Réseau Energie et Bâtiments

Guide pratique d'entretien pour une bonne Qualité de l'air et du confort intérieur

Version Septembre 2019

Mise en garde :

L'Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie n'assume aucune responsabilité à l'égard du texte qui suit ; ce texte devra être appliqué avec discernement, en tenant compte des installations en place, et des normes et règlements en vigueur.

Droits d'auteur :
Nul ne peut reproduire ce document, d'aucune façon que ce soit, sans avoir reçu au préalable l'autorisation écrite du Réseau Énergie et Bâtiments.

Dépôt légal, 3e trimestre 1989
2e édition – 1er trimestre 1993
3e édition – 1er trimestre 1996
4e édition – 4e trimestre 2004
5e édition – 3e trimestre 2005
6e édition – 2e trimestre 2017
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN: 2-9804930-6-6

Note : *Dans le présent guide, le masculin est utilisé sans aucune discrimination, uniquement dans le but d'alléger le texte.*

1re édition – septembre 1989
2e édition – révision novembre 1992
3e édition – révision mars 1996
4e édition – révision octobre 2004
5e édition – 3e trimestre 2005
6e édition – 2e trimestre 2017
7e édition – 3e trimestre 2019

Remerciements

La version initiale de ce guide a été réalisée grâce à la collaboration active des membres du Comité bâtiment.

M. Jacques Chouinard
M. Yves Lacharité
M. Daniel Lafleur
M. Paul Langlois
M. Gérard Molle
M. Cyril Pepin
M. Pierre Saucier
M. Pierre A. Tellier

OBNL indépendant et privé, le Réseau Énergie et Bâtiments (REB) a pour mission de mettre en commun l'expérience des membres afin de maximiser et maintenir la performance énergétique des bâtiments. De plus, il vise à être un partenaire fiable et crédible en utilisation rationnelle des énergies et en réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il souhaite rassembler toutes les personnes associées directement ou indirectement au bâtiment et à l'énergie. Il veut optimiser l'utilisation des énergies dans une perspective de transition énergétique, de résilience climatique, d'impact social et environnemental, tant à l'échelle d'un bâtiment que de celle de la communauté.

La mise à jour de la version 2017 a été réalisée par le comité bâtiment.

M. Roland Charneux – Pageau Morel
M. Marc-Antoine Chenail – Bouthillette Parizeau
M. Jérôme Conraud – Université McGill
M. Daniel Choinière – Canmet
M. Jérôme Doloy – Brookfield
M. Marc Francoeur – Gaz Métro
M. Daniel Lafleur – Groupe Petra
M. Philippe Lavallée – UQAM
M. Laurence Marcoux – UQAM
M. Benoît Paillé – CSDM
M. Dominique Turgeon – RNCAN

Table des Matières

Table des Matières IV
Introduction 1
1. Qu'est-ce que la qualité de l'air intérieur? 2
1.1. Définition de la notion de confort et de ses paramètres 2
1.2. Réglementation et normes 5
1.2.1. La température 5
1.2.2. L'humidité relative 6
1.2.3. La diffusion de l'air (ou vitesse de l'air) 6
1.2.4. L'apport d'air extérieur 6
1.2.5. Efficacité de la distribution d'air 8
1.2.6. Méthode d'évaluation de la qualité de l'air intérieur 9
2. La question administrative 11
2.1. Comment prévenir les plaintes des occupants? 11
2.1.1. Communiquer 11
2.2. Comment traiter les plaintes des occupants? 11
2.2.1. Qui doit s'occuper du traitement des plaintes? 11
2.2.2. Respecter la hiérarchie parmi les occupants 11
2.2.3. Toute plainte doit être prise au sérieux 12
2.2.4. Recueillir les détails de la plainte avec courtoisie 12
2.2.5. Informer la ou les personnes de ce que vous allez faire 12
2.2.6. Informer la ou les personnes des résultats de vos travaux 12
2.2.7. Garder un historique des plaintes et de leur traitement 13
3. Diagnostic des problèmes et leurs solutions 14
3.1. Les problèmes les plus fréquents 14
3.2. Autres sources de problèmes 14
3.2.1. Les polluants intérieurs 14
3.2.2. Les polluants extérieurs 15
3.2.3. Les polluants microbiologiques 15
3.2.4. Les critères d'aménagement 17
3.3. Dépistage des problèmes et corrections 17

3.3.1. Arbre de décision pour problèmes de température 18
3.3.2. Arbre de décision pour problèmes d'humidité 22
3.3.3. Arbre de décision pour problèmes de bas débit d'air 27
4. La prévention : vérification et entretien des composantes 28
4.1. Fonctionnement d'un système CVC 30
4.1.1. Description des fonctions des composantes d'un système CVC 30
4.2. Prise d'air extérieur 32
4.2.1. Emplacement de la prise d'air extérieur 32
4.2.2. Élimination de l'eau de pluie et de la neige 34
4.3. Grille pare-oiseaux 34
4.4. Plénum de mélange 35
4.4.1. Propreté du plénum de mélange 35
4.4.2. Obstruction de la prise d'air extérieur et stratification 36
4.5. Quantité d'air extérieur 36
4.5.1. Ajustement du minimum d'air extérieur par détecteur de CO_2 38
4.6. Filtres 39
4.6.1. Existence des filtres 40
4.6.2. Accessibilité des filtres 40
4.6.3. Éclairage 40
4.6.4. Surface à filtrer entièrement recouverte 41
4.6.5. Arrêt des systèmes pendant les changements de filtres 41
4.6.6. Pression statique 42
4.7. Serpentin de chauffage 44
4.7.1. Manque de contrôle 44
4.7.2. Obstruction du serpentin de chauffage 44
4.8. Serpentin de refroidissement 45
4.8.1. Accumulation d'eau 45
4.8.2. Emportement d'eau 46
4.9. Humidificateur 46
4.9.1. Humidité relative trop basse 48
4.9.2. Humidité relative trop élevée 49

4.9.3. Eau stagnante 50
4.9.4. Emportement d'eau 50
4.10. Ventilateur 50
4.10.1. Heures d'opération 51
4.10.2. Perte de puissance du ventilateur 51
4.11. Système de distribution de l'air 52
4.11.1. Gaines obstruées 52
4.11.2. Nettoyage des gaines 52
4.12. Unités de fin de course 53
4.12.1. Serpentin d'unité d'induction 53
4.12.2. Boîte de détente 54
4.12.3. Boîte de mélange – système à double gaine 54
4.12.4. Système de chauffage en terminaison 55
4.12.5. Système à volume d'air variable (VAV) 56
4.12.6. Classification des boîtes à volume d'air variable 56
4.12.7. Stratification et stagnation de l'air 57
4.12.8. Variations des débits minimums et maximums par rapport aux débits spécifiés 57
4.12.9. Admission d'air extérieur insuffisante en position minimum 58
4.13. Salles de mécanique et travaux de nettoyage et de peinture des systèmes 58
4.13.1. Salles de mécanique 58
4.13.2. Travaux de nettoyage et de peinture des systèmes 59
4.14. Plénum de retour 60
4.14.1. Risques de contamination par les produits de nettoyage 60
4.14.2. Plénum trop froid 60
4.14.3. Murs construits jusqu'à la dalle de structure 61
5. Efficacité énergétique et qualité de l'air intérieur 62
5.1. Étanchéité de l'enveloppe extérieure du bâtiment 63
5.2. Réparation et étanchement des volets d'air extérieur, d'évacuation et de mélange 63

5.3. Réduction des fuites d'air aux unités de fin de course, aux soupapes et aux joints des conduites 63
5.4. Réduction du minimum d'air extérieur pour les systèmes CVC 63
5.5. Optimisation du contrôle de mélange pour le refroidissement avec de l'air extérieur 64
5.6. Arrêt de la ventilation en dehors des heures d'occupation 64
5.7. Autres mesures 64
5.8. Analyse et persistance 65
Conclusion 66
6. Annexes : Règlements et standards 67
6.1. Qualité de l'air 67
6.2. Formulaire de plainte 68
6.3. Questionnaire nº1 70
6.4. Questionnaire nº2 72
6.5. Inventaire des plaintes 74
6.6. Formulaire de vérification 75
6.7. Liste des vérifications – ASHRAE 62.1 - 2016 76
6.8. Résumé des fréquences d'entretien recommandées pour certaines composantes 79
6.9. Calendrier des travaux d'entretien 81

Introduction

En 1989, un comité sur la qualité de l'air intérieur, a publié un guide pratique destiné au personnel d'exploitation des systèmes électromécaniques des édifices pour qu'ils puissent résoudre eux-mêmes la majorité des problèmes liés soit à une mauvaise qualité de l'air intérieur, soit à des paramètres de confort.

Ce guide, le premier à être publié en français et en anglais, tant en Amérique du Nord qu'en Europe, a été largement diffusé et a fait l'objet, au Québec, de plusieurs sessions de formation à l'intention du personnel d'exploitation des systèmes électromécaniques des édifices.

Depuis, plusieurs commentaires et suggestions particulières de spécialistes ou de participants sur certains éléments du guide ont été recueillis. Il faut aussi souligner qu'au cours des dernières années, les connaissances sur les divers aspects de la qualité de l'air intérieur dans les édifices se sont grandement développées.

Le contrôle de la qualité de l'air intérieur et l'efficacité énergétique sont deux éléments indissociables de la bonne gestion des édifices. Pour ce faire, l'approche suggérée s'inspire plus de mesures préventives que correctives. Ce guide met donc l'accent sur la prévention tout en étant un outil de travail concret pour celui qui veut le mettre en application.

Afin d'offrir un outil le plus adéquat possible aux divers intervenants et plus particulièrement au personnel d'exploitation des systèmes électromécaniques, une nouvelle version du « **Guide pratique d'entretien pour une bonne qualité de l'air intérieur** » est publiée.

Dans les édifices à bureaux, de 50 à 60 % des problèmes liés à la qualité de l'air intérieur ont leur origine dans des défectuosités ou dans un entretien déficient du système CVC et de ses composantes ; simples à reconnaître, ils peuvent être corrigés facilement. Ce guide de prévention favorise particulièrement le contrôle à la source :

- des défectuosités;
- des contaminants;
- du mauvais ajustement des composantes;

et il suggère des solutions précises.

1. Qu'est-ce que la qualité de l'air intérieur?

Nous avons tous notre propre définition de ce que doit être « la qualité de l'air intérieur », mais nous pourrions nous entendre pour dire qu'une bonne qualité de l'air intérieur est celle qui préserve le confort et la santé des occupants et dont une majorité substantielle de plus de 80 % n'exprime pas d'insatisfaction.

1.1. Définition de la notion de confort et de ses paramètres

La sensation de confort d'une personne est généralement influencée par :

- la température;
- l'humidité relative;
- la vitesse de l'air (diffusion);
- l'apport d'air extérieur;
- le rayonnement;
- le taux métabolique;
- l'isolation vestimentaire.

La figure 1 adaptée de la norme d'ASHRAE 55-2013 intitulée «Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy »[1] démontre sous la forme d'un graphique les plages de température ressenties et d'humidité relative qui donnent satisfaction à la majorité des personnes en bonne santé. La température ressentie se calcule à partir de la température ambiante et de la température moyenne de rayonnement. À chacune de ces températures, un facteur de pondération, déterminé en fonction de la vitesse de l'air ambiant, doit être appliqué.

Il faut noter que cette norme ne permet pas de satisfaire tout le monde, car dans les notes qui l'accompagnent, il est clairement indiqué que ces plages ne peuvent satisfaire que 80 % des occupants. Toutefois, selon la figure 1, les plages recommandées sont basées sur un critère d'insatisfaction de 10 %.

Dans la nouvelle norme ASHRAE 55-2013 émise récemment, les limites des paramètres de confort qui y sont listés ne sont pas spécifiques à nos régions. Le nouvel abaque des plages de température tient compte de l'indice d'habillement (Clo) plutôt que des périodes d'hiver et été et il n'y a aucun niveau d'humidité minimum recommandé.

Bien que l'ASHRAE n'ait plus de recommandations concernant les taux d'humidité à maintenir à l'intérieur des bâtiments, les recommandations passées de 20% minimum et 60% maximum semblent être encore de mise. Au Québec, le règlement sur la santé et la sécurité du travail requiert à l'article 110 un minimum de 20% pour les bâtiments construits après 1979.

[1] *1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

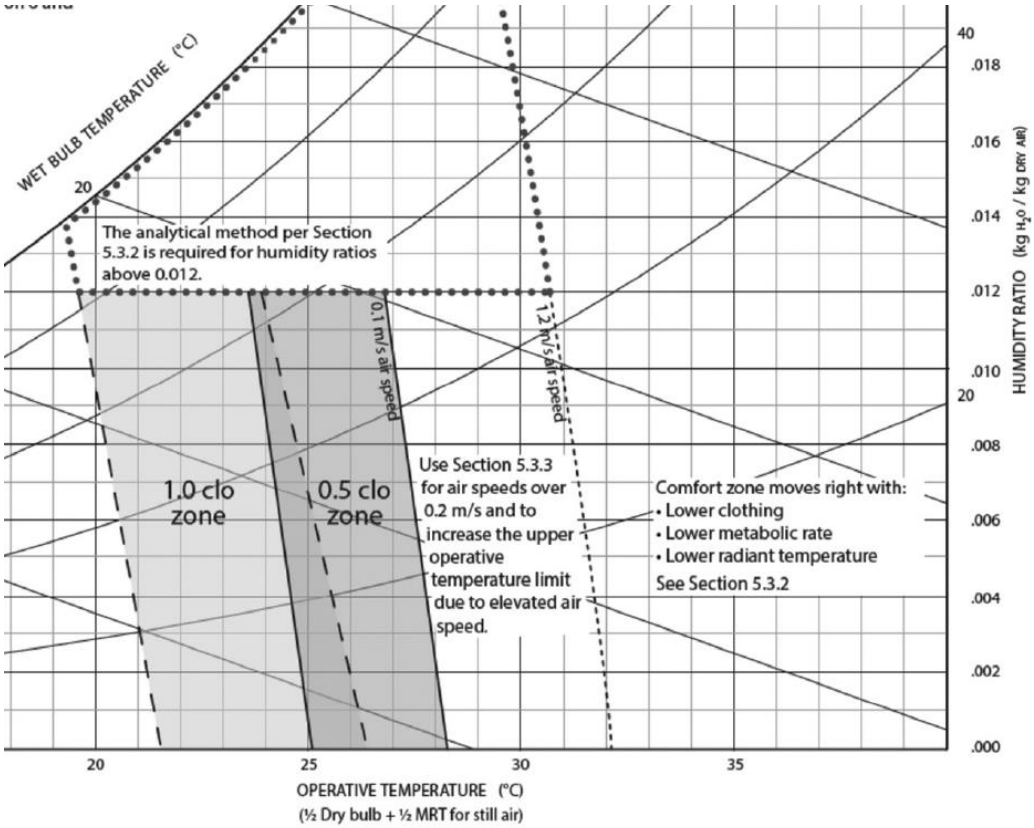
Bien sûr, une attention toute particulière doit être portée dans les bâtiments existants et dans les bâtiments patrimoniaux. Des taux d'humidité de plus de 20% l'hiver risquent de causer de la condensation visible sur les surfaces froides telles que le verre et les meneaux, mais aussi plus insidieusement à l'intérieur des murs, pouvant causer une détérioration structurale et la prolifération de moisissure. Cette prolifération de moisissures peut créer d'importants problèmes de qualité de l'air.

Figure 1

Extrait de l'ASHRAE 55-2013

Zone de confort

Températures ressenties et taux d'humidité relative acceptables pour des tenues vestimentaires hivernales de 1.0 clo et estivales de 0.5 clo typiques et un niveau d'activité léger, principalement sédentaire, adapté de l'ASHRAE 55-2013.



La sensation de confort thermique est très personnelle, certaines personnes ont toujours chaud, d'autres ont besoin d'une température assez élevée pour se sentir confortable. Les personnes qui se déplacent beaucoup dans leur travail sont moins sensibles aux changements de température que celles qui restent assises à leur bureau pour écrire, par exemple.

De plus, le rayonnement asymétrique de surfaces chaudes ou froides peut être source d'inconfort, principalement pour les personnes situées à proximité des fenêtres. Il faut de plus s'assurer que le gradient de température entre le plancher et le plafond ne soit pas trop prononcé car cela peut provoquer une sensation d'inconfort.

L'apport d'air extérieur est nécessaire non seulement pour les besoins de respiration des occupants, mais également pour diluer les odeurs (corporelles, la fumée de tabac, les matériaux de construction, les meubles, etc.) et autres émanations telles que l'anhydride carbonique, communément appelé dioxyde de carbone ou CO_2, produit par la respiration des occupants. Sans cette dilution, les concentrations de ces odeurs et émanations deviendraient tellement élevées qu'elles finiraient par provoquer un inconfort pour la majorité des occupants, allant même jusqu'à être nocives pour leur santé.

La vitesse de l'air influence également la sensation de confort thermique. En hiver, lorsque la température de l'air est plus froide, les occupants supportent mal les courants d'air froid. En été, lorsque la température de l'air est plus chaude, c'est le contraire, les personnes aiment sentir un léger déplacement d'air qui leur apporte une sensation plus grande de fraîcheur. Donc, en général, les quatre paramètres qui interviennent pour le confort et la santé des occupants sont :

- la température ressentie;
- l'humidité relative;
- la diffusion de l'air;
- l'apport d'air extérieur.

Cependant, certains locaux sont plus critiques que d'autres en raison d'émanations plus importantes, tels que :

- les salles où sont utilisés des photocopieurs, incluant les imprimantes 3D, si elles sont mal ventilées;
- les locaux où l'on utilise beaucoup de papier, à cause de la poussière produite par ce dernier, comme dans les salles d'informatique ou celles d'ouverture du courrier, par exemple;
- les endroits où l'on se sert de machines à copier les plans (dans les bureaux d'ingénieurs en particulier).

Il peut y avoir également des problèmes temporaires, comme :

- les émanations provenant de la pose d'un nouveau tapis de sol (colle)
- ou encore, lors de certains travaux de rénovation (peinture, etc.).

Tout ceci est facilement identifiable par une simple visite dans les locaux où les occupants sont incommodés ou inconfortables.

1.2. Réglementation et normes

Les normes concernant la plupart des paramètres reliés à la qualité de l'air intérieur se retrouvent dans les textes suivants :

- ASHRAE 62.1-2016, ASHRAE Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality;
- ASHRAE 55-2013, ASHRAE Standard. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy;
- Règlements provinciaux (tels que la CNESST pour le Québec);
- Règlements municipaux;
- Code national du bâtiment.

1.2.1. La température

La norme d'ASHRAE 55-2013 recommande une gamme de températures ressenties, qui dépend à la fois de l'humidité relative, de la tenue vestimentaire qui varie selon les saisons, du niveau d'activité et de la vitesse de l'air, telle que représentée à la figure 1.

