminal, on peut cependant appliquer une incertitude totale de $\pm 15\%$; la valeur calculée résultant de la mesure pourra alors se situer entre 85 % et 115 % du débit demandé.

Dans le cas de conduits circulaires avec $D_h \leq 125$ mm on peut limiter le nombre de points de mesure à 8, et pour les conduits circulaires avec $D_h \leq 250$ mm on peut limiter le nombre de points de mesure à 16, pour autant qu'il ne soit pas possible d'effectuer la mesure en un endroit plus approprié du réseau de conduits (où la distance relative est la plus élevée possible).

Les positions des points de mesure (coordonnées) dans le plan sont choisies selon les indications des points 3 et 4 ci-dessous.

Exemple d'utilisation du tableau : nombre minimal de points de mesure

Un conduit de section circulaire a un diamètre de 0,5 m.

Si la mesure peut être effectuée à 2,2 m de la première perturbation du réseau en amont, cette distance relative est $L_r = 2,2/0,5 = 4,4$.

Il faut mesurer la vitesse, selon le tableau E5.4.-1, en 16 points minimum.

3. Localisation des points de mesure dans une section rectangulaire

La section de mesure est divisée en un nombre d'éléments de surface égale. Le centre virtuel (voir Figure E 5.4. -1) de chaque sous-zone constitue un point de mesure.

On détermine tout d'abord la face où sont pratiquées les ouvertures de mesure, qui sera en pratique celle dont l'accès est le plus sûr et le plus simple.

Une fois cette face déterminée, on définit le nombre minimum d'orifices (= le nombre d'axes de mesure) répartis sur la largeur (a) du conduit, ainsi que leurs coordonnées par rapport à la paroi de référence du conduit.

Le nombre minimal d'orifices et leurs coordonnées sont déterminés comme suit :

- $a < 200 \text{ mm}$ → min. 2 orifices (x1.a et x2.a)
- $200 \text{ mm} \leq a < 500 \text{ mm}$ → min. 3 orifices (x1.a, x2.a et x3.a)
- $500 \text{ mm} \leq a \leq 900 \text{ mm}$ → min. 4 orifices (x1.a, x2.a, x3.a et x4.a)
- $900 \text{ mm} < a$ → min. 5 orifices (x1.a, x2.a, x3.a, x4.a et x5.a)

Le nombre minimal de points de mesure par axe de mesure est obtenu en divisant le nombre minimal de points de mesure nécessaires (voir tableau E5.4.-1) par le nombre d'orifices, le résultat étant arrondi si nécessaire à l'unité supérieure.

Les distances des points de mesure à partir de la paroi du conduit d'air sont données dans le tableau E5.4.-2 ci-dessous. Elles correspondent à un nombre donné de points de mesure sur l'axe de mesure et/ ou le nombre d'axes de mesure.

Il s'agit de distances relatives : le coefficient lu dans le tableau doit donc être multiplié par les dimensions du conduit pour obtenir les distances réelles.

La figure E5.4.-1 illustre un exemple d'utilisation des tableaux pour localiser les points de mesure.

Si lors du calcul des coordonnées des points de mesure, on constate que la distance entre les points de mesure situés sur le même axe de mesure est inférieure au tiers de la distance entre les axes de mesure, il est nécessaire d'augmenter le nombre d'axes de mesure afin d'obtenir une meilleure répartition des points de mesure.

ou sous forme de formule : $1/3 < (x2.a - x1.a) / (y2.b - y1.b) < 3$

Nombre de points de mesure par axe / Nombre d'axes de mesure	SECTION RECTANGULAIRE Distance relative des points de mesure par rapport à la paroi du conduit d'air (ex. : voir figure E5.4.-1 valeurs x1 ... x3 et y1...y4)									
	x1 ou y1	x2 ou y2	x3 ou y3	x4 ou y4	x5 ou y5	x6 ou y6	x7 ou y7	x8 ou y8	x9 ou y9	x10 ou y10
1	0,500									
2	0,250	0,750								
3	0,167	0,500	0,833							
4	0,125	0,375	0,625	0,875						
5	0,100	0,300	0,500	0,700	0,900					
6	0,083	0,250	0,417	0,583	0,750	0,917				
7	0,071	0,214	0,357	0,500	0,643	0,786	0,929			
8	0,062	0,187	0,312	0,438	0,563	0,688	0,813	0,938		
9	0,056	0,167	0,278	0,389	0,500	0,611	0,722	0,833	0,944	
10	0,050	0,150	0,250	0,350	0,450	0,550	0,650	0,750	0,850	0,950

Tableau E5.4.-2 : Distances relatives des points de mesure par rapport à la paroi du conduit de section rectangulaire

Exemple d'utilisation des tableaux pour un conduit rectangulaire

La section de mesure se trouve à 2 m (distance réelle) d'une singularité dans un conduit d'air rectangulaire de dimensions $a \times b = 0,4 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$.

- Le diamètre hydraulique est : $= 4ab/2(a+b)$
 $= 2ab/(a+b)$
 $= 2 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} / (0,4 \text{ m} + 0,3 \text{ m})$
 $= 0,34 \text{ m}$
- La distance relative est : $Lr = 2 / 0,34 = 5,88$

Suivant le tableau E5.4.-1, le nombre minimum de points de mesure est 12.

On choisit de mesurer par la face inférieure, on utilisera ainsi la dimension horizontale du conduit pour déterminer le nombre d'axes de mesure.