Ainsi, par exemple :

Températures ressenties recommandées	
Hiver à 20% HR	Été à 50% HR
21ºC – 26ºC	24ºC – 27ºC

Selon ASHRAE 55-2013, les variations cycliques ou variant dans un sens croissant ou décroissant (monotone) de la température ressentie doivent être contrôlées durant la journée et maintenues à l'intérieur de certaines limites.

En ce qui a trait à l'asymétrie des températures de rayonnement, elle ne doit pas être supérieure à 5°C (9°F) si le plafond est plus chaud que le plancher ou 14°C (25°F) si le plafond est plus froid que le plancher sur le plan horizontal et de 23°C (41°F) si les murs sont plus chaud que l'air de la pièce ou 10°C (18°F) si les murs sont plus froids que l'air de la pièce sur le plan vertical.

Pour contrer les effets d'inconfort résultant d'un gradient de température pouvant exister à un poste de travail, on doit limiter l'écart de température dans le plan vertical (mesuré à 0,1 m et 1,7 m) à un maximum de 3 °C (5 °F). Pour minimiser l'inconfort au niveau des pieds, la température de surface du plancher doit être maintenue entre 19 °C (66 °F) et 29 °C (84°F).

1.2.2. L'humidité relative

La norme d'ASHRAE 55-2013 recommande une gamme d'humidité relative variant selon la température (voir figure 1). Contrairement aux versions précédentes de la norme (ASHRAE 55-1992 et précédentes), aucun seuil minimum n'est établi pour l'humidité relative.

Néanmoins, étant donné l'inconfort créé par des taux d'humidité trop bas (desséchement de la peau, toux, etc.), il est de bonne pratique de maintenir un taux d'humidité d'au moins 20% tel que recommandé dans le Règlement sur la santé et la sécurité au travail.

En maintenant l'humidité relative à l'intérieur des plages recommandées par ASHRAE 55-2013 et en maintenant un taux d'humidité minimum de 20% en hiver, il y a généralement peu de plaintes d'inconfort.

1.2.3. La diffusion de l'air (ou vitesse de l'air)

Dans les plages de températures assurant un confort thermique (voir figure 1), aucun mouvement d'air minimal n'est requis. Par contre, pour une température donnée, il faut éviter la présence de courants d'air qui peuvent provoquer un refroidissement localisé. En été, la zone de confort peut être élargie de 27°C à 30°C si la vitesse moyenne de l'air est augmentée jusqu'à un maximum de 0,8 m/s (160 pi/min.), vitesse au-delà de laquelle les papiers qui sont sur le bureau commencent à s'envoler.

Pour l'application des paramètres décrits précédemment, le lecteur est invité à consulter la norme de l'ASHRAE 55-2013.

De façon générale, des conditions confortables sont observées lorsque la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,15 m/s (30 pieds/min.) en hiver et 0,25 m/s (50 pieds/min.) en été.

1.2.4. L'apport d'air extérieur

La plupart des édifices, à l'heure actuelle, ne comportent pas de fenêtres ouvrantes, c'est donc la ventilation mécanique qui est chargée de l'apport d'air extérieur pour le bien-être des occupants.

La norme ASHRAE 62.1-2016 (Ventilation pour une qualité d'air intérieur acceptable) recommande plusieurs procédures pour déterminer l'apport d'air extérieur : une procédure basée sur le taux de ventilation minimal, une procédure basée sur l'analyse de la qualité de l'air intérieur et une procédure pour la ventilation naturelle.

La première procédure, dite de taux de ventilation, calcule l'apport d'air extérieur en fonction du nombre d'occupants et de la superficie desservie :

Taux de ventilation minimale dans la zone respiratoire pour des bureaux

La zone respiratoire est la zone dans la partie occupée contenue entre 75 et 1800 mm (3 et 72 pouces) au-dessus du plancher et à plus de 600 mm (24 pouces) des murs ou des installations fixes de climatisation.

Type d'occupation	Apport d'air extérieur par personne		Apport d'air extérieur selon superficie		Valeurs par défaut			Classe d'air (note 3)
					Densité d'occupation (note 1)	Taux combiné d'apport d'air extérieur (note 2)		
	pcm/pers.	l/s*pers.	pcm/pi^2	l/s*m^2	#/1000 pi^2 ou #/100 m^2	pcm/pers.	l/s*pers.	
Édifices à bureaux								
Espaces à bureaux	5	2.5	0.06	0.3	5	17	8.5	1

Notes :

1. La valeur par défaut de la densité d'occupation doit être utilisée quand la densité actuelle d'occupation n'est pas connue.
2. Ce taux est basé sur la valeur par défaut de la densité d'occupation.
3. La classification de l'air est basée sur la concentration relative des contaminants. Pour les espaces à bureaux, une classification de type 1, réfère à l'air ayant une basse concentration de contaminant, une basse intensité d'irritation sensorielle et une odeur inoffensive.

Pour tout autre type d'occupation, référer à la norme ASHRAE 62.1-2016.

1.2.5. Efficacité de la distribution d'air

L'efficacité de la distribution de l'air dans l'espace desservi doit être déterminée en fonction du type de système. C'est pourquoi ASHRAE 62.1-2016 a émis un tableau décrivant les facteurs de correction à utiliser avec le taux de ventilation minimale dans la zone respiratoire :

Efficacité de la distribution d'air dans la zone desservie	Facteur de correction
Alimentation d'air frais par le plafond.	1.0
Alimentation d'air chaud par le plafond et retour par le plancher.	1.0
Alimentation d'air chaud par le plafond à 8°C (15°F) ou plus au-dessus de la température de l'espace desservi et retour par le plafond.	0.8
Alimentation d'air chaud par le plafond à moins de 8°C (15°F) au-dessus de la température de l'espace desservi et retour par le plafond qui assure que l'air d'alimentation à 0.8 m/s (150 ppm), atteint au moins une distance maximale de 1.4 m (4.5 pi.) du niveau du plancher. Note : Pour une vélocité d'air d'alimentation plus basse, utiliser 0.8.	1
Alimentation d'air frais par le plancher et retour par le plafond qui assure que la vitesse du jet d'air vertical est supérieure à 0.25 m/s (50 ppm) à une hauteur de 1.4 m (4.5 pi.) au-dessus du niveau du plancher. (ASHRAE 55-2013, addendum A)	1.0
Alimentation d'air frais par le plancher et retour par le plafond, fournissant un déplacement d'air à basse vélocité assurant un courant d'air unidirectionnel et une stratification thermique ou systèmes d'alimentation de l'air sous le plancher pour lesquels la vitesse du jet d'air vertical est inférieure ou égale à 0.25 m/s (50 ppm) à une hauteur de 1.4 m (4.5 pi.) du niveau du plancher.	1.2
Alimentation d'air chaud par le plancher et retour par le plancher.	1.0
Alimentation d'air chaud par le plancher et retour par le plafond.	0.7
Air de remplacement extrait au côté opposé de la pièce par l'évacuation ou le retour.	0.8
Air de remplacement extrait à proximité par l'évacuation ou le retour.	0.5

Définitions :

« Air frais », est l'air à une température plus froide que la pièce.

« Air chaud », est l'air à une température plus élevée que la pièce.

« Plafond », inclut tout point au-dessus de la zone respiratoire.

« Plancher », inclut tout point au-dessous de la zone respiratoire.

Les recommandations de l'ASHRAE se basent sur l'occupation des locaux selon le type d'espace et/ou application, le niveau d'occupation et la superficie du plancher. Les minimums sont basés sur les polluants couramment retrouvés dans les édifices.

Exemple :

Pour un local de type espace à bureaux, ayant une superficie de 1000 pi^2 et une occupation de 5 personnes, la quantité d'air extérieur totale sera la suivante (utiliser le tableau pour le taux de ventilation minimale dans la zone respiratoire) :

Air extérieur total pour des bureaux

= Air ext. selon densité d'occupation	+ Air ext. selon la superficie
= Nb d'occupants × air ext. / pers.	+ Superficie × air ext. / m^2
= 5 pers. × 2.5 l/s*pers.	+ 100 m^2 × 0.3 l/s*m^2
= 12.5 l/s	+ 30 l/s
= 42.5 l/s	

Donc, tel qu'indiqué au tableau du taux de ventilation minimale dans la zone respiratoire, la quantité d'air extérieur par personne sera de 8.5 l/s (17 pcm/personne).

1.2.6. Méthode d'évaluation de la qualité de l'air intérieur

La norme ASHRAE 62.1-2016 permet aussi d'ajuster l'apport d'air extérieur en fonction du taux de CO_2 dans la pièce. Il est à noter que cette méthode ne mesure pas la toxicité du CO_2, mais plutôt la relation entre le taux de CO_2 à l'équilibre à la pièce ou espace et une quantité d'air extérieur alimentant cette pièce.

Les occupants d'un espace à bureaux produisent du CO_2, de la vapeur d'eau et une multitude d'autres émanations biologiques. Les quantités d'air extérieur recommandées par l'ASHRAE sont calculées pour réduire le niveau de ces contaminants à un niveau acceptable et contrôler les bio-effluents humains. Le CO_2 est un contaminant relativement facile à mesurer et qui est toujours présent là où il y a des occupants dans un local. Le CO_2 peut donc servir d'indice pour l'air extérieur à introduire dans le bâtiment car s'il y a peu d'air extérieur, la concentration de CO_2 augmente. Il va de soi que lorsqu'on introduit de l'air extérieur pour diluer la concentration de CO_2, on dilue en même temps les odeurs et certains autres contaminants.

La norme d'ASHRAE 62.1-2016 recommande une différence maximale de 700 parties par million (ppm) avec le niveau mesuré dans l'air extérieur.

En général, lorsque l'admission d'air extérieur est suffisante pour maintenir un niveau de CO_2 à moins de 700 ppm de plus que le niveau extérieur, les concentrations des odeurs et autres contaminants sont aussi réduites et les occupants se sentent confortables.

À noter que le niveau de CO_2, dans l'air extérieur est variable et de l'ordre de 350 à 500 ppm. Le CO_2 n'est pas à bannir à tout prix, car il est nécessaire à l'équilibre naturel. Les plantes, par exemple, ne pourraient pas vivre sans CO_2.

Note: Cependant, il est important de noter qu'en plus de la valeur relative de la concentration du CO_2*, d'autres indicateurs doivent aussi être mesurés pour évaluer la qualité de l'air intérieur, en particulier dans les édifices où des sources spécifiques de contaminants sont identifiées tels que des laboratoires, des cliniques, des ateliers de travail, etc. Cela est dû au fait que le processus d'émission et d'élimination de ces contaminants n'est pas identique à celui du* CO_2*.*

2. La question administrative

Vous recevez des plaintes concernant la qualité de l'air intérieur? Cette section vous donne quelques suggestions afin de pouvoir traiter ces plaintes au point de vue administratif.

2.1. Comment prévenir les plaintes des occupants?

2.1.1. Communiquer

Nous l'avons vu au premier chapitre la question du confort thermique et de la qualité d'air peuvent être très subjectives d'un individu à l'autre. Afin de prévenir les inquiétudes et les plaintes il convient d'informer les occupants de l'immeuble lors d'évènements qui pourraient être perçu comme des menaces au confort comme par exemple :

- Travaux bruyants, poussiéreux ou nécessitant l'arrêt de systèmes de ventilation;
- Travaux odorants près des prises d'air (réfection de toiture, peinture, etc.);
- Travaux de rénovation apparents (changement de l'éclairage, de tapis, etc.).

Un communiqué officiel peut être transmis à l'avance aux occupants du secteur concerné en indiquant l'horaire prévu des perturbations, les effets et les mesures d'atténuation qui seront mises en place.

2.2. Comment traiter les plaintes des occupants?

2.2.1. Qui doit s'occuper du traitement des plaintes?

Vérifiez avec votre supérieur la marche à suivre pour le traitement des plaintes. Est-ce vous ou lui qui vous occuperez de la question administrative avec les occupants?

Les guides publiés par la gestion immobilière à l'intention des locataires de l'immeuble sont une bonne opportunité pour indiquer aux occupants les canaux de communication à utiliser pour la transmission des plaintes ou des demandes de service. Lorsque ces requêtes sont centralisées il devient plus aisé d'en assurer le suivi ainsi que de fournir une rétroaction aux clients.

2.2.2. Respecter la hiérarchie parmi les occupants

Certains organismes ont une hiérarchie très informelle et cela peut vous permettre d'agir avec n'importe quel membre de leur personnel. D'autres possèdent une hiérarchie plus formelle et exigent que les plaintes et leur traitement soient acheminés par l'intermédiaire d'un responsable désigné.

Dans ce dernier cas, il faut respecter cette hiérarchie et traiter les plaintes avec la personne responsable. Vous pouvez peut-être lui fournir des copies de votre formulaire de plaintes ou questionnaires. Vous n'avez alors qu'à recueillir les formulaires remplis auprès du responsable et lui communiquer ensuite les résultats de vos travaux sans avoir à déranger tout le personnel. Il est important de respecter la hiérarchie et l'organisation chez les occupants.

2.2.3. Toute plainte doit être prise au sérieux

Quand une personne se sent mal ou qu'elle a mal à la tête, elle n'aimera pas se faire dire qu'elle va bien ou que ce qu'elle dit n'est pas vrai. Il faut prendre toute plainte au sérieux, agir avec diligence et faire les vérifications nécessaires.

2.2.4. Recueillir les détails de la plainte avec courtoisie

La première étape est de recueillir le plus d'informations et de détails possibles au sujet de la plainte. Un exemple de questionnaire est annexé au présent document. Si vous ne pouvez obtenir tous les détails, il vous faut connaître tout au moins la nature de la plainte (trop chaud, trop froid, trop sec, autres malaises, etc.), la localisation et l'heure auxquelles ces plaintes apparaissent ainsi que leur fréquence.

Lorsque le problème est sporadique il peut être bénéfique de proposer à l'occupant d'enregistrer ses périodes d'inconfort sur un journal en indiquant ces informations ainsi que le degré et la durée des symptômes et toutes les autres observations qui peuvent aider à déterminer la cause du problème. Un exemple de journal est annexé au présent document.

2.2.5. Informer la ou les personnes de ce que vous allez faire

Par exemple, vous pouvez expliquer que vous allez vérifier, ou faire vérifier, la température, l'humidité relative, la concentration de CO_2, l'apport d'air extérieur, le réglage du thermostat ou du système CVC, effectuer une analyse de l'historique des plaintes dans le secteur en particulier, les modifications récentes apportée à l'immeuble, etc. Ne leur dites pas n'importe quoi. Il est important d'informer correctement la ou les personnes concernées des mesures spécifiques que vous allez entreprendre et, si possible, informez-les des délais nécessaires.

2.2.6. Informer la ou les personnes des résultats de vos travaux

Pour éviter d'exaspérer les occupants qui pensent peut-être que vous n'avez rien fait suite à leur plainte, il est souhaitable de les informer de ce que vous avez fait : relevés, vérifications et actions correctrices s'il y a lieu, travaux qui restent à faire un résultat final. Si vos vérifications indiquent que tout est normal, il faut également leur dire et leur montrer que vos relevés indiquent que tout est normal. Assurer une communication constante et une rétroaction permet d'éviter que la situation ne s'envenime et assure une bonne compréhension des étapes du traitement par toutes les parties.

2.2.7. Garder un historique des plaintes et de leur traitement

Pour vos besoins administratifs, nous vous conseillons de tenir un journal où seront enregistrées toutes les données pertinentes des plaintes que vous recevez : l'endroit et l'heure de la plainte, les relevés que vous avez faits et les actions correctrices effectuées.

Ce journal vous permettra d'établir des statistiques qui vous aideront à dépister les problèmes, à savoir par exemple, si un problème est local ou général, s'il arrive toujours le matin ou l'après-midi, le lundi ou le vendredi, en hiver seulement ou toute l'année, etc. Ces statistiques vous aideront également à préparer et justifier des budgets pour des travaux d'amélioration à plus ou moins long terme.

3. Diagnostic des problèmes et leurs solutions

D'après des études réalisées aussi bien au Québec, au Canada qu'aux États-Unis, on sait que 50 à 60 % des problèmes reliés à la qualité de l'air intérieur sont directement attribuables à un défaut ou à un mauvais fonctionnement du système CVC. Mais, ce qui est encore plus significatif, c'est qu'environ 80 % des problèmes de la qualité de l'air intérieur peuvent être corrigés par le système CVC. C'est donc là que doivent porter vos efforts afin de prévenir et résoudre le plus grand nombre de problèmes tout en préservant l'efficacité énergétique. D'ailleurs, un chapitre complet de ce guide pratique est consacré à la prévention.

3.1. Les problèmes les plus fréquents

Comme nous l'avons déjà mentionné, ce qui affecte le plus souvent le confort des occupants est généralement relié à :

- la température de l'air;
- l'humidité relative;
- la diffusion de l'air;
- l'apport d'air extérieur.

C'est avec un bon réglage des systèmes CVC pour respecter les normes énoncées au chapitre 1, que vous pourrez corriger ces problèmes. Vous trouverez à la section 3.3 de ce chapitre des arbres de décisions qui vous aideront à dépister ces problèmes, et au chapitre 4, les procédures d'inspection et d'entretien pour les éviter.

3.2. Autres sources de problèmes

D'autres sources peuvent également affecter la qualité de l'air intérieur et notamment:

3.2.1. Les polluants intérieurs

Ceux-ci comprennent la fumée de tabac, le monoxyde de carbone (combustion), les composés organiques volatiles (formaldéhyde, xylène, toluène, etc.) et le dioxyde de carbone (respiration). Occasionnellement, des gaz peuvent émaner des photocopieurs et des machines à reproduire les plans.

Les gaz émis par les matériaux de construction et l'ameublement peuvent également causer un inconfort ou des irritations, en particulier les fibres synthétiques des revêtements en tissus, les écrans, les plastiques, les colles, les résines, les peintures, etc. Les odeurs sont plus fortes lorsque les matériaux sont neufs et il y aurait lieu d'augmenter le taux d'admission d'air extérieur ainsi que les heures de fonctionnement du système CVC lorsque l'édifice est neuf ou vient d'être rénové.

Selon le « Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles à bureaux » publié par Santé Canada en 1995 :

- Il existe plusieurs milliers de composés organiques volatiles (COV), parmi lesquels plus de 900 ont été décelés dans l'air intérieur d'immeuble, et dont 250 étaient présents en concentration supérieure à 1 partie par milliard (ppb).
- Pour des concentrations de 0,3 à 3 mg/m3, nous pouvons percevoir des odeurs, avoir des irritations et ressentir de l'inconfort.
- Pour des concentrations supérieures à 3 mg/m3 nous pouvons nous attendre à recevoir des plaintes.
- Pour des concentrations supérieures à 8 mg/m3 les symptômes tel que: fatigue, confusion, irritation du nez et des yeux sont rapportés.
- Malgré qu'aucune norme existe pour le moment au Canada, il est mentionné de cibler une concentration de 1 mg/m3 et d'intervenir si le niveau atteint 5 mg/m3.

3.2.2. Les polluants extérieurs

Les polluants extérieurs sont généralement composés des gaz de combustion des automobiles et des cheminées ou tout simplement des poussières et des odeurs provenant de déchets entreposés près des prises d'air.