Il s'agit un conduit rectangulaire $a \times b$ (400 mm x 300 mm) pour lequel $200 \text{ mm} \leq a < 500 \text{ mm}$, on répartit les 12 points de mesure entre (min.) 3 axes de mesure à l'aide d'un orifice par axe dans la paroi inférieure du conduit.

A l'aide de tableau E5.4.-2 on peut déterminer, en tenant compte du nombre (3) d'axes de mesure, la position des orifices (et des axes de mesure associés) comme suit :

- l'axe de mesure 1 se trouve à $x1.a = 0,167 \cdot 40 = 6,7 \text{ cm}$
- l'axe de mesure 2 se trouve à $x2.a = 0,500 \cdot 40 = 20 \text{ cm}$
- l'axe de mesure 3 se trouve à $x3.a = 0,833 \cdot 40 = 33,3 \text{ cm}$

Les distances relatives (x1, x2 et x3) sont lues dans la ligne correspondant au nombre d'axes de mesure déterminé.

Dans cet exemple, on a besoin d'au moins 12 points de mesure répartis selon $12/3 = 4$ points de mesure par axe.

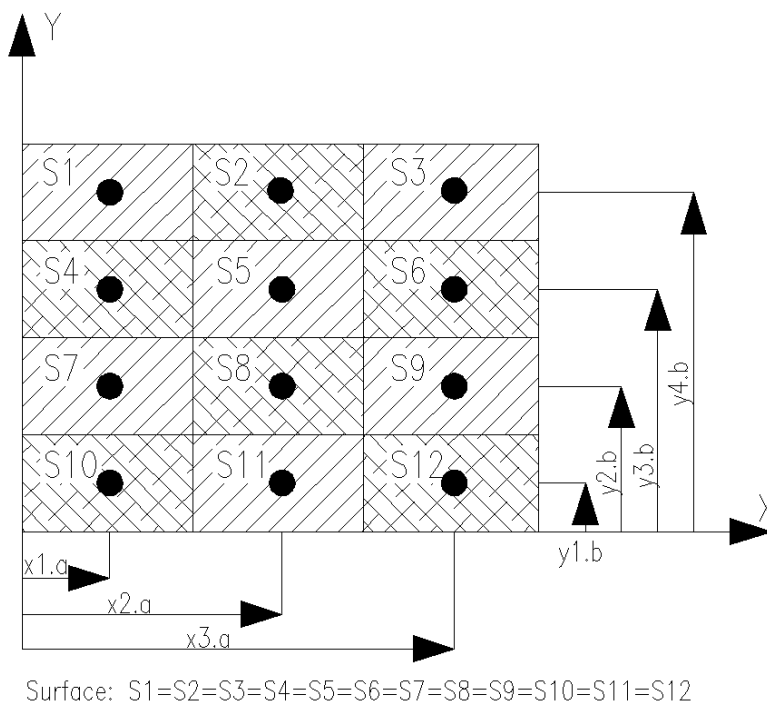


Figure E5.4.-1 : Exemple de répartition de 12 points de mesure pour un conduit d'air rectangulaire

A l'aide du tableau E5.4.-2 on peut, en tenant compte du « nombre de points de mesure par axe de mesure », déterminer l'emplacement réel des points de mesure sur l'axe de mesure comme suit :

- Le premier point de mesure par axe se trouve à $y1.b = 0,125 \cdot 30 = 3,7$ cm
- Le deuxième point de mesure par axe se trouve à $y2.b = 0,375 \cdot 30 = 11,2$ cm
- Le troisième point de mesure par axe se trouve à $y3.b = 0,625 \cdot 30 = 18,7$ cm
- Le quatrième point de mesure par axe se trouve à $y4.b = 0,875 \cdot 30 = 26,2$ cm

Dans cet exemple, les distances relatives ($y1$, $y2$, $y3$ et $y4$) sont lues dans la ligne correspondant au « nombre de points de mesure par axe » égal à 4.

Les 12 points de mesure sont ainsi connus et sont situés comme indiqué dans la Figure E5.4.-1.

4. Localisation des points de mesure dans une section circulaire

La section de conduit à explorer est découpée en sous-zones concentriques « fictives » de surface égale, en fonction du nombre de points de mesure minimal nécessaire (voir Figure E 5.4. -3).

On mesure toujours selon deux axes de mesure, ce qui se traduit par quatre points de mesure par sous-zone.

Le nombre de sous-zones peut être ainsi obtenu en divisant le nombre de points de mesure minimal nécessaire par 4. Si nécessaire, on arrondit le nombre de points de mesure au multiple de 4 supérieur.

Afin d'obtenir une bonne répartition des points de mesure, les axes de mesure sont perpendiculaires les uns aux autres. Dans le plan de mesure, les orifices sont donc situés à une distance d' $1/4$ de circonférence du conduit ($p.Dh/4$) l'un de l'autre (distance mesurée sur la paroi du conduit, par ex à l'aide d'un ruban). L'emplacement des orifices (dans le plan de mesure) est choisi de manière à obtenir la configuration la plus accessible, la plus sûre et la plus simple pour effectuer les mesures.

On peut donc déplacer les axes de mesure autour de leur point d'intersection, pour autant que l'angle droit soit respecté (voir figure E5.4.-2).