3.2.3. Les polluants microbiologiques

La présence de microorganismes à l'intérieur du système CVC ou dans les locaux que nous occupons peut être source de plaintes et de problèmes de santé. Les champignons, les bactéries, les virus, les protozoaires et les antigènes sont susceptibles d'être retrouvés dans les environnements intérieurs.

La prolifération des microorganismes est généralement favorisée dans les milieux humides et chauds. La majeure partie des micro-organismes d'origine extérieure quant à eux peuvent être captés par la présence de filtres adéquats. Leur entrée peut être évitée par la configuration de la prise d'air (localisation, dimension, etc.).

Les principales sources de contamination sont :

Prise d'air extérieur

- Tour de refroidissement, système d'évacuation, évent sanitaire, neige, pluie, aire d'entreposage, matières végétales, matières fécales, eau stagnante.

Unité de filtration

- Filtres mouillés, étanchéité, basse efficacité, usure prématurée.

Serpentins de chauffage et de refroidissement

- Accumulation de poussières, emportement d'eau, accumulation d'eau, matériaux poreux.

Humidificateurs et bacs

- Bac mal drainé, eau recirculée contaminée, condensation de la vapeur, emportement d'eau.

Conduits

- Accumulation de poussières, humidité excessive, condensation, infiltration.

À l'intérieur des locaux

- Condensation, serpentin de refroidissement
- Matériaux poreux (tapis, tuiles acoustiques) humidificateur portatif
- Individus
- Plantes
- Infiltration d'eau

Aucune norme fédérale ne précise quel devrait être le seuil d'exposition maximal à des concentrations microbiennes dans les immeubles publics. Des lignes directrices ont été établies par Santé Canada, soit pour les niveaux extérieurs :

- Été : 500 UFC/m^3 (unités formant colonie par mètre cube);
- Hiver : 150 UFC/m^3.

Cette lacune s'explique par le fait que la sensibilité des humains aux agents microbiens varie considérablement d'un sujet à l'autre en fonction d'une multitude de facteurs tels que la génétique, l'âge et l'usage du tabac.

Le comité américain sur les bio-aérosols de l'ACGIH affirme que la présence de micro-organismes, particulièrement de moisissures, est acceptable quand les espèces retrouvées dans l'air intérieur et dans l'air extérieur sont semblables et quand les concentrations intérieures sont, au plus, égales à celles de l'extérieur.

Cette affirmation implique que l'air extérieur doit être utilisé comme contrôle dans toutes les évaluations. Toutefois, la présence de certains agents pathogènes et champignons toxiques n'est pas acceptable et exige une enquête plus approfondie.

D'autre part, des lignes directrices ont été établies par Santé Canada dans le document « Contamination fongique dans les immeubles publics ».

Ce guide présente entre autres, le critère suivant :

> « Une concentration de plus de 50 unités formant des colonies par mètre cube d'air (UFC/m^3) est un motif de préoccupation si une seule espèce autre que ***Cladosporium*** ou ***Alternaria*** est présente. Une enquête plus approfondie est alors nécessaire. Dans la majorité des cas, la présence de prolifération microbienne peut provoquer chez certains sujets des réactions allergiques, sans pour autant comporter des risques importants pour la santé. Ces risques sont toutefois plus importants chez les personnes immunocompromises (notamment, suite à un traitement de chimiothérapie). »

3.2.4. Les critères d'aménagement

Tous les bâtiments sont conçus selon certains critères d'aménagement, tels que la densité d'occupation, l'affectation des pièces, les cloisons, les densités des équipements, etc. Toute dérogation à ces derniers peut entraîner des problèmes d'inconfort.

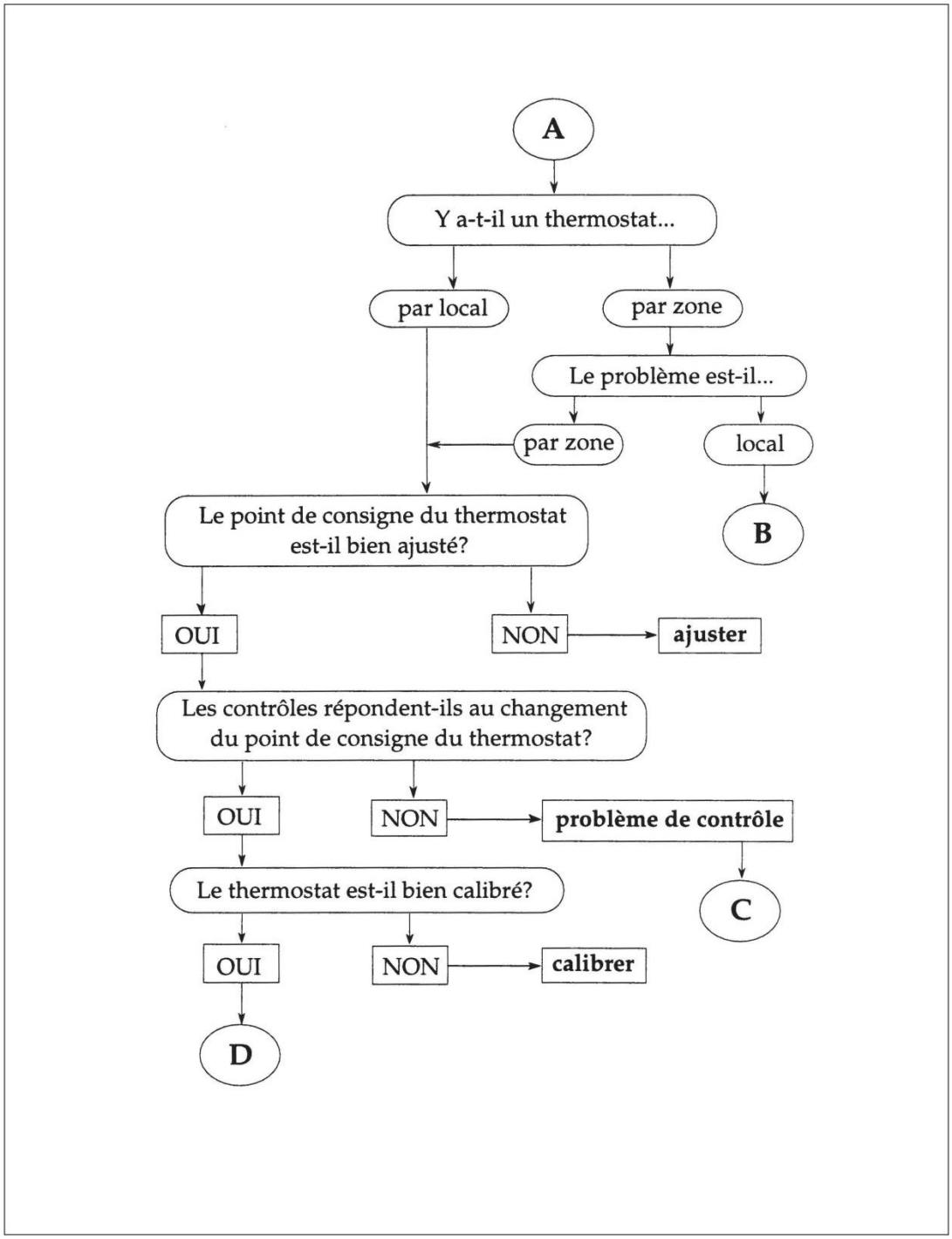
3.3. Dépistage des problèmes et corrections

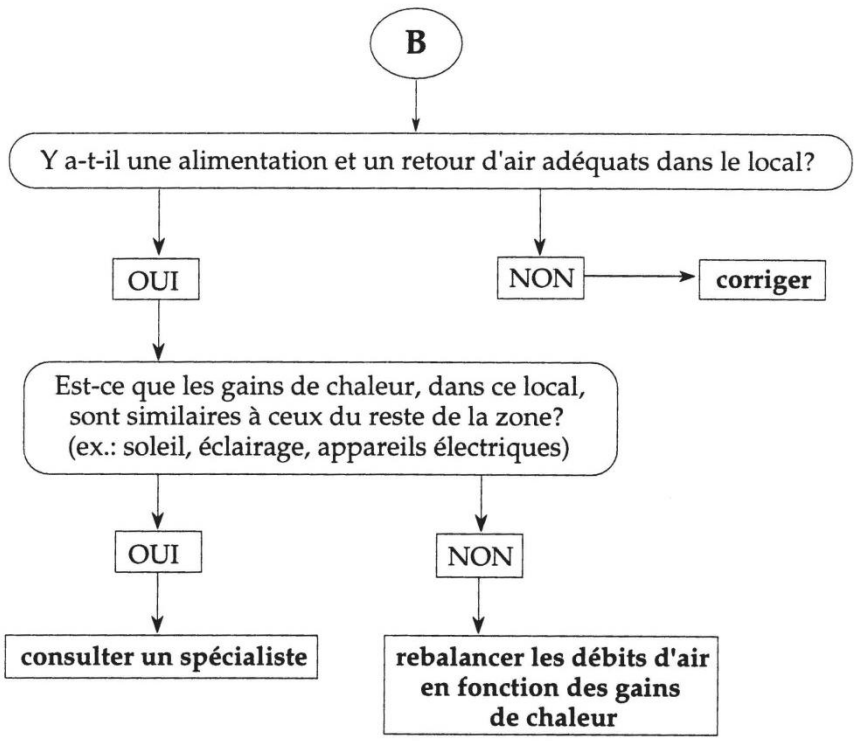
Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, la majorité des problèmes reliés à la qualité de l'air intérieur provient bien souvent des systèmes CVC, et la plupart de ces problèmes sont faciles à résoudre. **Dans cette section, vous trouverez trois arbres de décisions qui pourront vous assister dans le dépistage et la correction des problèmes les plus courants.**

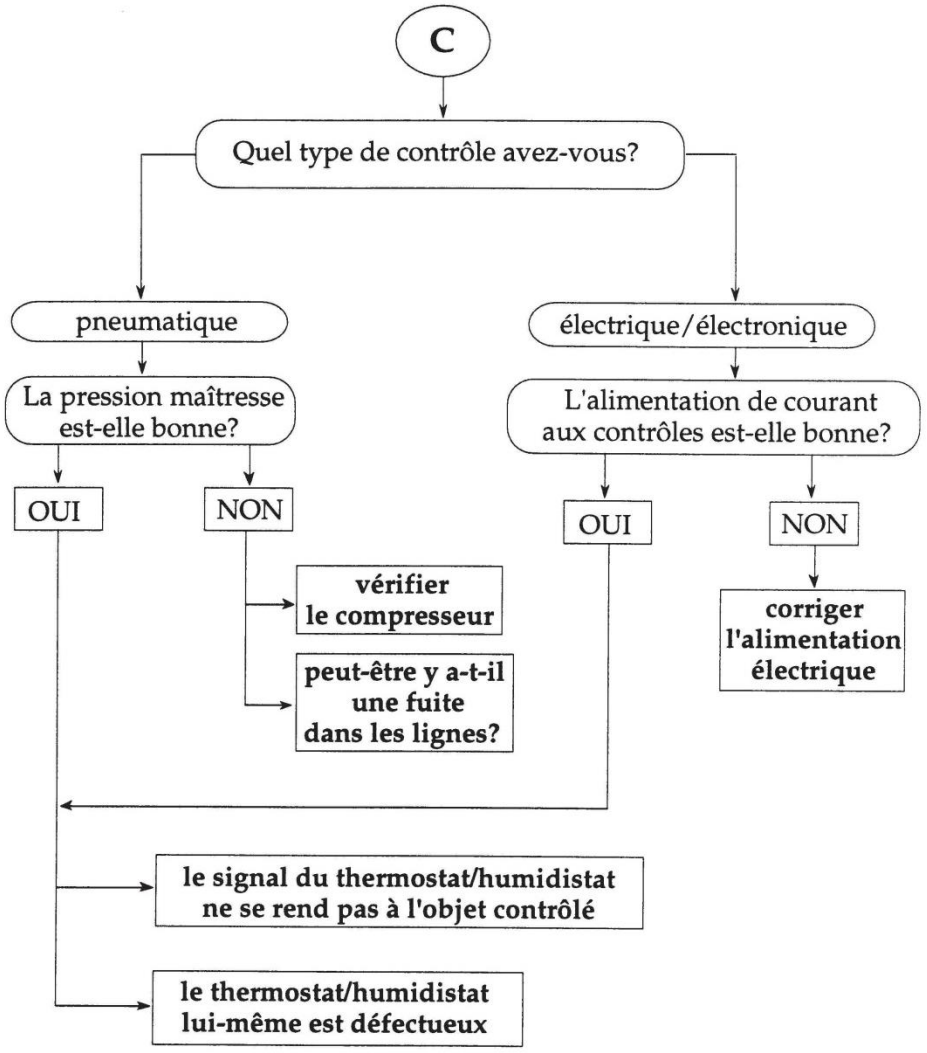
Cependant, compte tenu de la grande variété des systèmes CVC, nous ne pouvons pas prétendre que ces arbres couvrent tous les cas possibles. Toutefois, ils devraient vous aider considérablement avant d'avoir besoin de faire appel à un spécialiste externe.

Vous aimez les défis? Nous vous suggérons d'adapter ces arbres de décision à votre édifice. Comme de vrais arbres, vous allez les voir grandir au fur et à mesure que vous résoudrez un nouveau problème et que vous y ajouterez une nouvelle branche.

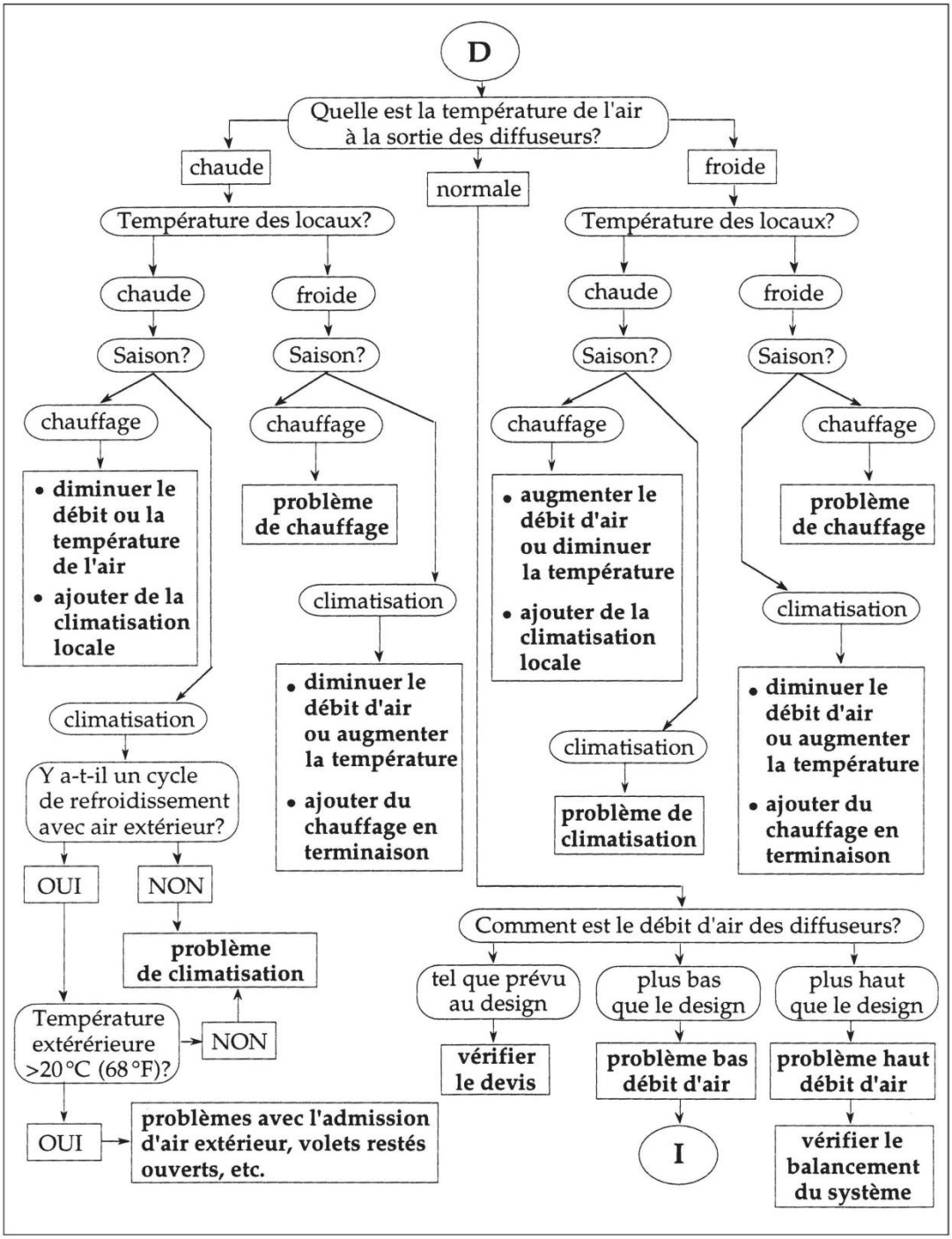
3.3.1. Arbre de décision pour problèmes de température