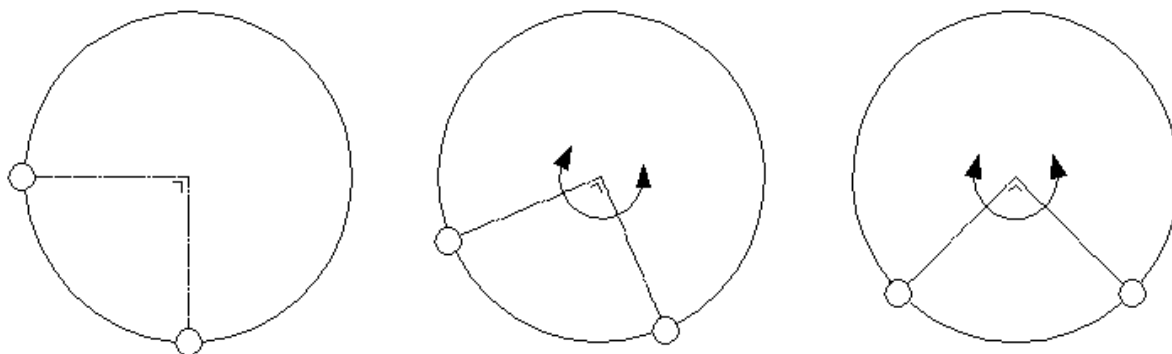


Figure E5.4.-2 : Choix de l'emplacement des orifices de mesure

Le tableau E5.4-3 ci-dessous donne les distances relatives des points de mesure disposés sur un axe de mesure. Ces distances mesurées à partir de la paroi sont relatives au diamètre intérieur du conduit.

Nombre total de points de mesure	Nombre de points de mesure par diamètre	SECTION CIRCULAIRE									
		Distance relative des points de mesure par rapport à la paroi du conduit d'air (ex : voir figure 5.4.-3 valeurs x1 à x6)									
		x1 ou y1	x2 ou y2	x3 ou y3	x4 ou y4	x5 ou y5	x6 ou y6	x7 ou y7	x8 ou y8	x9 ou y9	x10 ou y10
4*	2	0,146	0,854								
8	4	0,067	0,250	0,750	0,933						
12	6	0,043	0,146	0,296	0,704	0,854	0,957				
16	8	0,032	0,105	0,194	0,323	0,677	0,806	0,895	0,968		
20	10	0,026	0,082	0,146	0,226	0,342	0,658	0,774	0,854	0,918	0,974

*uniquement dans le cas d'un conduit terminal

Tableau E5.4.-3 : Distance relative des points de mesure par rapport à la paroi du conduit de section circulaire

Pour un nombre total de points de mesure plus élevé que 20, voir la norme NBN EN 12599 (2012) page 45, Tableau D.3.

Exemple d'utilisation des tableaux pour un conduit circulaire

Prenons le cas de mesures situées à 2,2 m d'une singularité dans un conduit circulaire de diamètre 0,40 m.

- Le diamètre hydraulique $D_h = 0,4$ m
- Le distance relative $L_r = 2,2 / 0,4 = 5,5$

Suivant le tableau E5.4.-1, le nombre minimum de points de mesure est 12.

Le nombre de sous-zones peut être obtenu en divisant le nombre de points de mesure minimal nécessaire par 4, ce qui donne 3 dans l'exemple présent.

En considérant que les points de mesure se situent le long de deux axes de mesure perpendiculaires, on a 6 points de mesure par axe (ou 3 anneaux de 4 points de mesure).

D'après le tableau E5.4.-3, les points de mesure sont situés, comme indiqué à la figure 5.4.-3, à

- $x1.D = y1.D = 0,043 \cdot D = 0,043 \cdot 40 = 1,7 \text{ cm}$
- $x2.D = y2.D = 0,146 \cdot D = 0,146 \cdot 40 = 5,8 \text{ cm}$
- $x3.D = y3.D = 0,296 \cdot D = 0,296 \cdot 40 = 11,8 \text{ cm}$
- $x4.D = y4.D = 0,704 \cdot D = 0,704 \cdot 40 = 28,2 \text{ cm}$
- $x5.D = y5.D = 0,854 \cdot D = 0,854 \cdot 40 = 34,2 \text{ cm}$
- $x6.D = y6.D = 0,957 \cdot D = 0,957 \cdot 40 = 38,3 \text{ cm}$