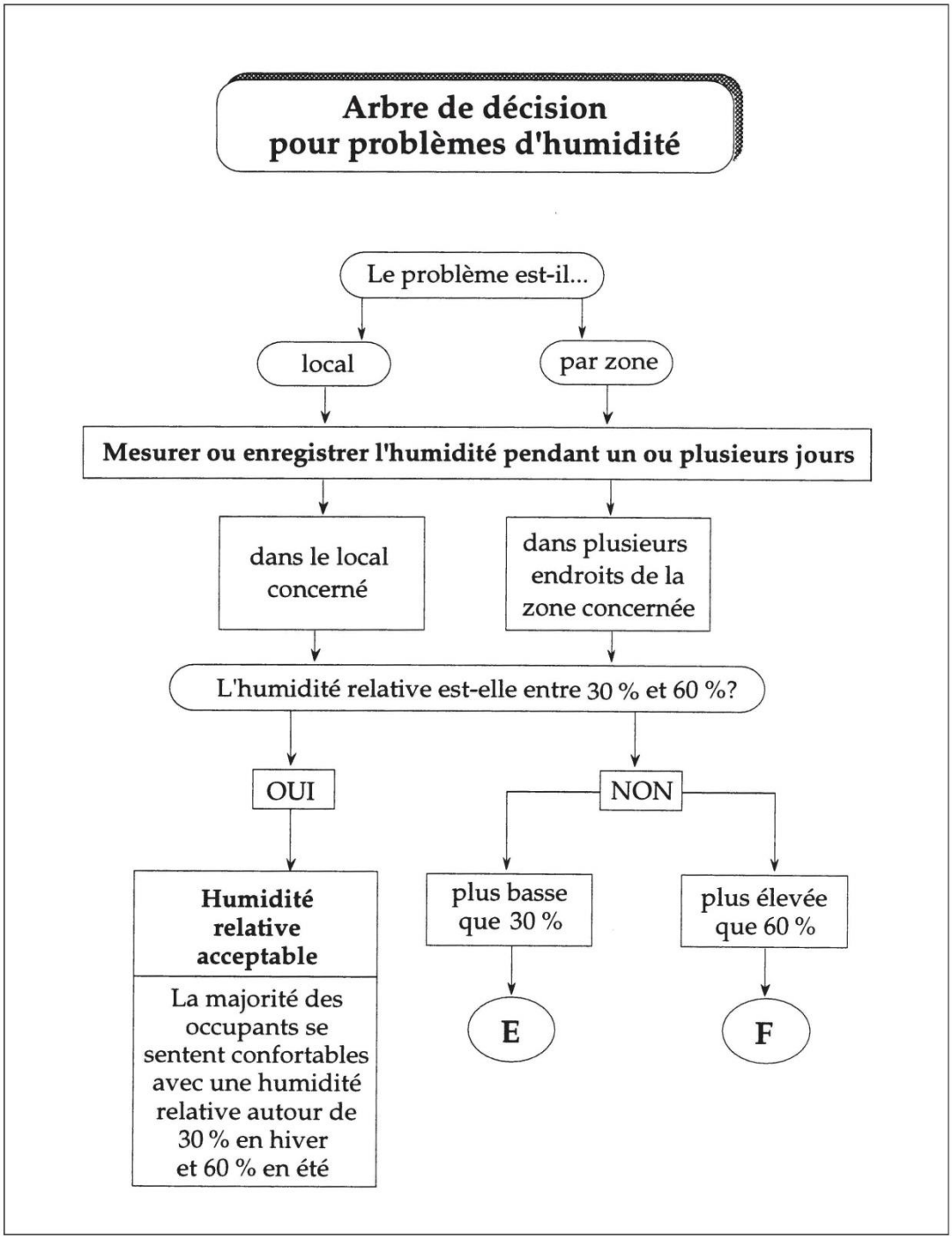

B
Y a-t-il une alimentation et un retour d'air adéquats dans le local?
OUI
NON
corriger
Est-ce que les gains de chaleur, dans ce local, sont similaires à ceux du reste de la zone? (ex.: soleil, éclairage, appareils électriques)
OUI
NON
consulter un spécialiste
rebalancer les débits d'air en fonction des gains de chaleur

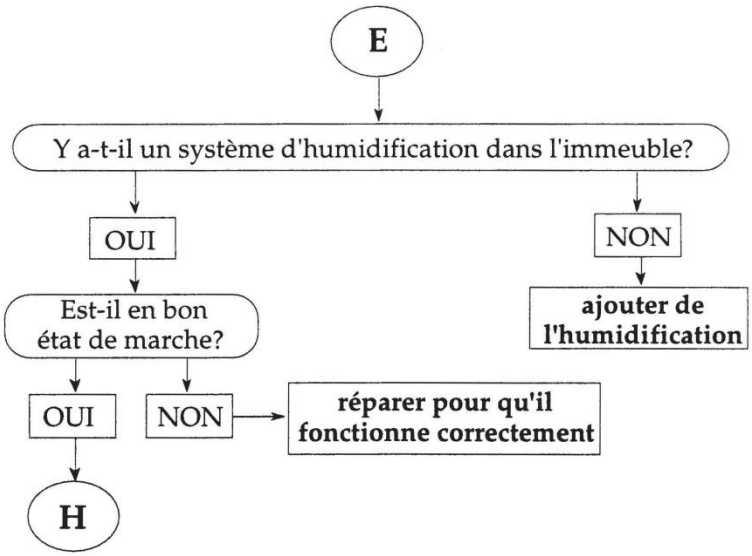


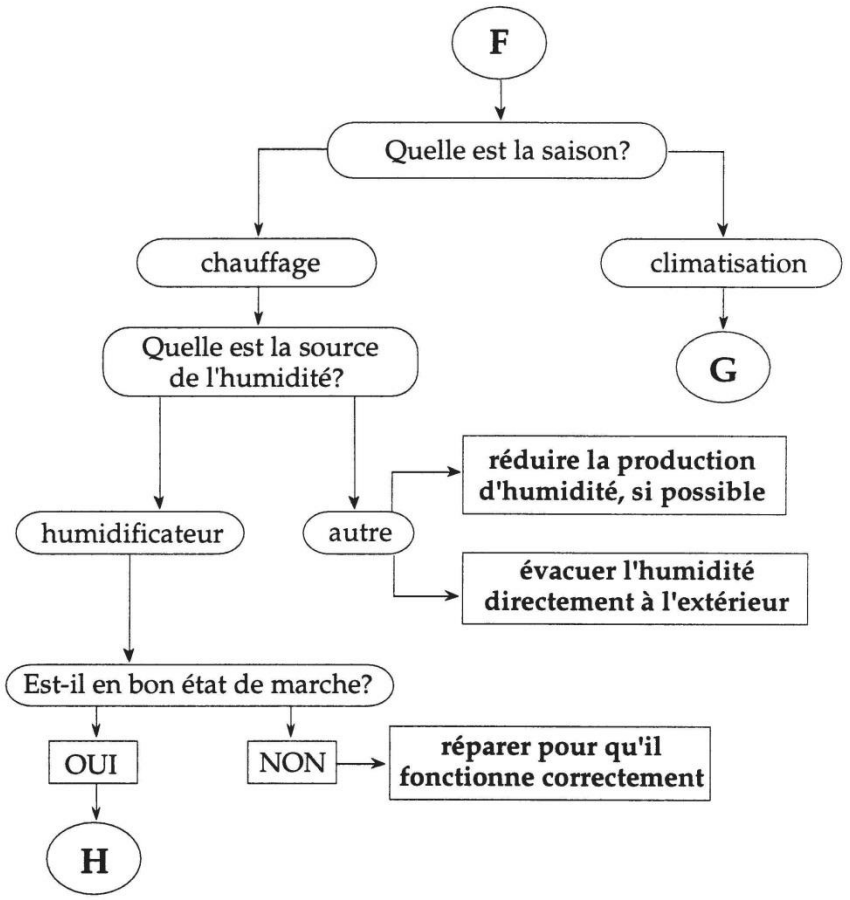
NOTE : Les contrôles les plus récents sont du type numérique (DDC, système de contrôle informatisé) et un technicien qualifié doit vérifier la précision de ceux-ci ainsi que de s'assurer que la programmation respecte le concept de design.

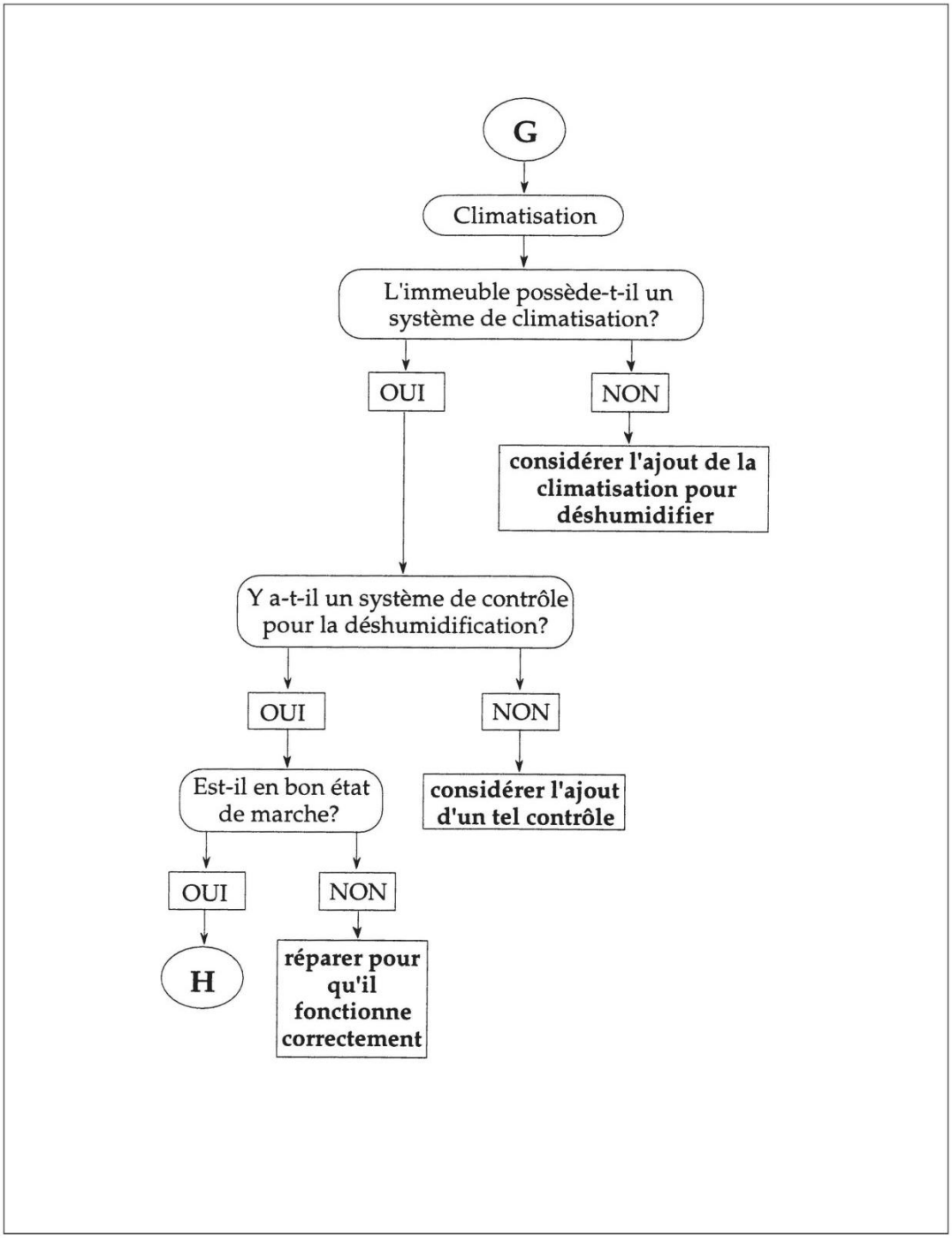

D
Quelle est la température de l'air à la sortie des diffuseurs?
chaude
normale
froide
Température des locaux?
chaude
froide
Saison?
chauffage
• diminuer le débit ou la température de l'air
• ajouter de la climatisation locale
problème de chauffage
climatisation
• diminuer le débit d'air ou augmenter la température
• ajouter du chauffage en terminaison
• augmenter le débit d'air ou diminuer la température
• ajouter de la climatisation locale
problème de climatisation
Y a-t-il un cycle de refroidissement avec air extérieur?
OUI
NON
problème de climatisation
Température extérieure >20 °C (68 °F)?
problèmes avec l'admission d'air extérieur, volets restés ouverts, etc.
Comment est le débit d'air des diffuseurs?
tel que prévu au design
plus bas que le design
plus haut que le design
vérifier le devis
problème bas débit d'air
problème haut débit d'air
I
vérifier le balancement du système

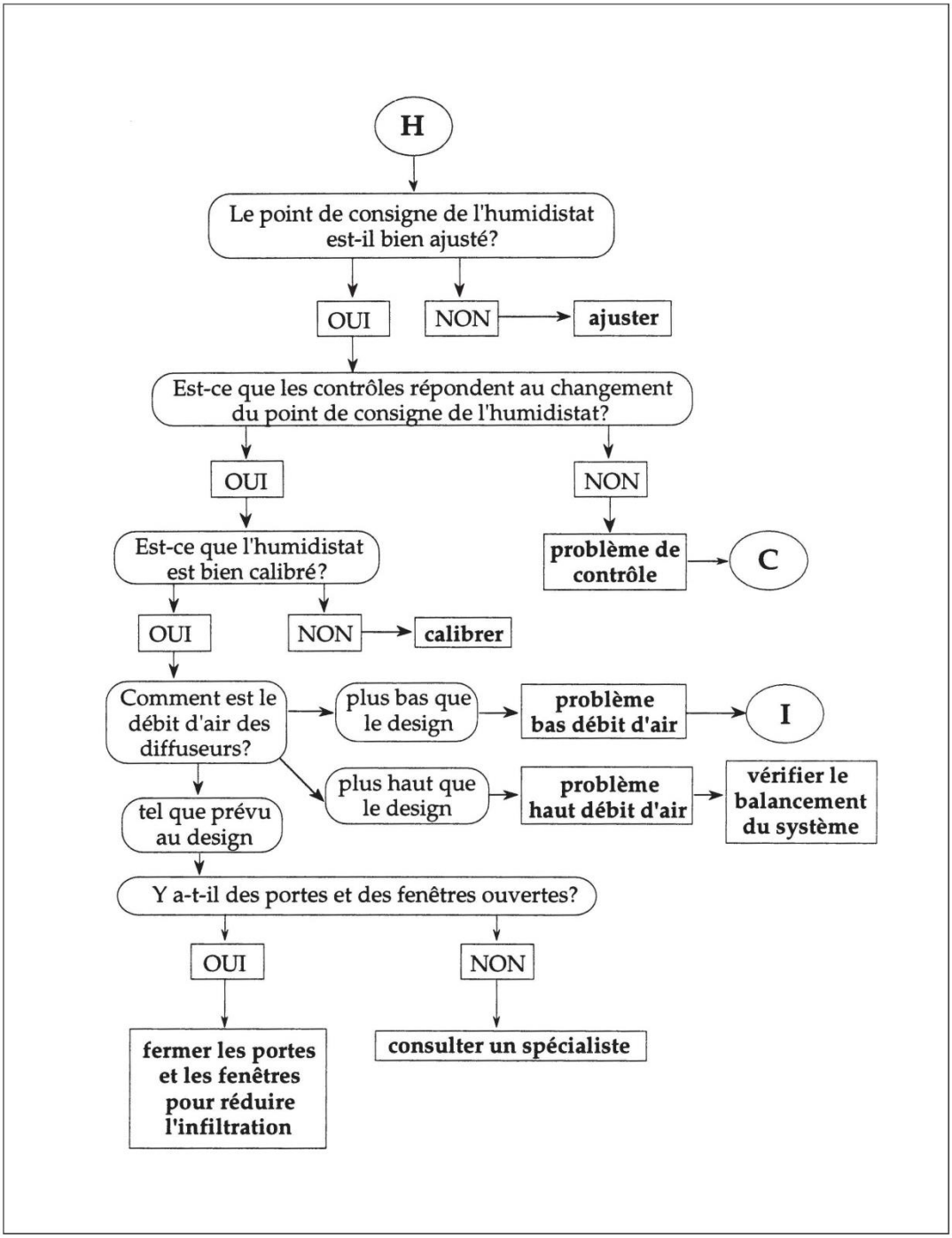
3.3.2. Arbre de décision pour problèmes d'humidité



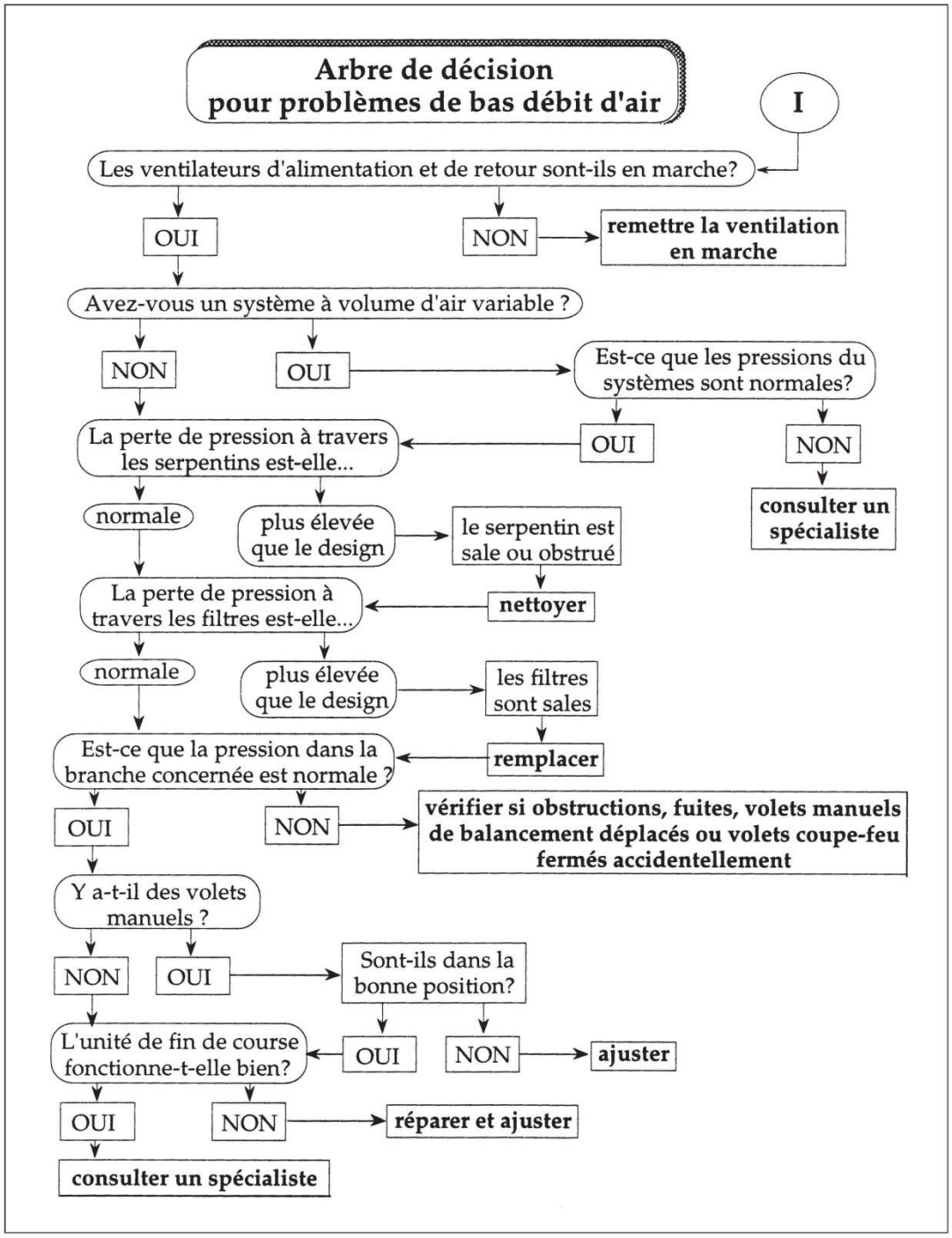

E
Y a-t-il un système d'humidification dans l'immeuble?
OUI
NON
ajouter de l'humidification
Est-il en bon état de marche?
OUI
NON
réparer pour qu'il fonctionne correctement
H


F
Quelle est la saison?
chauffage
climatisation
Quelle est la source de l'humidité?
G
réduire la production d'humidité, si possible
humidificateur
autre
évacuer l'humidité directement à l'extérieur
Est-il en bon état de marche?
OUI
NON
réparer pour qu'il fonctionne correctement
H


G
Climatisation
L'immeuble possède-t-il un système de climatisation?
OUI
NON
considérer l'ajout de la climatisation pour déshumidifier
Y a-t-il un système de contrôle pour la déshumidification?
OUI
NON
considérer l'ajout d'un tel contrôle
Est-il en bon état de marche?
OUI
NON
H
réparer pour qu'il fonctionne correctement


H
Le point de consigne de l'humidistat est-il bien ajusté?
OUI
NON
ajuster
Est-ce que les contrôles répondent au changement du point de consigne de l'humidistat?
OUI
NON
Est-ce que l'humidistat est bien calibré?
problème de contrôle
C
OUI
NON
calibrer
Comment est le débit d'air des diffuseurs?
plus bas que le design
problème bas débit d'air
I
plus haut que le design
problème haut débit d'air
vérifier le balancement du système
tel que prévu au design
Y a-t-il des portes et des fenêtres ouvertes?
OUI
NON
fermer les portes et les fenêtres pour réduire l'infiltration
consulter un spécialiste

3.3.3. Arbre de décision pour problèmes de bas débit d'air



4. La prévention : vérification et entretien des composantes

L'usure liée au fonctionnement des systèmes électromécaniques de même qu'un changement dans l'occupation du bâtiment peuvent engendrer divers problèmes. Des bris peuvent survenir alors que le confort des occupants peut ne pas être assuré. Cependant, rien ne sert de courir, il faut partir à point!