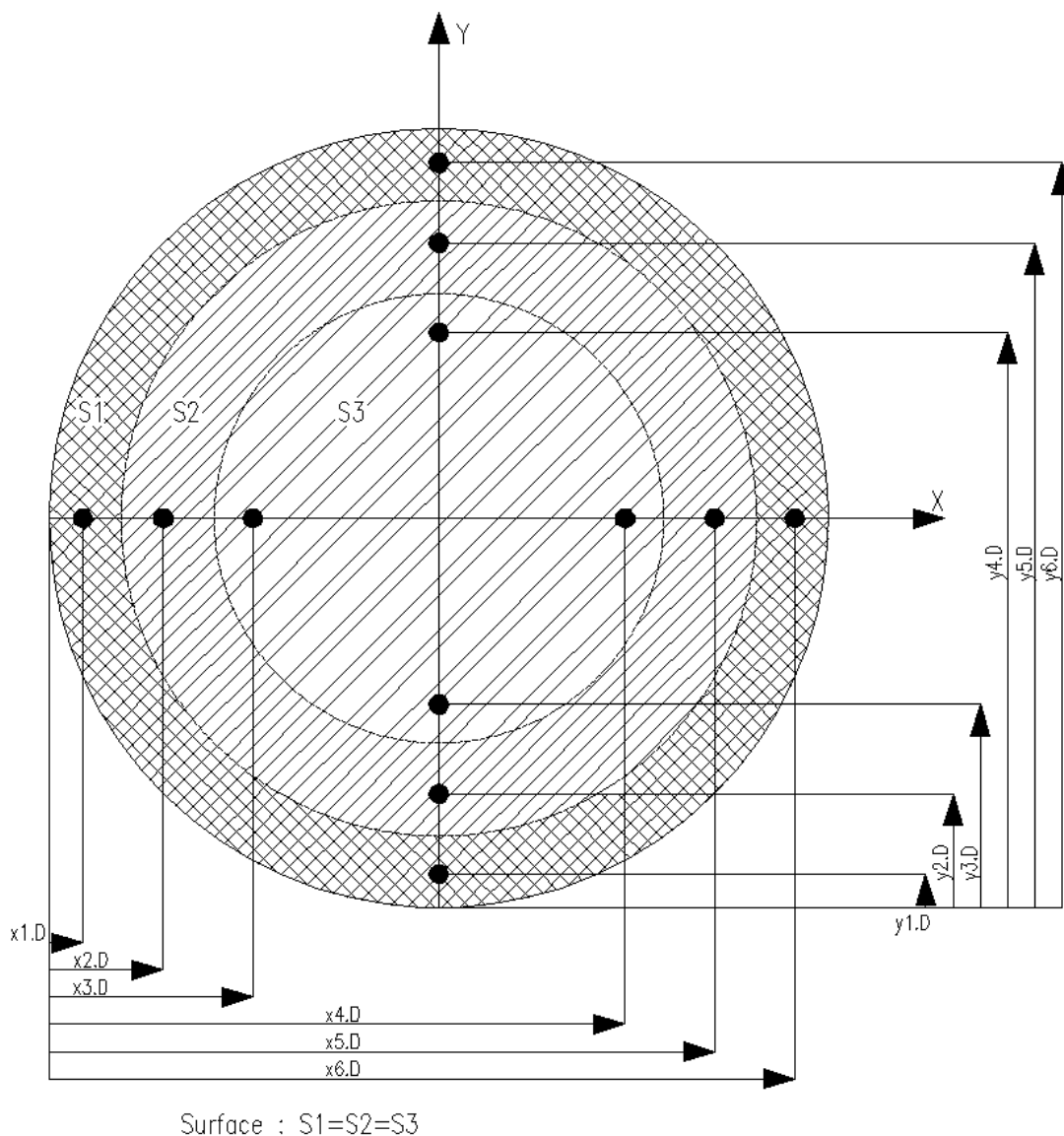


Figure E5.4.-3 : Exemple de répartition de 12 points de mesure dans un conduit d'air circulaire

5. Remarques au sujet de la méthode de mesure utilisée

Pour une question de précision de mesure, dans le cas où le tube de Pitot n'est pas utilisé, il est utilisé l'anémomètre à fil chaud entre 0 et 2 m/s et l'anémomètre à ailettes à partir de 2 m/s.

Dans le cas de grandes turbulences de l'air dans les conduits, il est toujours utilisé le tube de Pitot.

On peut uniquement avoir recours à d'autres méthodes de mesure lorsqu'il est techniquement difficile d'effectuer les mesures au moyen de la méthode décrite au présent article.

Toute dérogation au présent article doit préalablement recevoir l'autorisation écrite du pouvoir adjudicateur, et ne peut être accordée sans prise en compte des éléments suivants :

- Une justification détaillée et dûment motivée de la raison pour laquelle les mesures du débit d'air ne peuvent pas être effectuées conformément à l'art. E5. par. 4. du cahier des charges-type 105.
- Les instruments et les méthodes de mesure proposés.
- Les méthodes de calcul.
- Les courbes qui seront éventuellement utilisées et qui sont propres aux instruments de mesure ou à la méthode de mesure.
- L'incertitude de mesure.

Le pouvoir adjudicateur décidera à ce moment si la méthode de mesure alternative peut être acceptée ou pas et quelle est la tolérance par rapport au débit demandé qui peut être admise pour que le débit puisse être considéré comme satisfaisant.

ARTICLE E5. PAR. 5. MESURE DE L'ÉTANCHÉITÉ DE RESEAUX DE CONDUITS D'AIR

1. Généralités

L'étanchéité des réseaux de ventilation est mesurée suivant la méthode décrite ci-dessous.

Les mesures d'étanchéité sont exécutées par l'entrepreneur alors que les conduits sont toujours accessibles.

Les différents tests sont effectués par le pouvoir adjudicateur après les essais de l'entrepreneur et avant la première réception provisoire des travaux. L'isolement des parties à contrôler pour les tests est effectué par l'entrepreneur et les coûts sont à sa charge.

Le choix de la partie à contrôler est laissé à l'appréciation du pouvoir adjudicateur.

2. Mode opératoire

2.1. Impositions techniques

Les sections du réseau à contrôler sont choisies. Chacune de ces parties doit être d'une surface A minimum de 10 m². La surface totale de toutes les parties doit être d'au moins 30% du réseau de conduits.

Les parties du réseau d'air à contrôler sont caractérisées par leur surface A_j, conforme à la norme NBN EN 14239.

Pour chaque partie à contrôler (nommée "j") le débit maximum toléré (q_{lj}) est comparé au débit mesuré corrigé (q_{lucj}).