En regardant certains préposés à l'entretien des systèmes électromécaniques, on dirait des adeptes de la course à pied. Ils courent d'un problème à l'autre, toujours appelés en urgence pour une réparation en catastrophe.

Si vous aimez le stress, négligez l'entretien de vos systèmes et vous irez bientôt rejoindre le club des « coureurs ». Mais si, au contraire, vous aimez le travail bien fait et bien planifié, avec des occupants qui apprécient la qualité de leur environnement (au lieu de s'en plaindre…), alors il n'y a qu'une solution : l'entretien préventif.

Le but premier d'un bon système d'entretien est de faire en sorte que tout fonctionne correctement afin d'éviter les problèmes. De plus, une fois en place, un bon système d'entretien offre de nombreux avantages :

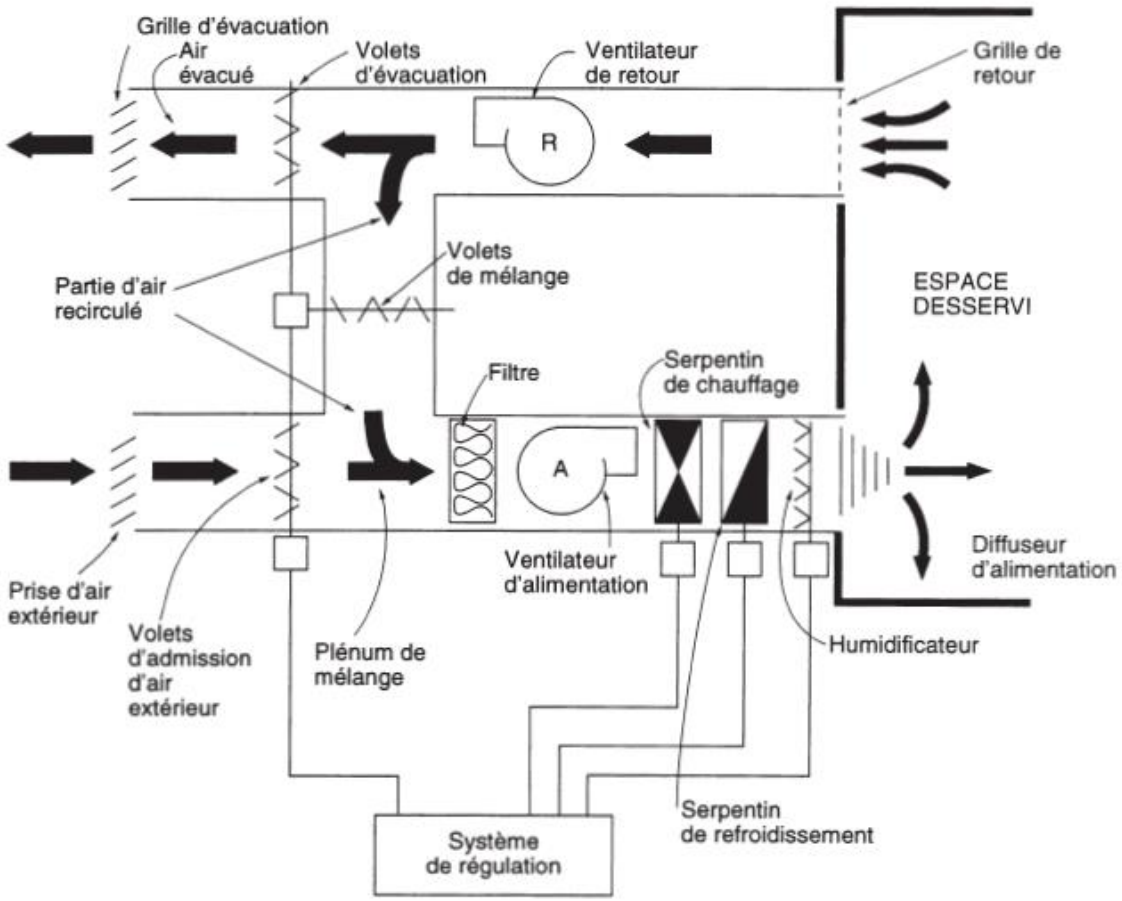
- plaintes et appels de service moins fréquents;
- bris du matériel et de l'équipement moins fréquents;
- durée de vie plus longue des équipements;
- travail plus agréable, mieux organisé et plus valorisant pour les équipes d'entretien;
- économie d'énergie accrue grâce à un meilleur état des équipements,
- réduction des coûts d'exploitation;
- augmentation de la productivité des occupants et diminution de l'absentéisme;
- priorisation des interventions.

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue chacune des composantes d'un système CVC en faisant ressortir les problèmes qui pourraient se présenter ainsi que les procédures d'entretien à suivre afin d'éviter ces problèmes et les solutions pour les corriger. En annexe, on trouvera :

- Un exemple de calendrier des travaux à effectuer ainsi qu'une liste des vérifications à faire;
- Un tableau des fréquences et activités minimales d'entretien publié dans la norme ASHRAE 62.1-2016;
- Un résumé des fréquences d'entretien recommandées pour certaines composantes dans la norme ACNOR CAN/CSA-Z204-94 (C1999).

Figure 2

Schéma d'un système de chauffage, ventilation et climatisation



NOTE : Plusieurs systèmes sont maintenant munis de serpentin de récupération ou autres types d'échangeur.

4.1. Fonctionnement d'un système CVC

Dans un édifice moderne, les systèmes CVC assurent plusieurs fonctions :

- le chauffage;
- la climatisation;
- l'humidification et la déshumidification;
- l'apport d'air extérieur;
- la filtration;
- la distribution et la diffusion de l'air.

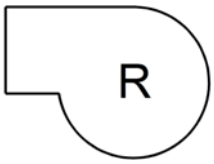
Il existe bien sûr plusieurs types de systèmes CVC, mais nous nous limiterons à un système en « H » qui nous permettra d'identifier tous les points importants d'un système. Il sera ensuite facile d'appliquer ces notions aux autres types de systèmes.

4.1.1. Description des fonctions des composantes d'un système CVC

Un système CVC a pour fonction première d'assurer un environnement sain et confortable pour la majorité des occupants. Pour bien mener sa fonction, le système CVC possède plusieurs composantes expliquées ci-dessous et illustrées dans la figure 2.

Les diffuseurs d'alimentation livrent aux espaces desservis l'air qui a été filtré, chauffé ou climatisé et humidifié ou déshumidifié, selon les besoins. Ils ont pour fonction de bien distribuer et diffuser l'air afin que les occupants ne sentent pas un courant d'air trop fort ou trop faible.

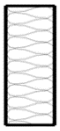
Les grilles de retour sont complémentaires aux diffuseurs d'alimentation et aspirent l'air de l'espace desservi, assurant ainsi la circulation de l'air. En passant du diffuseur d'alimentation à la grille de retour, l'air se charge des odeurs, du CO_2 produit par la respiration humaine, et des émanations provenant des divers équipements et ameublements de la pièce.



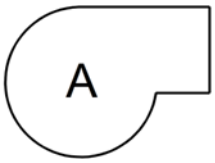
Le ventilateur de retour aspire l'air de retour des pièces et le pousse dans les conduits d'évacuation et de recirculation (aussi appelé mélange). Si l'air était constamment recirculé, la concentration des contaminants ne ferait qu'augmenter et pourrait atteindre des niveaux où les occupants deviendraient inconfortables et où cela pourrait nuire à leur santé. Pour maintenir les concentrations à des niveaux acceptables, une partie de l'air de retour est évacuée et l'autre partie est recirculée après avoir été diluée avec de l'air extérieur.

Les volets d'évacuation, de mélange et d'air extérieur contrôlent la quantité d'air admis, évacué et recirculé. En général, ces volets sont reliés et opèrent ensemble. Par exemple, lorsque les volets d'évacuation sont ouverts à 25 %, les volets de recirculation sont ouverts à 75 % et ceux de l'air extérieur sont ouverts à 25 %.

Les grilles d'évacuation et les prises d'air extérieur sont en général situées sur un mur extérieur de l'édifice et permettent l'évacuation de l'air de retour et l'admission de l'air extérieur.



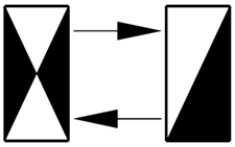
Les filtres et les pré-filtres suppriment les poussières et certains micro-organismes présents dans l'air avant que celui-ci soit distribué aux espaces desservis.



Le ventilateur d'alimentation aspire, à travers des filtres, l'air de mélange et le pousse à travers les serpentins de chauffage et/ou de refroidissement ainsi qu'à travers l'humidificateur pour atteindre finalement les diffuseurs d'alimentation, complétant ainsi le cycle.

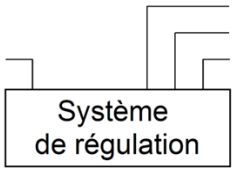
Le serpentin de chauffage est utilisé en hiver pour chauffer l'air à une température adéquate. Certains systèmes ne possèdent pas de serpentins de chauffage, car le chauffage des locaux est assuré par d'autres moyens tels que des plinthes électriques ou des convecteurs à eau chaude dans les locaux eux-mêmes.

Le serpentin de refroidissement existe seulement dans les édifices climatisés et sert également à déshumidifier l'air en été.



Le serpentin de récupération ou autre type d'échangeur thermique est installé dans la prise d'air extérieur ainsi que dans la grille d'évacuation afin de récupérer en partie la chaleur rejetée dans l'air évacué pour la transmettre à l'air extérieur admis. On peut également s'en servir par temps chaud pour refroidir l'air extérieur admis.

L'humidificateur est, en général, mis en fonction l'hiver afin de maintenir un taux d'humidité adéquat dans les locaux.



Le système de régulation assure le fonctionnement des différentes composantes du système de ventilation afin de réaliser les conditions de confort et de qualité de l'air souhaitées tout en minimisant la dépense énergétique. Par exemple, s'il fait trop chaud, les contrôles font ouvrir les volets d'air extérieur ou la soupape d'eau glacée du serpentin de refroidissement. S'il fait trop froid, les contrôles font refermer la soupape de refroidissement, réduire l'admission d'air extérieur et ouvrir la soupape de chauffage. Les contrôles sont en général spécifiques à chaque système CVC et il faut s'assurer de bien comprendre toutes leurs séquences de fonctionnement avant d'essayer de modifier leurs réglages.

4.2. Prise d'air extérieur

Il ne faut pas se rendre très loin dans le système CVC pour rencontrer notre première source de problème : la prise d'air extérieur. Sa fonction est d'admettre l'air extérieur dans le système de ventilation.

Les problèmes associés à la prise d'air extérieur sont :

- son emplacement;
- sa capacité à éliminer l'eau de pluie et la neige.

4.2.1. Emplacement de la prise d'air extérieur

Plusieurs bâtiments célèbres ont été qualifiés de « malades » à cause de l'emplacement de la prise d'air extérieur. Dans un cas en particulier, l'air extérieur était aspiré en partie du garage intérieur.

La prise d'air extérieur doit permettre d'aspirer de l'air extérieur de bonne qualité.

Il faut donc éviter :

- de reprendre de l'air évacué;
- d'aspirer de l'air contaminé par du monoxyde de carbone (garage intérieur, stationnement extérieur) et par des produits de combustion (cheminée);
- d'introduire de l'air avec des odeurs (compacteurs à déchets;
- de positionner une prise d'air extérieur au niveau de la rue ou trop près de flaques d'eau stagnantes;
- de localiser la prise d'air extérieur à proximité d'une tour de refroidissement.

Procédure

- Vérifiez au moins une fois l'emplacement des prises d'air extérieur de chacun de vos systèmes CVC.
- Notez toutes les sources de contamination possibles situées à proximité de la prise d'air extérieur.
- Assurez-vous que la prise d'air extérieur ne soit pas obstruée par de la neige ou par des feuilles à l'automne.

Solution

- Si l'endroit sert à entreposer la neige, tentez de trouver un autre endroit pour l'entreposer.
- Idéalement, interdisez le stationnement de tout véhicule devant la prise d'air extérieur. Si cela n'est pas possible, exigez que les moteurs soient à l'arrêt.
- On pourrait même installer un détecteur de monoxyde de carbone (CO) dans la prise d'air extérieur, relié à un signal sonore pour avertir le responsable concerné. Toutefois, les odeurs de produits de combustion HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) seront détectées olfactivement avant que le détecteur de monoxyde détecte la présence de contaminants.
- Si les déchets ou le compacteur sont localisés près de la prise d'air extérieur, déplacez-les.
- Si l'air évacué par la grille d'évacuation peut être ré-admis dans le système par la prise d'air extérieur, tentez de déplacer l'une ou l'autre. On peut, dans certains cas, prolonger la gaine d'évacuation pour la diriger dans une autre direction.
- S'il vous est impossible de déplacer la source de pollution (une cheminée, par exemple), il faudra déplacer la prise d'air extérieur ou installer des filtres pouvant capter les odeurs et les polluants. Des systèmes de lampes aux rayons ultraviolets existent aussi pour oxyder ces contaminants et enlever toute odeur. Ces derniers sont désormais communs.
- Si la prise d'air extérieur est située au niveau de la rue, il y a un grand risque que l'air soit contaminé, surtout s'il y a une circulation intense. Dans la mesure du possible, déplacez la prise d'air extérieur ou installez des systèmes pouvant capter les odeurs et les polluants.
- S'il y a des flaques d'eau près de la prise d'air extérieur, éliminez-les.

Note: Il faut aussi faire attention à ce que les oiseaux ne puissent pas se poser ou construire leur nid près de la prise d'air extérieur, car leurs excréments pourraient être une source de contamination microbiologique.

4.2.2. Élimination de l'eau de pluie et de la neige

La prise d'air extérieur doit éliminer l'eau de pluie et la neige afin d'éviter de mouiller l'isolant. L'isolant mouillé peut servir d'incubateur pour plusieurs micro-organismes.

Procédure

Après une grande pluie ou une chute de neige, vérifiez si l'eau ou la neige a pénétré à l'intérieur du système.

Solution

Si l'eau a pénétré à l'intérieur, il faut l'éliminer le plus rapidement possible :

- en installant un drain indirect;
- en changeant l'isolant;
- en vérifiant la conception des volets et, si le problème est plus grave;
- en les modifiant ou les changeant si nécessaire;
- en s'assurant que la vitesse de face de l'air dans une prise d'air extérieur n'excède pas 350 pieds/minute.

4.3. Grille pare-oiseaux

Juste à l'arrière de la prise d'air extérieur, se trouve la grille pare-oiseaux. C'est un treillis métallique de 6 mm x 6 mm (1/4" x 1/4") qui a pour fonction d'arrêter les oiseaux, les feuilles mortes et les papiers. Souvent, ce premier filtre rudimentaire joue si bien son rôle qu'il devient obstrué au point que l'air peut à peine passer. Dans ce cas, le volume minimal d'air extérieur peut difficilement entrer. La vie utile de la grille pare-oiseaux est très limitée, à moins que la grille ne soit fabriquée en acier inoxydable.

Procédure

Vérifiez deux fois par an, au début de l'hiver et au printemps, si la grille pare-oiseaux est obstruée. Lorsque la prise d'air extérieur est située au niveau du sol, l'inspection devrait être plus fréquente.

Solution

- Nettoyez la grille.
- S'il y a des margelles qui peuvent servir aux oiseaux pour construire leur nid, rendez-les inutilisables à la nidification.

Note: Si un système CVC n'est pas muni de cette grille, il faut penser à en ajouter une pour éviter que les oiseaux pénètrent dans le système, ce qui pourrait causer d'autres problèmes.

4.4. Plénum de mélange

Le plénum de mélange est l'endroit où l'air de retour et l'air extérieur se rencontrent. Les problèmes associés à cet endroit sont :

- le manque de propreté;
- l'obstruction de la prise d'air extérieur et la stratification.

4.4.1. Propreté du plénum de mélange

À cet endroit, il y a souvent accumulation de poussières qui peuvent être entraînées dans le système CVC. Si en plus le plénum de mélange possède des tôles perforées pour l'isolation acoustique, il y a souvent accumulation de poussières fines.

Il peut également arriver que l'on y retrouve des accumulations d'eau ou de moisissures.

<u>Procédure</u>

- Vérifiez la propreté du plénum de mélange.
- Vérifiez aussi l'étanchéité des volets d'air extérieur.
- Vérifiez la provenance de l'eau.

<u>Solution</u>

- Passez l'aspirateur industriel muni de filtres HEPA au moins une fois l'an dans le plénum de mélange. Lavez-le à l'eau chaude ou à la vapeur additionnée de 1 % d'eau de Javel. Cependant, assurez-vous de bien le sécher par la suite et évitez que l'eau atteigne l'isolation. Dans certains cas, vous devrez pratiquer une ouverture si le concepteur n'a pas jugé bon d'y placer une porte d'accès.
- Par la même occasion, puisque le système CVC doit être à l'arrêt pour le nettoyage, vérifiez et corrigez la fermeture des volets d'air extérieur pour assurer une plus grande étanchéité. Des volets qui ferment mal peuvent faire déclencher le thermostat de protection de gel et empêcher le système de repartir normalement le lendemain matin.
- Installez un drain indirect et corrigez la cause d'infiltration ou de condensation.
- Remplacez l'isolant mouillé ou, si possible, éliminez la section d'isolant risquant d'être mouillée.

4.4.2. Obstruction de la prise d'air extérieur et stratification

Parfois, à cause de problèmes de stratification de l'air, on a obstrué la prise d'air extérieur avec une planche de contreplaqué ou une tôle afin de protéger les serpentins du gel.

Procédure

- Vérifiez au moins une fois par an que la prise d'air extérieur est libre de toute obstruction.
- Il faut éviter de corriger un problème de stratification en obstruant la prise d'air extérieur.

Solution

- Si la prise d'air extérieur est obstruée, vous devez vous assurer que le minimum d'air extérieur requis peut être admis.
- Si le minimum d'air extérieur requis ne peut être admis, l'obstruction devra être enlevée et le problème de stratification corrigé à l'aide de mélangeurs à vortex.