On calcule le débit de fuite maximal admissible (q_{lj}) sous la pression d'épreuve (p_u) :

$$q_{lj} = A_j \times f_j$$

$$[m^3/s] = [m^2] \times [m^3/s.m^2]$$

Les valeurs des facteurs de fuite maximum tolérée (f_j) sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Classe d'étanchéité	Facteur de fuite f (m ³ /m ² .s)	Pression d'épreuve p _u				
		Pulsion			Extraction (sous pression)	
		2000 Pa	1000 Pa	400 Pa	500 Pa	750 Pa
B	f _B	1,259 . 10 ⁻³	0,802 . 10 ⁻³	0,442 . 10 ⁻³	0,511 . 10 ⁻³	-
C	f _C	0,419 . 10 ⁻³	0,267 . 10 ⁻³	0,147 . 10 ⁻³	-	0,222 . 10 ⁻³
D	f _D	0,140 . 10 ⁻³	0,089 . 10 ⁻³	0,049 . 10 ⁻³	-	0,074 . 10 ⁻³

Tableau E5.5.-1

La pression d'épreuve pour les réseaux de conduits de pulsion est égale à 400 Pa pour les réseaux basse-pression, 1000 Pa pour les réseaux moyenne pression et 2000 Pa pour les réseaux haute-pression.

La pression d'épreuve pour les réseaux de conduits d'extraction est égale à – 500 Pa pour les réseaux de conduits avec classe d'étanchéité B et – 750 Pa pour les réseaux de conduits avec classe d'étanchéité C ou D.

L'écart maximal admissible de la pression d'épreuve (p_u) est 10 Pa. Pour les pressions dégressives (p_{ul}), les facteurs de fuite maximum tolérée peuvent être obtenus à l'aide des formules reprises dans le tableau suivant:

Classe d'étanchéité	Facteur de fuite
B	$f_B = 0,009 \cdot p_{ul}^{0,65} \cdot 10^{-3}$
C	$f_C = 0,003 \cdot p_{ul}^{0,65} \cdot 10^{-3}$
D	$f_D = 0,001 \cdot p_{ul}^{0,65} \cdot 10^{-3}$

Tableau E5.5.-2

2.2. Mesure

Le débit de fuite (q_{luj}) est mesuré sous la pression d'épreuve (p_u).

2.3. Matériel de test

La fig. E5.5.-1 donne une représentation schématique du dispositif d'essai

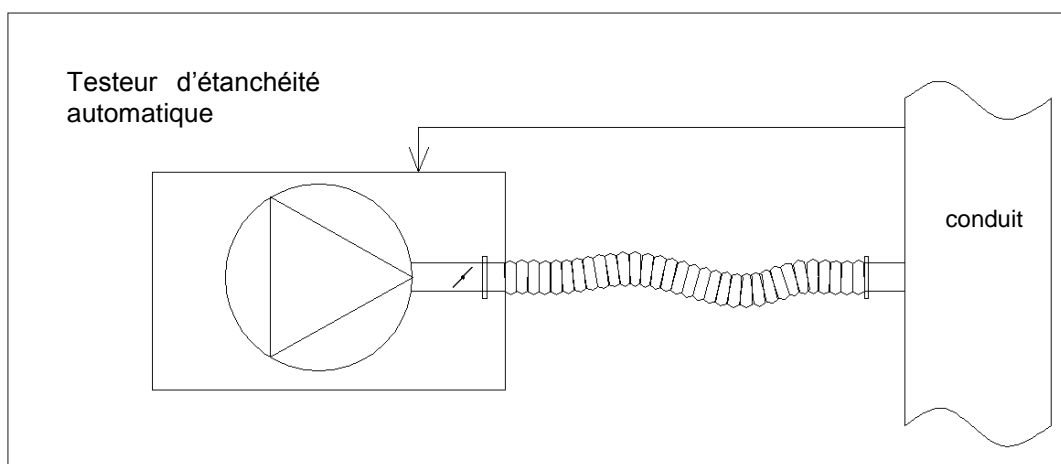


Fig. E5.5.-1

Le testeur d'étanchéité est capable de maintenir une pression constante égale à p_u dans n'importe quelle partie du réseau à tester, même si cette dernière représente tout le réseau.

Le débit du ventilateur peut être réglé de manière électronique et mesuré en permanence. Le testeur d'étanchéité est branché sur les sections du réseau de conduits concernées à l'aide d'un raccord flexible (voir fig. E5.5.-1).

Toutes les prescriptions du fabricant du testeur d'étanchéité doivent être prises en considération et particulièrement celle relative à la distance à respecter entre le point de mesure de pression et le branchement du flexible.

La marge d'erreur maximum tolérée lors de la mesure de la pression est fixée par la plus grande des valeurs suivantes:

- soit 2 %
- soit 3 Pa

La marge d'erreur maximale autorisée lors de la mesure du débit est calculée sur la base des deux valeurs suivantes:

- 0,1 l/s pour des valeurs mesurées ≤ 2 l/s ou 2 %
- 5 % pour des valeurs mesurées > 2 l/s

D'éventuelles défaillances du testeur d'étanchéité doivent être contrôlées avant le début du test. L'appareil de mesure utilisé doit également être calibré selon les prescriptions du fabricant. Le certificat de calibration le plus récent, datant dans tous les cas de moins d'un an, est mis à disposition du fonctionnaire dirigeant.

2.4. Exécution du test

La partie à tester est isolée du reste du réseau et est ensuite mise sous une pression au moins égale à la pression moyenne de fonctionnement normal.

La section est ensuite soumise à une pression égale à la pression de test pu. Celle-ci est maintenue de manière constante (± 10 Pa) pendant 5 minutes. La fuite d'air est mesurée au moins toutes les minutes. Si le débit d'air varie de plus de 2% au cours de ces 5 minutes, le test est prolongé jusqu'à obtention d'un débit de fuite (constant à 2% près) pendant 5 minutes.

2.5. Correction des mesures obtenues

Etant donné que la température ambiante (t) et la pression atmosphérique (p) diffèrent souvent des conditions normales de température et de pression (+ 20° C et 101325 Pa), le débit de fuite mesuré (qluj) doit être corrigé comme suit:

$$qlucj = qluj \cdot \frac{293}{273 + t} \cdot \frac{p}{101325} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

3. Résultat du test

Le débit de fuite corrigé (qlucj) doit être plus petit que le débit de fuite maximal toléré (qlj) pour chaque partie soumise au test.

Si ce résultat n'est pas obtenu, il y a lieu de se référer aux mesures décrites à l'art. C14. par. 1. point 3.

ARTICLE E11. REGLAGE ET MISE AU POINT DES INSTALLATIONS

CONTENU

ARTICLE E11. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES	2
ARTICLE E11. PAR. 1. GENERALITES	3
ARTICLE E11. PAR. 2. GENERATEURS DE CHALEUR ET BRULEURS	4
ARTICLE E11. PAR. 3. REGLAGE DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES	5
1. GÉNÉRALITÉS	5
2. MISE AU POINT	5
3. PRESCRIPTIONS SPÉCIFIQUES POUR INSTALLATIONS AVEC RÉGULATION PAR INJECTION	5
3.1. Réglage du débit dans les circuits	6
3.2. Réglage du débit d'injection	6
3.3. Réglage final	6
3.4. Cas d'une pression différentielle constante des collecteurs	6
ARTICLE E11. PAR. 4. REGLAGE DES INSTALLATIONS AÉRAULIQUES	7
ARTICLE E11. PAR. 5. REGLAGE DES SYSTEMES DE REGULATION	8
ARTICLE E11. PAR. 11. RAPPORT	9

ARTICLE E11. PAR. 0. REFERENCES NORMATIVES

Les principales normes et réglementations relatives au champ d'application du présent article sont les suivantes :

Norme	Titre	Date
	Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif aux exigences PEB applicables aux systèmes de chauffage pour le bâtiment lors de leur installation et pendant leur exploitation.	2010-06-03
	Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale modifiant l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 3 juin 2010 relatif aux exigences PEB applicables aux systèmes de chauffage pour le bâtiment lors de leur installation et pendant leur exploitation.	2012-01-19
	Arrêté du Gouvernement flamand relatif à l'entretien et au contrôle d'appareils de chauffage pour le chauffage de bâtiments ou pour la production d'eau chaude utilitaire.	2006-12-08
	Arrêté du Gouvernement flamand modifiant l'arrêté du Gouvernement flamand du 8 décembre 2006 relatif à l'entretien et au contrôle d'appareils de chauffage pour le chauffage de bâtiments ou pour la production d'eau chaude.	2008-09-12
	Arrêté du Gouvernement wallon tendant à prévenir la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage central destinées au chauffage des bâtiments où à la production d'eau chaude sanitaire et à réduire leur consommation énergétique.	2009-01-29
	Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'arrêté modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 29 janvier 2009 tendant à prévenir la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage central destinées au chauffage des bâtiments où à la production d'eau chaude sanitaire et à réduire leur consommation énergétique.	2009-06-18

ARTICLE E11. PAR. 1. GENERALITES

La mise au point et le réglage de toutes les installations fait intégralement partie de la présente entreprise.

L'entrepreneur procède à cet effet à toutes les mesures, tests et essais nécessaires pour vérifier la bonne marche de toutes les installations, et effectue toutes les adaptations afin d'obtenir les performances exigées dans les documents du marché.

Les mesures effectuées par l'entrepreneur sont indépendantes des essais de fonctionnement dans le cadre de la seconde réception provisoire, qui sont destinés à la vérification du bon réglage des installations par l'entrepreneur et qui sont réalisés, soit par le pouvoir adjudicateur, soit par un organisme spécialisé mandaté par lui.

ARTICLE E11. PAR. 2. GENERATEURS DE CHALEUR ET BRULEURS

Après réglage des chaudières et brûleurs suivant les impositions de l'art. C1., l'entrepreneur effectue à ses frais les vérifications et contrôles en vue de la réception et de la mise en route des installations conformément à la réglementation régionale d'application (pour information, les réglementations en vigueur au moment de la publication du présent document sont mentionnées au par. 0).

Ces vérifications et contrôles sont effectués par une personne ou un organisme agréé suivant la réglementation régionale en vigueur.

ARTICLE E11. PAR. 3. REGLAGE DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES

1. Généralités

La mise au point ne commence pas avant que l'installation soit raccordée à toutes les alimentations en énergies et fluides, sous pression, sans fuite, totalement purgée et préalablement rincée. Lorsqu'il y a des organes de régulation sur les corps de chauffe ou de refroidissement (par ex. robinets thermostatiques), ceux-ci sont totalement ouverts préalablement aux opérations de réglage.