Même si le minimum d'air extérieur requis peut être admis, l'obstruction peut être la cause d'inconfort pour les occupants. Ainsi, aux mi-saisons, quand le refroidissement mécanique n'est pas en fonctionnement, il se pourrait que l'air alimenté soit à une température trop élevée si le système ne peut pas s'approvisionner d'air extérieur en quantité suffisante.

4.5. Quantité d'air extérieur

Le plus grand problème associé à une bonne qualité de l'air intérieur est, sans contredit, la quantité d'air extérieur admise dans le bâtiment. Combien de fois les occupants se plaignent-ils du manque d'air, d'odeurs, d'air « stagnant »? Bien souvent, le manque d'air extérieur se traduit par des maux de tête et une certaine somnolence.

Il faut absolument s'assurer que les systèmes CVC introduisent la quantité d'air extérieur requis et ce, pendant toute la période d'occupation du bâtiment. Les périodes critiques pour un système en « H » sont lorsque la température extérieure est froide, soit moins de –10 °C (14 °F), ou lorsqu'elle s'élève à plus de 20 °C (68 °F) pour les systèmes dont le retour d'air est réglé au minimum. C'est durant ces deux périodes que les volets d'air extérieur sont à leur position minimale. Par exemple, pour un bureau occupé, ce minimum d'air extérieur à admettre se situe à 8,5 litres/seconde/personne (17 PCM/personne) (valeur par défaut selon ASHRAE 62.1-2016). En d'autres temps, les volets d'air extérieur sont plus ouverts et admettent plus d'air extérieur.

Procédure

Nous décrivons ci-après la procédure à suivre (selon ASHRAE 62.1-2016) pour vous assurer que vos systèmes CVC alimentent la quantité requise d'air extérieur.

- Notez la vocation de l'espace considéré (bureau, garage, salle de conférence, etc.) puis effectuez un relevé de la superficie occupée et du nombre maximal de personnes occupant les locaux desservis par ce système (sans oublier les visiteurs séjournant pendant plusieurs heures). Nous vous suggérons de ne pas estimer ce nombre, mais de vous fier à un relevé. Si vous admettez trop d'air extérieur, vos coûts de chauffage, de refroidissement et d'humidification seront plus élevés. Au contraire, si vous n'admettez pas suffisamment d'air, vous vous exposerez à des problèmes de qualité d'air.
- Par exemple :

  Calculez l'apport d'air extérieur requis pour un système CVC de chauffage en terminaison (température d'alimentation pouvant atteindre 35ºC) desservant un espace à bureaux ayant une superficie de 2500 m^2, occupé par 200 personnes (utilisez les tableaux de la section 1 pour déterminer l'apport d'air extérieur par personne, l'apport d'air extérieur pour la superficie desservie ainsi que le facteur de correction adéquat).

  Débit total

= (Air ext. selon densité d'occupation)	+ (Air ext. selon la superficie)
= (Nb d'occupants X air extérieur/pers.)	+ (Superficie X air extérieur/m^2)
= (200 personnes X 2.5 l/s*personne)	+ (2500 m^2 X 0.3 l/s*m^2)
= 500 l/s	+ 750 l/s

  TOTAL = 1250 l/s

  Le système pouvant alimenter l'air à une température de plus de 8°C à celle maintenue dans l'espace, il faut appliquer le facteur de correction de 0.8 afin de tenir compte de l'efficacité de ventilation dans la zone respiratoire. Donc le débit total de 1250 l/s divisé par 0.8 donne un résultat final de 1562.5 l/s (7.8 l/s par personne).
- Relevez ensuite le volume d'air total circulé par le système CVC. Vous pouvez obtenir cette valeur à partir d'un rapport de balancement récent ou en le mesurant à l'aide d'un tube de Pitot.
- Calculez ensuite le pourcentage d'air extérieur requis :

$$\% \text{ air extérieur} = \frac{\text{air extérieur total requis}}{\text{débit total du système}} \times 100$$

$$\% \text{ air extérieur} = \frac{(\text{nb de personne x l/s/personne}) + (\text{superficie x l/s/m}^2)}{\text{débit total du système}} \times \frac{100}{\text{efficacité}}$$

- Placez les volets d'air extérieur dans leur position minimale en altérant le signal en provenance du contrôleur de modulation des volets. Vous pouvez aussi simuler une température extérieure supérieure au point de consigne du contrôleur du cycle économiseur.
- Mesurez les températures de retour (TR), de mélange (TM) et extérieure (TE). La température de retour doit être prise après le ventilateur de retour. La température de mélange doit être prise à plusieurs endroits, et toujours en amont du ventilateur d'alimentation car il peut y avoir stratification de l'air.
- Appliquez la formule suivante pour calculer le pourcentage d'air extérieur introduit par le système :

  $$\% \text{ air extérieur} = \frac{TR-TM}{TR-TE} \times 100$$

  Si l'écart de température entre l'air extérieur et l'air de retour n'est pas assez grand, cette formule peut s'avérer imprécise. La méthode suivante peut alors être utilisée :

  Mesurez les concentrations de dioxyde de carbone dans le retour (CO_2R), le mélange (CO_2M), l'air extérieur (CO_2E) et appliquez la formule suivante :

  $$\% \text{ air extérieur} = \frac{CO_2R - CO_2M}{CO_2R - CO_2E} \times 100$$

Note : Il ne faut jamais se fier à l'inscription sur le bouton d'ajustement des volets ni au pourcentage d'ouverture des volets.

<u>Solution</u>

Si la réponse trouvée est différente du pourcentage d'air extérieur recherché corrigez l'ajustement, attendez quelques heures pour que les températures ou les concentrations de CO_2 se stabilisent et reprenez les lectures.

Note: L'ajustement du minimum d'air extérieur est primordial du point de vue qualité de l'air intérieur et économie d'énergie. Il ne faut pas que le système CVC soit en recirculation complète ni que la prise d'air soit bloquée. Si votre système CVC ne possède pas de prise d'air extérieur, par exemple suite à un réaménagement ou à un changement de vocation des locaux, il faudra s'assurer que l'air extérieur est introduit d'une autre façon.

4.5.1. Ajustement du minimum d'air extérieur par détecteur de CO_2

Il existe sur le marché des sondes qui mesurent la concentration de CO_2 dans l'air. Une telle sonde peut être placée dans la gaine de retour et assure une concentration de CO_2 acceptable en modulant les volets d'air extérieur. Dans ce cas, vous n'avez pas besoin d'ajuster les volets puisque la sonde ajuste automatiquement le volume d'air extérieur. Ce système a l'avantage de s'ajuster au nombre de personnes présentes à tout moment de la journée. Ainsi, si le taux d'occupation varie durant la journée ou durant la semaine, un ajustement fixe ne peut pas en tenir compte. Par contre, une sonde de CO_2 s'ajustera facilement à ces variations. De plus, s'il y a beaucoup d'infiltrations, un ajustement fixe ne

peut pas le détecter, mais la sonde de CO_2 peut corriger l'admission d'air extérieur pour en tenir compte.

Note: Cependant, il faut s'assurer que le nombre et l'emplacement des sondes de CO_2 *soient bien étudiés pour tenir compte de la densité et de la fréquence de l'occupation réelle des locaux. Les sondes doivent également être calibrées périodiquement.*

4.6. Filtres

Les filtres jouent plusieurs rôles dans le maintien de la qualité de l'air intérieur d'un édifice. Bien sûr, leur rôle est de nettoyer l'air des particules en suspension (poussières, fibres, micro-organismes), mais ils accomplissent plus que ça, car ils empêchent les murs et les surfaces de travail de se salir. N'oublions pas que les occupants associent souvent la qualité de l'air à la qualité de l'entretien ménager. Enfin, rappelons-nous que toute la « salubrité » du système CVC dépend des filtres et des problèmes d'humidité.

Les matières qui ne sont pas retenues par des filtres se retrouvent plus loin sur les serpentins, les ventilateurs, les gaines et autres composantes du système CVC où il s'avère beaucoup plus difficile et coûteux de les enlever que de maintenir un système de filtres efficace. Il est également clair que ces accumulations de matières peuvent réduire grandement l'efficacité des autres composantes du système. Il faut se rappeler qu'il est important d'éviter tout contact des filtres avec l'eau afin d'enrayer la prolifération des micro-organismes.

Il existe plusieurs sortes de filtres qui possèdent des caractéristiques différentes selon les applications. Par exemple, on n'installe pas des filtres de salle de chirurgie dans un édifice à bureau. Le plus important est donc de s'assurer que vous avez des filtres qui soient appropriés à votre édifice et à votre système CVC.

Pour la sélection des filtres ou le changement de type de filtres, nous vous conseillons de faire appel à un spécialiste. Les trois caractéristiques les plus importantes lors du choix d'un filtre sont :

- l'efficacité : la capacité du filtre à éliminer les particules en suspension dans l'air;
- la résistance : la perte de pression statique à travers le filtre pour un certain débit;
- la capacité : la quantité de matières qu'un filtre peut emmagasiner avant d'atteindre sa perte de pression maximale tout en conservant son efficacité.

La spécification d'un filtre doit tenir compte de ces caractéristiques, ainsi que de la capacité du système CVC à maintenir son débit d'air avec la perte de pression occasionnée par les filtres. Cette spécification se complique par l'existence de plusieurs méthodes de mesure de l'efficacité qui peuvent donner des résultats très différents. Par exemple, la norme ASHRAE 52.1-2012 établissait l'efficacité selon la méthode gravimétrique et la méthode de « rendement à la tâche » *(dust spot efficiency test*).

La plus récente norme émise, ASHRAE 52.2-2017, établit une procédure pour évaluer le rendement des filtres MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) en fonction de la dimension des particules. Vous trouverez à la figure 3, le tableau pour la performance des filtres, les applications typiques ainsi que la comparaison approximative avec les anciennes normes. Plusieurs problèmes peuvent être rencontrés avec les filtres et les paragraphes qui suivent détaillent les procédures de vérification à effectuer ainsi que les solutions qui s'y rapportent.

4.6.1. Existence des filtres

Il est souvent surprenant de découvrir le nombre de systèmes CVC où les filtres ont été enlevés en raison de leur inaccessibilité ou tout simplement à cause de la dimension particulière de certains filtres, pour un système donné, qui ne sont plus tenus en magasin.

Procédure

Vérifiez tous vos systèmes CVC pour vous assurer qu'ils sont munis de tous les filtres requis.

Solution

- Installez des filtres dans les systèmes qui n'en possèdent pas.
- Planifiez le changement régulier des filtres de ces systèmes.
- Facilitez l'accès aux filtres pour permettre leur changement.
- Demandez la tenue en magasin des filtres ayant les dimensions requises.

4.6.2. Accessibilité des filtres

Si les filtres sont difficiles d'accès (espace restreint, porte retenue par beaucoup de vis, obstruction à l'ouverture de la porte, etc.), il se peut que les filtres ne soient pas changés à la fréquence requise.

Procédure

Inspectez au moins une fois l'accessibilité des filtres.

Solution

- Enlevez ou déplacez ce qui obstrue l'ouverture de la porte d'accès aux filtres.
- Réparez ou modifiez, si nécessaire, la porte d'accès pour faciliter son ouverture.
- Assurez-vous d'avoir une échelle adéquate pour remplacer les filtres dans les systèmes placés très haut.

4.6.3. Éclairage

Souvent, les filtres sont situés dans des endroits très sombres où il est difficile de faire leur inspection et leur changement.

Procédure

Inspectez l'éclairage de la salle de mécanique près de la porte d'accès aux filtres et dans la gaine de ventilation.

Solution

- Prenez soin d'arrêter au préalable le système.
- Prenez avec vous de l'éclairage supplémentaire (lampe de poche, baladeuse, etc.).
- Faites installer, au besoin de l'éclairage supplémentaire dans la salle de mécanique et/ou dans les gaines de ventilation.
- Passer l'aspirateur dans les compartiments des filtres avant de procéder à l'installation des nouveaux.

4.6.4. Surface à filtrer entièrement recouverte

Souvent, pour économiser ou parce que les dimensions ne sont pas standards, les filtres ne couvrent pas toute l'ouverture prévue à cet effet.

La partie non couverte par les filtres est, soit laissée ouverte, ce qui favorise le contournement des filtres, car l'air rencontre moins de résistance dans la partie non-filtrée, soit fermée à l'aide d'un contreplaqué, augmentant ainsi la vitesse de l'air à travers les filtres en place, ce qui accentue la perte de pression statique et, par conséquent, peut diminuer l'efficacité des filtres.

Procédure

Inspectez les filtres en place pour vous assurer qu'ils couvrent bien toute la surface qui leur est destinée et qu'ils sont installés dans le bon sens.

Solution

Demandez que l'on tienne en magasin toutes les dimensions de filtres nécessaires afin que chacun couvre l'ouverture à laquelle il est destiné.

4.6.5. Arrêt des systèmes pendant les changements de filtres

Lors du changement des filtres, les systèmes doivent être mis à l'arrêt, car beaucoup de poussières peuvent se détacher des filtres et être entraînées dans les gaines de distribution par un ventilateur en fonctionnement.

Procédure

Vérifiez si les ventilateurs fonctionnent avant de changer les filtres.

Solution

- Arrêtez toujours les ventilateurs des systèmes CVC avant de changer les filtres.
- Passez l'aspirateur dans la section des filtres avant l'installation des nouveaux filtres.

4.6.6. Pression statique

Lorsque la pression statique recommandée par le manufacturier ou le concepteur est atteinte, il faut changer les filtres.

Procédure

- Vérifiez d'abord que vous possédez des indicateurs de perte de pression statique pour chaque section de filtres et que ces indicateurs sont en bon état de fonctionnement.
- Prenez régulièrement des relevés des pertes de pression statique aux filtres.

Solution

- Installez des indicateurs de pression statique si vous n'en avez pas.
- Vérifiez si ces indicateurs sont bien positionnés.
- Réparez les indicateurs de pression statique, si nécessaire.
- Utilisez vos relevés de pertes de pression statique pour ajuster la fréquence de remplacement des filtres.

Note: Dans les systèmes plus complexes où il existe plusieurs étapes de filtration, la pression statique n'est pas le seul critère à observer. Toujours prendre en considération que les efforts à maintenir un système de filtration efficace sont gratifiés au centuple sur le maintien de l'efficacité du ventilateur, les serpentins de chauffage/refroidissement, la fréquence de nettoyage des gaines et des diffuseurs, etc. Rappelez-vous que le remplacement des filtres est aussi important que les changements d'huile de votre voiture.

Figure 3

ASHRAE 52.2-1999 : Tableau E-1 – Directives d'application

Norme 51.2 Valeur confirmée minimale d'électricité (MERV)	Résultats approximatifs de la norme 52.1		Directives d'application		
	Rendement à la tâche	Efficacité contre les particules	Contaminants contrôlés typiques	Applications et limites typiques	Types de filtres et d'épurateurs d'air
20 19 18 17	s/o s/o s/o s/o	s/o s/o s/o s/o	• Taille des particules ≤ 0,30 µm • Virus libre • Poussière de carbone • Sel de mer • Toute fumée de combustion • Descendant du radon	• Salles blanches • Substances radioactives • Production pharmaceutique • Substances cancérogènes • Chirurgie orthopédique	**Filtres HEPA et ULPA :** • Efficacité ≥ 99,999 % pour les particules entre 0,10 et 0,20 µm, IEST Type F • Efficacité ≥ 99,999 % pour les particules de 0,30 µm, IEST Type D • Efficacité ≥ 99,99 % pour les particules de 0,30 µm, IEST Type C • Efficacité ≥ 99,97 % pour les particules de 0,30 µm, IEST Type A
16 15 14 13	s/o >95 % 90-95% 80-90 %	s/o s/o >98 % >98 %	• Taille des particules entre 0,30 et 1,0 µm • Toute bactérie • La plupart des fumées de tabac • Germes en gouttelettes (éternuement) • Huile de cuisson • La plupart des fumées • Poussière d'insecticide • Encre pour photocopieur • La plupart des poudres à maquillage • La plupart des pigments de peinture	• Salles de soins pour malades hospitalisés • Chirurgie générale • Fumoirs • Immeubles commerciaux de type supérieur	**Filtres à poches :** Filtres non supportés (flexibles) faits de fibres de verre microfines ou de matériaux synthétiques d'une épaisseur de 300 à 900 mm (12 à 36 po.), avec 6 à 10 poches. **Filtres à châssis :** Filtres à cartouches de type rigide, d'une épaisseur de 150 à 300 mm (6 à 12 po.), qui peuvent être fabriqués de matériaux formés par voie sèche ou par voie humide.
12 11 10 9	70-75 % 60-65 % 50-55 % 40-45 %	>95 % >95 % >95 % >90 %	• Taille des particules entre 1,00 et 3,0 µm • Legionella • Poussière d'humidificateur • Poussière de plomb • Farine moulue • Poussière de charbon • Émissions de gaz d'échappement • Gouttelettes de nébuliseur • Émanations de soudage	• Immeubles résidentiels de type supérieur • Immeubles commerciaux de type moyen • Laboratoires des hôpitaux	**Filtres à poches :** Filtres non supportés (flexibles) faits de fibres de verre microfines ou de matériaux synthétiques d'une épaisseur de 300 à 900 mm (12 à 36 po.), avec 6 à 10 poches. **Filtres à châssis :** Filtres à cartouches de type rigide, d'une épaisseur de 150 à 300 mm (6 à 12 po.), qui peuvent être fabriqués de matériaux formés par voie sèche ou par voie humide.
8 7 6 5	30-35 % 25-30 % <20 % <20 %	>90 % >90 % 85-90 % 80-85 %	• Taille des particules entre 3,0 et 10,0 µm • Moisissures • Spores • Fixatif à cheveux • Revêtement pour tissu • Produits d'époussetage • Poussière de béton • Mélange de pouding • Tabac à priser • Lait en poudre	• Immeubles commerciaux • Immeubles résidentiels • Entreprises industrielles • Entrée d'air des cabines de peinture	**Filtres plissés :** Filtres jetables, avec surface élargie, d'une épaisseur de 25 à 125 mm (1 à 5 po.), avec une armature de carton et faits d'un mélange de coton et de polyester. **Filtres à cartouche :** Filtres à cubes à densité progressive, recouverts d'un enduit visqueux, ou filtres à poches, faits de matériaux synthétiques. **Filtres jetables :** Filtres à panneaux jetables faits de matériaux synthétiques.
4 3 2 1	<20 % <20 % <20 % <20 %	75-80 % 70-75 % 65-70 % <65 %	• Taille des particules > 10,0 µm • Pollen • Mousse d'Espagne • Acariens détriticoles • Poussière de sablage • Poussière de peinture au pistolet • Fibres textiles • Fibres de tapis	• Filtration minimale • Immeubles résidentiels • Climatiseurs de fenêtre	**Filtres jetables :** Filtres à panneaux jetables faits de fibres de verre ou de matériaux synthétiques. **Filtres lavables :** Filtres à panneaux en maille d'aluminium, en poil d'animal recouvert de latex ou en caoutchouc mousse. **Filtres électrostatiques :** Filtres à panneaux de polycarbonate tissé à rechargement autonome (passif).