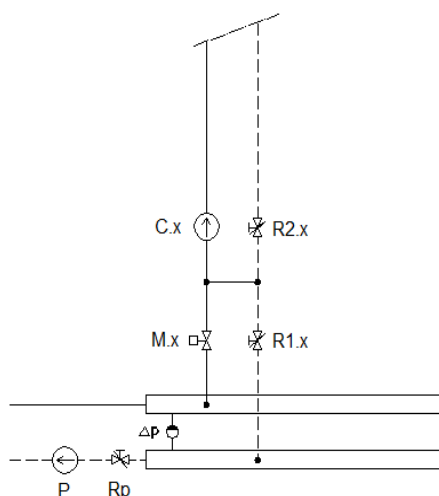
2. Mise au point

La mise au point comprend, successivement :

- 2.1. Réglage du débit ou de la pression des pompes (pas d'application pour les pompes ou circulateurs à vitesse constante), en agissant sur le système de régulation de la pompe.
- 2.2. Réglage du débit dans les robinets de réglage.
Les mesures de débit se font à l'aide d'un appareil de mesure électronique. Le metteur au point utilisera un appareil de mesure compatible avec la marque et le type des dits robinets, convertissant directement la mesure de la pression différentielle en débit; il corrige et ajuste les débits mesurés par action sur les robinets de réglages, pour atteindre les débits calculés. L'utilisation de l'organe de réglage en série avec la pompe doit être limitée à de simples ajustements de débit; en cas de différences importantes entre le débit mesuré et le débit prescrit, il peut être envisagé de remplacer la roue de la pompe, ou la pompe elle-même. Lorsque la pompe ou le circulateur est à vitesse variable, le réglage du débit se fait sur la pompe (voir ci-dessus) et pas sur le robinet; le débit dans le robinet de réglage est néanmoins mesuré.
- 2.3. Le cas échéant, réglage du débit dans les corps de chauffe ou de refroidissement, par exemple par action sur les robinets de radiateurs à double réglage; ce réglage se fait au moyen d'une mesure de ΔT sur le corps de chauffe en fonctionnement, l'élément de réglage est réglé afin d'obtenir le ΔT souhaité.

3. Prescriptions spécifiques pour installations avec régulation par injection

Dans les installations avec régulation des circuits au moyen d'un robinet motorisé à deux voies et d'un collecteur de départ en surpression (régulation par injection, voir schéma ci-dessous), le réglage des débits est d'une importance capitale ; contrairement aux systèmes avec robinets à trois voies, il n'y a pas de fermeture du by-pass, d'où le risque de mélange également en position entièrement ouverte du robinet à deux voies.



3.1. Réglage du débit dans les circuits

- 3.1.1. Le robinet motorisé à deux voies M.x est fermé manuellement (x = 1 ... n, où n = nombre de circuits sur le collecteur).
- 3.1.2. Les organes de régulation éventuels sur les corps de chauffe ou de refroidissement sont totalement ouverts.
- 3.1.3. Le débit dans le circuit de distribution est ajusté à la valeur adéquate par action sur C.x et R2.x, tel que décrit dans 2.2.; attention, ce débit doit être déterminé sur base de la puissance du système de diffusion de chaleur (sans réserve) et il ne correspond pas au débit spécifié par le cahier des charges pour C.x (ce dernier comprend en effet une réserve pour des extensions éventuelles, pour la dégradation des caractéristiques en raison de l'usure, etc.).
- 3.1.4. Cette procédure est ensuite répétée pour tous les circuits x raccordés sur le collecteur.

3.2. Réglage du débit d'injection

- 3.2.1. Tous les robinets motorisés à deux voies M.x et les robinets de réglage R1.x sont entièrement ouverts.
- 3.2.2. Le type de pilotage sélectionné pour la pompe P est « Δp constant » suivant l'art. C8. par. 4 point 3 (note: la régulation par injection ne peut fonctionner qu'avec une pompe à vitesse variable).
- 3.2.3. La hauteur manométrique de la pompe P est réglée de façon à ce que le débit mesuré sur le robinet de réglage Rp soit égal au total (sans réserve) des débits prescrits dans le cahier des charges pour les robinets à deux voies M.x.
- 3.2.4. Le débit de chaque R1.x est mesuré et comparé à la valeur demandée (= débit indiqué pour le M.x correspondant; attention, lorsque le ΔT du circuit de distribution n'est pas le même que celui du collecteur, le débit de R1.x est différent du débit exigé pour R2.x !).
- 3.2.5. Pour le circuit avec le plus grand excès de débit, R1.x est progressivement fermé jusqu'au moment où le débit atteint la valeur requise.
- 3.2.6. Cette opération est ensuite répétée pour le circuit avec le deuxième plus grand excès de débit, etc., jusqu'à ce que tous les circuits qui avaient un débit trop grand dans l'étape 3.2.4., soient ajustés.
- 3.2.7. Les étapes 3.2.3. jusqu'à 3.2.6. sont ensuite répétées jusqu'à ce que tous les débits soient réglés sur la valeur correcte.

3.3. Réglage final

- 3.3.1. Si la pompe P dispose d'un type de pilotage à Δp variable suivant l'art. C8. par. 4 point 3 (hauteur manométrique divisée par deux à débit nul), celui-ci est maintenant sélectionné.
- 3.3.2. On mesure de nouveau le débit de Rp (tandis que tous les M.x sont toujours ouverts), on corrige si nécessaire le réglage de la pompe P, et on mesure la hauteur manométrique de P.
- 3.3.3. Tous les robinets à deux voies M.x sont ensuite fermés, et on mesure la hauteur manométrique de la pompe P: elle doit être la moitié de la valeur mesurée en 3.3.2.
- 3.3.4. Les robinets à deux voies M.x sont remis en position automatique.

3.4. Cas d'une pression différentielle constante des collecteurs

Lorsque la régulation de la pompe P est exécutée de façon à obtenir une pression différentielle constante entre les collecteurs de départ et de retour (ceci exige une mesure de la pression différentielle sur les collecteurs, et pas sur la pompe), la mise au point est simplifiée :

- l'étape 3.2.2. est supprimé
- à l'étape 3.2.3. la pression différentielle entre les collecteurs est réglée à la valeur requise
- les étapes 3.2.5. et 3.2.6. peuvent être exécutées en une seule fois avec l'étape 3.2.4. (puisque les circuits ne s'influencent pas mutuellement)
- l'étape 3.2.7. est supprimé
- l'étape 3.3.1. est supprimé
- à l'étape 3.3.2. et 3.3.3. on mesure la pression différentielle des collecteurs au lieu de celle de la pompe P; cette valeur doit toujours rester égale à celle réglée en 3.2.3.

ARTICLE E11. PAR. 4. REGLAGE DES INSTALLATIONS AÉRAULIQUES

L'entrepreneur doit procéder au réglage des réseaux aérauliques afin d'obtenir les débits demandés.

Partout où cela s'avère nécessaire l'entrepreneur doit placer des organes de réglage du débit (tôles perforées calibrées, registres de réglages, clapets de réglage), même s'ils ne figurent pas sur les plans et schémas joints au cahier spécial des charges.

Les organes de réglage doivent être placés dans des endroits accessibles (faux-plafonds démontables ou zones sans faux-plafonds) et dans la mesure du possible à des endroits qui ne dérangent pas les occupants des locaux (par ex dans les couloirs). Dans les faux-plafonds non démontables il faut prévoir des trapillons de visite ou placer des régulateurs à débit constant pré-réglés dans les conduits d'air.

L'entrepreneur doit prévoir dans les conduits d'air tous les orifices nécessaires pour pouvoir contrôler le débit de chaque unité de traitement d'air ou ventilateur (débit d'air de pulsion, d'extraction, de prise d'air neuf et de rejet d'air vicié pour les groupes à recyclage), ainsi qu'au niveau des dérivations secondaires dans les réseaux de distribution d'air (branchements dans les locaux techniques, aux sorties des trémies par étage etc.)

La localisation de ces points de mesure sera indiquée sur les plans d'exécution et les plans as-built.

Les orifices de mesure doivent être prévus suffisamment écartés des singularités tels que silencieux, pièces de forme, clapets coupe-feu, clapets ou registres de réglage, groupes de ventilation, dérivations ... et ce en tenant compte du sens de passage de l'air (pulsion ou extraction). De préférence ils seront prévus dans des sections droites de longueur suffisante (écoulement d'air laminaire et non turbulent).

Les orifices de mesure doivent être aisément accessibles ; le diamètre est de 25 mm et ils sont obturés avec des bouchons en caoutchouc ou en plastique.

Pour permettre un balayage de la sonde de mesure sur toute la section transversale et tenant compte que la canne de mesure est limitée à une longueur de +/- 1 m, il peut être nécessaire d'avoir des orifices de mesure sur la plus grande dimension du conduit ou de deux côtés opposés du conduit, pour les conduits de sections importantes. Dans tous les cas il faut prévoir un espace libre suffisant à côté du conduit d'air, pour pouvoir manœuvrer la canne de mesure.

Si certaines unités de traitement d'air ont des débits d'air insuffisants, l'installateur peut être amené le cas échéant à adapter la fréquence du variateur de fréquence. Si il n'y a pas de variateur de fréquence, l'installateur doit faire une nouvelle sélection de la poulie, du thermique de protection du moteur ou même remplacer le moteur et éventuellement remplacer le câble d'alimentation électrique si nécessaire.

Les mesures au niveau des conduits d'air secondaires, dans les branches terminales et au niveau des bouches de ventilation, ne peuvent être réalisées qu'à partir du moment où toutes les unités de traitement d'air donnent les bons débits à +/- 10% par rapport aux valeurs de conception données par le bureau d'études.

Dans le cas de systèmes à débit variable, les réglages et mesures sont effectués au débit nominal (voir également les impositions de l'art. C21. par. 8 point 4.4.1. 3^{ième} alinéa).

Pour les techniques de mesure l'installation doit se baser sur les impositions de l'art. E5.

ARTICLE E11. PAR. 5. REGLAGE DES SYSTEMES DE REGULATION

Voir art. C21. par.1., par.7. point 5, par.8. point 5.

ARTICLE E11. PAR. 11. RAPPORT

A la fin des opérations de mise au point l'entrepreneur rédige un rapport qui contient les résultats et atteste que l'installation fonctionne conformément aux valeurs prescrites.

Ce rapport comprend :

- Pour chaque élément, le numéro de repère qui figure pour cet élément aux plans et schémas d'exécution du dossier « as-built ».
- Pour les chaudières : une copie du rapport de mise en service ou réception de la personne ou l'organisme agréé qui a effectué le contrôle
- Pour les pompes et circulateurs :
 - le type
 - le débit et la hauteur manométrique mesurée
 - la courbe caractéristique et le type de pilotage choisi dans le cas des pompes à vitesse variable
- Pour les robinets de réglage :
 - le type
 - le débit avant le réglage (à savoir lorsque le robinet est entièrement ouvert)
 - le réglage final (nombre de tours), la chute de pression sur le robinet et le débit
- Pour les circuits aérauliques :
 - le débit par groupe de traitement d'air
 - le débit dans les branchements principaux (locaux techniques, à la sortie des trémies, etc.)
 - le débit pour chaque unité terminale (grilles, poutres actives, etc.), y compris les unités terminales équipées d'un dispositif de réglage à débit constant

Le rapport est à introduire au plus tard au moment de la demande de la deuxième réception provisoire.