Note : Une valeur MERV pour les filtres autre que HEPA et ULPA inclut également un test de débit d'air, mais n'est pas indiqué ici puisque ce test n'a pas d'importance pour les besoins de ce tableau. Pour tout changement de catégorie de filtres, veuillez vous assurer que le système (ventilateur, moteur, etc.) peut vaincre la nouvelle résistance à l'écoulement de l'air afin de ne pas diminuer le débit d'air alimenté (voir section 4.6)

4.7. Serpentin de chauffage

Le serpentin de chauffage a pour fonction de réchauffer l'air de ventilation afin de maintenir les conditions de confort dans les locaux desservis par le système. Les problèmes rencontrés avec les serpentins de chauffage à eau chaude ou à vapeur sont le manque de précision dans le contrôle de la température et la saleté qui les obstrue.

4.7.1. Manque de contrôle

Le manque de contrôle de la température d'alimentation à la sortie du serpentin de chauffage peut être causé par un système de régulation défectueux ou mal ajusté, une soupape de chauffage qui ferme mal ou par la conception même du serpentin.

Procédure

Mesurez régulièrement la température à la décharge du serpentin de chauffage.

Solution

- Si la température à la sortie du serpentin est trop élevée ou trop basse, il faut vérifier le système de régulation afin qu'il transmette les signaux appropriés pour contrôler, soit la soupape des serpentins à eau ou à vapeur, soit les stages d'un serpentin électrique. Lorsque la boucle de régulation est sans faille, ajuster la bande proportionnelle du contrôleur aussi bas que possible tout en évitant le fonctionnement cyclique.
- Si le signal pneumatique ou électrique tente de fermer la soupape à eau ou à vapeur, mais que l'air continue à être réchauffé, il faut vérifier la soupape elle-même, car elle ferme sûrement mal. Un entretien régulier des soupapes évite habituellement ce genre de problème et économise beaucoup d'énergie.
- Si le système de chauffage est assuré par un serpentin de face et d'évitement, la surchauffe est inévitable à cause de la conception de ce type de serpentin. Premièrement, assurez-vous que l'entretien du serpentin a été fait, c'est-à-dire que tous les mécanismes des volets d'évitement fonctionnent normalement et qu'ils ferment bien. Ensuite, assurez-vous que la température extérieure pour laquelle le serpentin est à pleine puissance est suffisamment basse. Souvent, le point de consigne de ce réglage est à 7 °C (45 °F) alors qu'il est possible de le placer à 2 °C (35 °F). Si l'inconfort persiste et qu'il est important, il vous faudra penser à consulter un spécialiste.

4.7.2. Obstruction du serpentin de chauffage

Si la qualité des filtres laisse à désirer, il se peut fort bien que votre serpentin soit obstrué et qu'il ait de ce fait perdu de sa puissance. Si vous ne réussissez pas à chauffer l'air comme avant, c'est probablement que votre serpentin est sale. De plus, un serpentin sale peut occasionner une réduction du débit d'air de ventilation qui se traduira par des problèmes de qualité de l'air intérieur dans les pièces desservies par ce serpentin.

Procédure

Mesurez la perte de pression statique à travers le serpentin de chauffage (sauf les serpentins de face et d'évitement).

Solution

Si la perte de pression est supérieure aux spécifications du manufacturier, nettoyez vos serpentins.

Note: À toutes fins pratiques, les serpentins électriques ne se nettoient pas. S'ils n'ont pas fonctionné depuis un certain temps, la poussière s'est sûrement accumulée sur les éléments. Lors de leur remise en marche, la poussière est donc brûlée. Nous vous conseillons donc de les remettre en fonction lorsque le bâtiment est inoccupé afin de ne pas incommoder les occupants par les odeurs de brûlé. Attention aux systèmes d'alarme incendie !

4.8. Serpentin de refroidissement

Le serpentin de refroidissement a pour fonction de refroidir et de déshumidifier l'air d'alimentation. Il peut être affligé par les mêmes problèmes que le serpentin de chauffage, soit le contrôle inadéquat de la température, le manque d'étanchéité de la soupape et/ou la saleté. Mais en plus, puisqu'il y a déshumidification, il y a présence d'eau ; si cette eau ne s'évacue pas bien ou si elle est entraînée dans le système de distribution d'air, on pourrait avoir des problèmes avec la prolifération des microorganismes.

4.8.1. Accumulation d'eau

L'accumulation d'eau dans un système CVC est toujours une source d'inquiétude, puisque les systèmes CVC sont un milieu de culture idéal pour certains microorganismes. L'eau peut également occasionner une corrosion rapide des conduits de ventilation, ce qui entraîne des coûts considérables de réparation.

Procédure

Vérifiez périodiquement (selon les conditions des systèmes en place) le drain du bassin récepteur du condensé et sa capacité à éliminer la condensation lorsque le système fonctionne.

Solution

- Nettoyez périodiquement (selon les conditions des systèmes en place) le bassin et le drain de condensé.
- Assurez-vous que le drain est indirect pour éviter les odeurs du système de drainage. Lorsque nécessaire, videz et nettoyez le bassin.
- Assurez-vous que le siphon est toujours rempli d'eau et que la hauteur du drain en amont de la garde d'eau est assez élevée pour permettre l'élimination du condensé lorsque le drain est raccordé à une section du système qui est en pression négative.

4.8.2. Emportement d'eau

Même si votre système a été bien conçu à l'origine et qu'il n'entraînait pas d'eau, il est possible que vous y découvriez aujourd'hui des accumulations d'eau causées par emportement. Les causes peuvent être multiples : une défectuosité des contrôles, l'admission d'un trop grand volume d'air extérieur, un serpentin sale ou encore une augmentation du débit du système.

Par exemple, pour diverses raisons, l'eau de condensation d'un serpentin de refroidissement peut être entraînée dans les gaines de distribution et pourrait par le fait même, s'accumuler en aval à différents endroits. Quelle qu'en soit la source, il ne faut pas négliger ce genre de problème car l'isolant souillé et mouillé peut servir de milieu de culture pour les micro-organismes. N'oublions pas également que les problèmes de corrosion des surfaces des composantes et de détérioration d'immeuble peuvent survenir dans un tel cas.

Procédure

- Vérifiez s'il y a emportement d'eau.
- Vérifiez si l'isolant de la gaine d'alimentation est mouillé en été.

Solution

- S'il y a emportement, vérifiez le contrôle des volets d'air extérieur.
- Prenez régulièrement des mesures du différentiel de pression à travers le serpentin et planifiez votre nettoyage en conséquence.
- Au besoin, installez un éliminateur d'eau.
- Remplacez ou éliminez l'isolant mouillé.

4.9. Humidificateur

Qu'est-ce que l'humidité relative?

L'air a la capacité de contenir une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur. La quantité maximale de vapeur admissible dans un volume d'air est donnée en fonction de la température de cet air.

Température de l'air		**Quantité maximale de vapeur d'eau à 100 % d'humidité relative**	
°C	**(°F)**	**Grammes d'eau/ kg d'air sec**	**(Grains d'eau/ lb d'air sec)***
19	66	13,8	96
20	68	14,8	103
21	70	15,8	110
22	72	16,9	118
23	74	18,2	127
24	76	19,6	136
26	78	21,0	146

** 1 lb d'eau contient 7000 grains d'eau*

L'humidité relative est la quantité d'eau que contient l'air, divisée par la quantité maximale d'eau que l'air pourrait contenir à la même température et à la même pression.

Par exemple, l'air à 22 °C (72 °F) humidifié à 50 % contient 8,5 g d'eau/kg d'air (59 grains d'eau/lb d'air).

Plus l'air est chaud, plus il faut y mettre de la vapeur d'eau pour maintenir le même niveau d'humidité relative, car la quantité maximale admissible est plus élevée.

Il est important aussi de comprendre que les besoins d'humidification sont directement reliés à la quantité d'air extérieur introduite dans l'immeuble ainsi qu'à son pourcentage d'humidité relative.

Cet air est admis par les systèmes CVC et s'infiltre par les ouvertures et les interstices de l'immeuble.

L'air à –18 °C (0 °F) complètement saturé de vapeur d'eau, c'est-à-dire à 100 % d'humidité relative, ne contient que 0,7 g d'eau/kg d'air (5 grains d'eau/lb d'air).

Lorsque cet air est chauffé à la température normale de confort, 21 °C (70 °F), il contient toujours la même quantité de vapeur d'eau.

L'humidité relative (HR) devient alors égale à 5 % soit :

$$HR = \frac{0{,}7 \text{ g d'eau/kg d'air}}{15{,}8 \text{ g d'eau/kg d'air}} \quad \text{ou} \quad \left(\frac{5 \text{ grains d'eau/lb d'air}}{110 \text{ grains d'eau/lb d'air}}\right) \times 100 = 5\ \%$$

Le nombre au dénominateur correspond à la quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir cet air à la température de 21 °C (70 °F). Il faudra donc, pour établir un niveau d'humidité relative acceptable, ajouter une importante quantité d'eau évaporée, ce qui nécessite de grandes quantités d'énergie.

De fait, si un débit d'air de 4 700 l/s (10 000 PCM) à –17 °C (0 °F) et 100 % d'humidité relative doit être chauffé à 21 °C (70 °F) et humidifié à 25 %, il faudra ajouter à cet air environ 67 litres d'eau (15 gallons) par heure et fournir à cette eau la chaleur d'évaporation pour la faire passer à l'état de vapeur. S'il faut l'humidifier à 30 %, c'est environ 82 litres d'eau (18 gallons) par heure qu'il faudra ajouter. L'humidité relative est une variable à laquelle la plupart des gens ne sont pas très sensibles, alors que certaines personnes qui ont des problèmes respiratoires y sont hypersensibles et nécessitent des taux d'humidité très élevés.

Il y a deux périodes critiques pour humidifier : l'hiver, lorsque l'air extérieur contient peu d'eau, et dans les mi-saisons, lorsque le système de ventilation admet beaucoup d'air extérieur.

Présentement au Québec, le règlement de la LSST (Loi sur la santé et la sécurité au travail) exige un minimum de 20% d'humidité relative ; ce pourcentage étant facilement atteignable en hiver. Toutefois, selon le règlement du Québec, les édifices construits avant 1979 peuvent être exclus si le taux d'humidité relative maintenu affecte l'intégrité du bâtiment (ex : absence de pare-vapeur, fenestration du type verre simple).

ASHRAE (Fundamentals) recommande de maintenir un taux d'humidité relative maximum de 70 % dans les conduits de ventilation afin d'éviter toute prolifération microbienne. Pour certains types de système, l'ajustement à la limite d'humidité de 70 % engendrera le fonctionnement cyclique de l'humidificateur et on devra alors remplacer la sonde par une de type modulant.

Plusieurs problèmes associés à la qualité de l'air émanent des humidificateurs, tels que :

- le manque d'humidité relative;
- l'excès d'humidité relative;
- l'eau stagnante;
- l'emportement d'eau;
- le dépôt de calcaire.

Note : Tel que mentionné à la section 1, les membres du comité Bâtiment n'appuient pas la norme ASHRAE 55-2013 dans son intégralité, spécifiquement parce qu'il n'y a aucun minimum recommandé pour le taux d'humidité relative.

4.9.1. Humidité relative trop basse

Le manque d'humidité relative n'est généralement pas perçu par les occupants, contrairement à une température basse, que nous percevons tous. Un taux d'humidité bas est perçu par ses effets: muqueuses asséchées, chocs électrostatiques avec les objets métalliques ou conducteurs, etc. Cependant, d'autres phénomènes peuvent provoquer les mêmes effets sans que l'humidité relative ne soit en cause.

Le phénomène est le suivant : l'air sec n'est pas un très bon conducteur d'électricité, c'est pourquoi nous prenons des chocs électrostatiques lorsque nous entrons en contact avec un objet métallique ou conducteur à un potentiel différent. Le phénomène disparaît lorsque l'humidité est plus élevée puisque la résistance électrique de l'air est moins élevée. Toutefois, un tapis peut donner très facilement ses électrons s'il n'est pas traité à l'antistatique. Lorsque nous marchons sur un tel tapis, nous augmentons notre charge électrique. Aussitôt que nous entrons en contact avec un objet métallique ou conducteur à un potentiel différent, il se produit une décharge électrique, non pas parce que l'air est sec, mais à cause de la différence de potentiel.

Procédure

Prenez un relevé hebdomadaire du taux d'humidité relative dans les pièces.

Solution

- Si vous recevez des plaintes concernant les chocs électrostatiques et que le niveau d'humidité relative est satisfaisant, vérifiez si les tapis sont du type antistatique.
- Si, au contraire, vos relevés vous indiquent un taux anormalement bas d'humidité relative, la cause peut être :
  - l'admission d'air extérieur supérieure à la quantité requise,
  - une défectuosité de la sonde d'humidité,
  - un problème avec la boucle de régulation,
  - la capacité insuffisante de l'humidificateur.
- Vérifiez que les volets d'apport d'air extérieur ne sont pas bloqués en position ouverte et vérifiez le minimum d'air extérieur ; s'il est trop élevé, réajustez.
- Vérifiez la sonde d'humidité ; cet appareil est très peu fiable et doit être étalonné souvent. À l'occasion, vérifiez si la sonde n'est pas obstruée par de la poussière.
- Vérifiez la boucle de régulation pneumatique ou électrique pour vous assurer qu'elle répond bien aux signaux de la sonde.
- Si tous les autres éléments sont en bonne condition, il se peut que l'humidificateur soit sale et que cela réduise sa puissance ; dans ce cas, nettoyez-le.

4.9.2. Humidité relative trop élevée

En été, si l'air du système CVC n'est pas refroidi, le taux d'humidité de la pièce est le même que celui de l'extérieur, ce qui est souvent, très élevé.

Habituellement, on tente d'abaisser le niveau d'humidité à 60 % pour limiter la croissance des micro-organismes.

Procédure

Prenez régulièrement un relevé du taux d'humidité relative des pièces.

Solution

- Vérifiez que l'humidificateur ne soit pas en marche durant l'été.
- Si le système n'est pas muni de serpentins de refroidissement et si l'humidificateur n'est pas en marche, il y a bien peu de chose à faire sauf ajouter du refroidissement.

4.9.3. Eau stagnante

Les humidificateurs à bac sont des endroits privilégiés pour le développement de microorganismes. La présence d'eau stagnante et l'accumulation de poussières de nature organique en favorisent la prolifération.

Procédure

Vérifiez l'état du bac au moment de l'arrêt.

Solution

- Vidangez et nettoyez le bassin des humidificateurs lorsqu'ils sont à l'arrêt pendant une période prolongée.
- Assurez-vous qu'ils restent vides en dehors de la période de fonctionnement.

4.9.4. Emportement d'eau

Souvent associés à la « fièvre des humidificateurs » en raison des risques de prolifération microbienne dans le réservoir d'eau recirculée, les humidificateurs de type laveur d'air ou à gicleurs sont également susceptibles à l'emportement d'eau vers les systèmes de distribution. Pour régler ce problème, les systèmes d'humidification par injection de vapeur saturée doivent être installés de façon à ce que la vapeur injectée ne condense pas.

Procédure

Vérifiez si l'isolant de la gaine est mouillé.

Solution

- Si l'isolant est mouillé, remplacez-le. Envisagez la possibilité de l'éliminer dans les zones où le risque de répétition du problème est élevé.
- Pour les humidificateurs à gicleurs, ajoutez un éliminateur d'eau et, si possible, remplacez ce type d'humidificateur.
- Pour les humidificateurs à injection de vapeur, vérifiez la conformité de l'installation.

4.10. Ventilateur

La qualité de l'air intérieur dans les locaux desservis par un système CVC est dépendante du bon fonctionnement du ventilateur, des heures d'opération, du volume d'air circulé et de la pression statique développée.

Le système CVC doit opérer durant toute la période d'occupation pour assurer le renouvellement de l'air. Il doit aussi opérer quelques heures après le départ et avant l'arrivée des occupants pour rétablir les conditions de température, d'humidité relative et abaisser la concentration de CO_2.

De plus, si les courroies sont usées ou si les pales du ventilateur sont sales, cela peut réduire son débit et sa pression statique.

4.10.1. Heures d'opération

À l'arrivée des occupants, la température doit déjà être rétablie, l'humidité relative à au moins 30% et la concentration maximale de CO_2 à 500 ppm.

Procédure

Dans les pièces, mesurez la température, l'humidité relative et la concentration de CO_2 au début de la journée de travail.

Solution

- Si la température de confort n'est pas atteinte à l'arrivée des occupants, avancez l'heure du départ du système CVC.
- Si la concentration de CO_2 est trop élevée à ce moment, avancez l'heure du départ. Il est plus économique de redémarrer le système tôt dans la journée car il fait plus frais à l'extérieur.

Note: Si le système CVC assure un taux de ventilation d'un changement d'air à l'heure, cela ne signifie pas qu'après une heure tout l'air de la pièce a été changé et remplacé par de l'air extérieur. Nous avons affaire à un phénomène de dilution et non à un phénomène de remplacement.

À titre d'exemple, prenons une tasse de café et un verre de lait, le café représentant l'air de la pièce contaminé au CO2, le lait représentant l'air extérieur. Si vous versez le verre de lait dans la tasse de café, le café ne devient pas blanc, il prend une teinte d'un brun pâle, signifiant que le café a été dilué par le lait mais pas remplacé ; c'est un phénomène de dilution. Vous comprendrez qu'il faudra plusieurs verres de lait avant que le café soit blanc.

4.10.2. Perte de puissance du ventilateur

Lorsque les courroies sont usées ou détendues, elles glissent et le ventilateur ne tourne plus à sa vitesse normale. De plus, lorsque les pales se salissent, les arêtes sont moins vives et le ventilateur perd également de sa puissance. Cela réduit alors son débit et sa pression statique. Cette perte de puissance signifie que l'air aura de la difficulté à se rendre à la dernière unité de fin de course et que ces locaux risquent de manquer d'air.

Procédure

- Mesurez le débit d'air à la dernière unité de fin de course du système de distribution.
- Mesurez la vitesse de rotation du ventilateur.

Solution

- Nettoyez à la vapeur ou avec un solvant adapté, au moins une fois par an, les pales des ventilateurs d'alimentation et de retour.
- Ajustez la tension des courroies ou les changer, si nécessaire.

- Lubrifiez les différentes composantes au besoin afin d'en assurer le bon fonctionnement.
- Vérifiez l'alignement de l'entraînement du ventilateur et le bon fonctionnement du variateur de vitesse si présent.

4.11. Système de distribution de l'air

Le système de gaines distribue l'air de la salle de mécanique à chacune des pièces, mais avec le temps ces gaines peuvent s'obstruer ou se salir.

4.11.1. Gaines obstruées

Il y a plusieurs façons d'obstruer une gaine de ventilation même si le phénomène ne se présente pas souvent. Lors de la construction, quelqu'un a pu oublier un objet (boîte de carton, etc.) dans la gaine de ventilation. À l'origine, cet objet ne causait aucun problème puisqu'il était dans une grande gaine, mais avec le temps, il a été poussé vers une plus petite gaine et maintenant il obstrue celle-ci. Le fusible d'un volet coupe-feu peut s'être brisé, provoquant la fermeture de la gaine, ou la poussière peut avoir obstrué les aubes directionnelles (Turning Vanes) limitant le débit d'air ou encore un morceau d'isolant de la gaine peut être tombé dans celle-ci et l'avoir bouchée.

<u>Procédure</u>

Mesurez le débit au diffuseur de la branche déficiente.

<u>Solution</u>

- Vérifiez si le volet coupe-feu n'est pas fermé. Dans bien des cas, il vous faudra pratiquer une ouverture, car le concepteur n'aura pas jugé bon d'y placer une porte d'accès.
- À l'aide d'un endoscope, regardez l'intérieur des gaines, surtout au changement de direction. Si la gaine est sale ou obstruée (par l'isolant, par exemple), nettoyez-la.

4.11.2. Nettoyage des gaines

Lorsque le système de filtration est faible ou inadéquat, les poussières peuvent se retrouver dans le système de distribution. Ces poussières pourront éventuellement bloquer les déflecteurs ou les serpentins de réchauffe terminale ou être projetées dans la pièce et servir de support pour la croissance des micro-organismes dans le cas où les conditions d'humidité étaient favorables.

<u>Procédure</u>

- Vérifiez l'état de propreté des gaines.
- Utilisez un endoscope pour vous assurer que les gaines sont propres.
- Dans certaines installations, des puits d'observation sont installés en permanence pour rendre ce travail plus facile.
- Vérifiez le système de filtration.
- Vérifiez la présence d'eau ou encore d'humidité excessive.

Solution

- Si la gaine est sale, nettoyez celle-ci (voir recommandations émises par NADCA et ACNOR Z204-94).
- Améliorez au besoin la quantité de filtration.
- Favorisez si possible l'utilisation de silencieux en remplacement de l'isolant acoustique.
- Éliminez toute cause d'accumulation ou d'emportement d'eau.

Note: Plusieurs entrepreneurs s'improvisent spécialistes en nettoyage de gaines. Lorsque la gaine est isolée acoustiquement, il ne faut pas entrer dans la gaine pour aspirer la poussière, car à ce moment, on casse la surface protectrice de l'isolant et on fait alors plus de tort que de bien. Par la suite, toutes ces particules sont entraînées dans le système et projetées dans les pièces. D'autre part, il est à noter que la poussière visible près des diffuseurs n'origine pas forcément de la gaine, mais bien souvent de la pièce elle-même (effet statique).

4.12. Unités de fin de course

4.12.1. Serpentin d'unité d'induction

L'eau contenue dans le serpentin ne circule pas toujours. Lorsqu'en repos, les solides contenus dans cette eau ont tendance à occasionner des dépôts qui avec le temps limiteront le volume d'eau circulée et, il va de soi, l'efficacité du serpentin.

Procédure

En fonction des produits chimiques utilisés, de la fréquence d'utilisation et quelques fois du changement d'opération (été-hiver), établissez un programme d'entretien préventif.

Solution

- Dans un premier temps, il faut purger les parties basses des colonnes d'alimentation et les parties de retour si possible. Ensuite, lorsque la situation le permet, accélérez le débit pendant un certain temps.
- Faites circuler l'eau dans une partie des serpentins en fermant les autres et vice-versa, tout en n'oubliant pas de placer tous les thermostats sur le chaud ou le froid dépendamment de la saison, et ce, en dehors des heures d'occupation.
- Assurez-vous de nettoyer les tamis.
- Avec l'assistance d'un spécialiste, procédez à un nettoyage choc en utilisant un dispersant et à la vidange complète du circuit avant de le remplir avec de l'eau neuve et avec les produits appropriés.

4.12.2. Boîte de détente

En bout de course, la boîte de détente permet d'abaisser la pression de la gaine maîtresse à la pression voulue. Ces boîtes sont munies de mécanismes qui peuvent s'encrasser ou s'enrayer provoquant une perte de contrôle ou une réduction du débit d'air.

Toutes les boîtes de détente sont munies d'un mécanisme permettant de réduire la pression. Dans certains cas, il s'agit de grilles perforées, dans d'autres, d'un clapet flexible ; enfin, d'autres manufacturiers utilisent un volet métallique, mais toutes ces pièces mobiles nécessitent un entretien.

Procédure

Établissez un programme de vérification et d'entretien préventif.

Solution

Nettoyez les boîtes de détente à tous les cinq ans ou plus fréquemment si l'air ambiant est pollué.

4.12.3. Boîte de mélange – système à double gaine

Les boîtes de mélange des systèmes à double gaine sont munies d'un mécanisme qui permet à la boîte de s'ouvrir sur la gaine chaude lorsque le local est froid et sur la gaine froide lorsque le local est chaud. Si ce mécanisme est enrayé ou si les ouvertures ne ferment pas de façon étanche, il y a une perte de contrôle de la température dans le local. Ainsi, lorsque le local est froid, la boîte de mélange s'ouvre sur la gaine chaude et se ferme sur la gaine froide. Si la fuite est importante, l'air froid continuera à pénétrer dans la boîte et la température résultante ne sera pas assez chaude pour chauffer le local.

Procédure

Afin de mesurer le pourcentage de coulage des boîtes de mélange à double gaine, nous vous proposons la procédure suivante :

- Mesurez la température de la gaine chaude et celle de la gaine froide immédiatement avant celle de la boîte de mélange;
- Placez le thermostat de pièce à sa position minimale;
- Mesurez la température de l'air à la sortie du diffuseur;
- Calculez le pourcentage de coulage du côté chaud à l'aide de la formule suivante :

$$\text{\% de coulage du côté chaud} = \frac{TF - TD}{TF - TC} \times 100$$

où

TD = température au diffuseur
TF = température de la gaine froide
TC = température de la gaine chaude

- Placez maintenant le thermostat à sa position la plus élevée et attendez 5 minutes;
- Mesurez la température de l'air à la sortie du diffuseur;
- Calculez le pourcentage de coulage du côté froid à l'aide de la formule suivante :

$$\text{\% de coulage du côté froid} = \frac{TC - TD}{TC - TF} \times 100$$

Solution

Toutes les boîtes de mélange qui ont un coulage supérieur à 10 % doivent être nettoyées et le joint d'étanchéité remplacé.

4.12.4. Système de chauffage en terminaison

Cette unité de fin de course est munie d'un serpentin de réchauffage et d'un filtre grillagé. Ce serpentin peut être à eau chaude ou électrique. Les serpentins à ailettes peuvent être obstrués par la poussière, mais ceux électriques sont moins susceptibles à l'obstruction. Les soupapes des serpentins à eau peuvent couler, empêchant les serpentins de se fermer complètement.

Enfin, les serpentins électriques peuvent être grillés en partie ou en totalité, changeant ainsi la capacité de chauffage du serpentin. Les serpentins électriques dégagent des odeurs de brûlé lorsqu'ils n'ont pas fonctionné depuis un certain temps et ils peuvent déclencher dans certains cas le système de détection de fumée.

Procédure

Pour déterminer si les ailettes du serpentin à eau sont obstruées par la poussière :

- Mesurez le débit d'air aux diffuseurs.

Solution

- Procédez régulièrement au nettoyage du filtre grillagé, dépendamment de la qualité des tapis, et plus fréquemment lorsque le tapis est neuf.
- Nettoyez le serpentin à la vapeur si le débit a diminué de plus de 10%.

Procédure

Pour vérifier si la soupape du serpentin de chauffage coule :

- Mesurez la température d'alimentation de l'air dans la gaine principale;
- Pour chaque serpentin, placez le thermostat à sa position minimale;
- Mesurez la température à la sortie des diffuseurs.

Solution

Si la température mesurée à la sortie du diffuseur est supérieure de 3 °C (5 °F) à la température d'alimentation de l'air dans la gaine principale, il vous faudra faire un entretien sur la soupape et peut-être changer son siège.

Procédure

Pour vérifier si le serpentin de chauffage terminal électrique fonctionne bien :

- Trouvez la puissance et la tension de chaque serpentin de réchauffage;
- Placez le thermostat à sa position maximale;
- Mesurez l'ampérage du circuit menant au serpentin;
- Pour chaque serpentin, placez le thermostat de pièce à sa position minimale;
- Mesurez de nouveau l'ampérage du circuit menant au serpentin.

Solution

- Lorsque le thermostat est dans sa position maximale, vous devez lire l'ampérage correspondant au maximum de la puissance du serpentin. Si ce n'est pas le cas, il faudra vérifier la régulation et les circuits électriques.
- Lorsque le thermostat est dans sa position minimale, vous devez lire un ampérage nul. Si ce n'est pas le cas, il faudra vérifier la régulation et les circuits électriques.

Note : Avec la réduction du coût des sondes de température, il est intéressant d'équiper chaque unité de chauffage en terminaison d'une sonde de température. Ceci permet facilement de détecter une anomalie au niveau du dispositif de chauffage.

4.12.5. Système à volume d'air variable (VAV)

Contrairement au système à débit constant dont la température de l'air d'alimentation varie en fonction de la variation de la charge thermique de la pièce, le système à débit d'air variable varie le débit en réponse au signal du thermostat de pièce. Il existe plusieurs configurations de ce type de système CVC, entre autres à simple ou à double conduits, avec ou sans unité de réchauffe en terminaison. Au cours des dernières années, différents problèmes ont été associés à l'utilisation de boîtes à volume d'air variable.

4.12.6. Classification des boîtes à volume d'air variable

Les boîtes à volume d'air variable sont principalement classées en fonction de leur réponse aux variations de pression statique observées à l'intérieur du conduit d'alimentation. De fait, le débit de certaines boîtes est influencé par les fluctuations de pression statique dans le conduit, et ce, indépendamment de la réponse de l'actuateur du volet d'admission de la boîte dont le contrôle est assuré par le thermostat de pièce.

Dans les conditions dynamiques d'opération, l'équilibrage du système est généralement difficile et dépend en grande partie de la capacité du ventilateur à maintenir une pression constante dans chacune des zones. En conséquence, la répétition des données lors de l'équilibrage ne peut être obtenue que dans la mesure où les conditions de simulation sont les mêmes lors des essais.

Certaines boîtes ne sont pas sensibles aux variations de pression car elles sont munies de station de mesurage intégrée assurant, indépendamment des fluctuations de la pression statique en amont de la boîte, l'alimentation des débits d'air minimums et maximums spécifiés.

4.12.7. Stratification et stagnation de l'air

Les problèmes de stratification et de stagnation de l'air sont engendrés par la réduction simultanée du débit et de la vitesse à la sortie du diffuseur, occasionnant ainsi une faible circulation de l'air dans la pièce. En toutes saisons et sous toutes conditions de charge thermique, il est important que l'air soit bien diffus avant d'atteindre la zone occupée.

Procédure

- Vérifiez si le débit minimum est fourni.
- Vérifiez la distribution de l'air et la vitesse de sortie aux diffuseurs.
- Vérifiez si l'emplacement, le type ou l'ajustement des diffuseurs sont adéquats.
- Vérifiez si la position des grilles de reprise n'interfère pas avec la diffusion de l'air.
- Vérifiez l'encombrement des lieux (bureaux et cloisons).

Solution

- Vérifiez le signal du thermostat qui contrôle l'actuateur de la boîte d'alimentation ainsi que son ajustement.
- Dans certaines situations, il faut examiner la possibilité d'augmenter le débit d'air admis à la pièce sans causer de refroidissement excessif. Dans un tel cas, il peut s'avérer nécessaire d'installer un serpentin de chauffage en terminaison, contrôlé en séquence avec la boîte à volume d'air variable.
- Lorsque le serpentin de chauffage en terminaison ne fonctionne pas, il faut s'assurer dans le cas des serpentins électriques que le débit d'air minimum spécifié par le manufacturier est fourni et, s'il y a lieu, que la sonde de pression statique soit opérante.
- Il peut être requis de modifier ou changer les diffuseurs pour améliorer l'homogénéité de l'air dans la pièce.

4.12.8. Variations des débits minimums et maximums par rapport aux débits spécifiés

Certains systèmes sont munis d'une sonde qui mesure dans le conduit de ventilation la variation de la pression statique engendrée par la fermeture et l'ouverture des boîtes à volume d'air variable en réponse aux conditions thermiques dans les pièces. Cette sonde est reliée au ventilateur qui module le débit d'alimentation pour éviter la surpression des conduits et réduire la consommation énergétique.

La variation du débit par le ventilateur est réalisée de différentes façons, entre autres par un conduit de détournement, par un variateur de la vitesse de rotation du moteur ou par un volet d'admission, ce qui permet de maintenir une pression statique relativement constante dans le système.

Le mauvais fonctionnement de la sonde et/ou du régulateur de débit peut entraîner des variations importantes de débit dans certaines zones ainsi qu'une surpression pouvant endommager les conduits de ventilation.

Procédure

- Vérifiez la pression statique et l'ampérage du moteur (débits minimums et maximums).
- Vérifiez l'emplacement, la sensibilité et la précision de la sonde de pression statique.
- Vérifiez l'étalonnage de la station de mesurage.
- Vérifiez les mécanismes de régulation de débit au niveau du ventilateur.
- Observez la variation de pression statique à la sortie du ventilateur et à la sonde en fermant successivement les boîtes à débit d'air variable.
- Vérifiez si les débits minimums demeurent dans la courbe du ventilateur en termes de révolutions et de pression totale.

Solution

- Apportez les ajustements nécessaires.
- Vérifiez les spécifications du manufacturier pour vous assurer que les boîtes à volume d'air variable peuvent opérer dans la plage de pression statique du système.
- Procédez à l'équilibrage du système de ventilation.

4.12.9. Admission d'air extérieur insuffisante en position minimum

La majorité des systèmes VAV sont réglés de façon à pouvoir fournir la quantité minimale d'air extérieur lorsque le débit d'air total est au maximum.

En période de charge réduite, la pression statique dans le plénum de mélange diminue en raison de la réduction du débit par le ventilateur, ce qui entraîne une baisse de l'admission de l'air extérieur.

Procédure

Vérifiez le taux d'air extérieur admis en réglant les boîtes VAV en position minimum.

Solution

- Évaluez la possibilité d'installer des stations de mesurage et/ou une sonde de pression statique dans le système afin de contrôler la quantité d'air admise.
- Lorsque le système le permet, réajustez à la hausse la température d'alimentation en fonction de la demande des thermostats de pièce afin d'augmenter le débit d'air aux pièces.

4.13. Salles de mécanique et travaux de nettoyage et de peinture des systèmes

4.13.1. Salles de mécanique

Les salles de mécanique ne doivent pas servir d'entrepôt, à plus forte raison lorsque la salle de mécanique sert de plénum de retour. Plusieurs systèmes CVC se servent de la salle de mécanique comme gaine de retour.

Procédure

- Visitez toutes vos salles de mécanique et assurez-vous qu'on n'y entrepose pas de solvant, de peinture ou tout autre produit toxique.
- Vérifiez toute présence d'accumulation ou d'infiltration.

Solution

- Gardez vos salles de mécanique propres et exemptes de tout entreposage.
- Si le sol est en béton, peignez-le avec une peinture au latex ou époxy pour réduire la poussière.
- Éliminez les accumulations d'eau de toute surface.
- Colmatez les fissures.

Note: Une salle de mécanique et des systèmes propres incitent à un bon entretien. Il est toujours plus facile d'entretenir un endroit qui est bien tenu régulièrement.

4.13.2. Travaux de nettoyage et de peinture des systèmes

Toutes les composantes des systèmes, que ce soit les ventilateurs, les bacs d'humidificateurs, les bacs de récupération, les moteurs, les volets, les parois, les gaines, les planchers, etc. doivent être propres, exempts de rouille et faciles à entretenir.

Solution

Lorsque nécessaire, il faut nettoyer les composantes des systèmes en profondeur, enlever la rouille et les repeindre pour les préserver, faciliter leur nettoyage et prévenir la prolifération de micro-organismes.

Note: Tous ces travaux doivent se faire lorsque le système est arrêté et en dehors des heures d'occupation des locaux que ce système dessert. Il faut éviter également d'utiliser des produits tels que solvants, décapants, dégraisseurs, peinture ou autres, qui pourraient contaminer l'air. Il est vivement recommandé d'utiliser des peintures qui ne contiennent pas de COV (composés organiques volatils). Une fois la peinture sèche, le système doit être redémarré avec le maximum d'air extérieur possible plusieurs heures avant l'arrivée des occupants afin d'éliminer les odeurs.

4.14. Plénum de retour

Souvent, l'espace entre le faux plafond et la dalle de structure sert de gaine pour l'air qui est retourné au système CVC. Il y a généralement quatre types de problèmes dans ces plénums qui sont reliés à la qualité de l'air intérieur :

- la contamination par les produits de nettoyage;
- l'air froid qui tombe sur les occupants;
- les murs qui montent jusqu'à la dalle de structure, sans ouverture pour le retour d'air;
- le traitement ignifuge de la structure et de la dalle pouvant être une source de poussières.

4.14.1. Risques de contamination par les produits de nettoyage

Les chambres de concierge sont habituellement évacuées directement à l'extérieur par un système d'évacuation dédié. Souvent, les concierges tentent d'accroître la ventilation de leur local en ouvrant une tuile de plafond. Cette pratique n'est pas recommandée puisque le local sert à entreposer toutes sortes de produits de nettoyage ; si l'un de ces contenants était renversé par mégarde et que des gaz ou des vapeurs s'échappaient, ils seraient transportés dans tout l'édifice par le plénum de retour du système CVC.

<u>Procédure</u>

- Vérifiez l'état des surfaces.
- Vérifiez chacun des locaux de concierge.
- Vérifiez la présence d'accumulation d'eau par infiltration ou condensation.

<u>Solution</u>

- Éliminez tous les produits toxiques non nécessaires, en respectant les normes en vigueur.
- Entreposez et manipulez les produits toxiques utilisés en vous conformant toujours aux normes de sécurité en vigueur.
- Fermez tous les plafonds ouverts.
- Éliminez toute accumulation d'eau.
- Corrigez et ajoutez au besoin l'isolant aux surfaces du plénum.

4.14.2. Plénum trop froid

Les systèmes CVC à volume constant avec boîtes de dérivation qui rejettent l'excès d'air dans le plénum ont souvent des plénums très froids. En effet, si plusieurs unités de fin de course d'un endroit sont fermées, une grande quantité d'air froid est rejetée vers le plénum.

Cet air, lorsqu'il passe au-dessus d'une grille de retour, a tendance à tomber puisque l'air froid est plus lourd que l'air chaud de la pièce. Les gens qui sont situés sous ces grilles reçoivent une « douche » d'air froid et se plaignent d'inconfort.

Procédure

Vérifiez la température de l'air sous les grilles de retour.

Solution

- Installez des cols de cygne sur chacune des grilles de retour et orientez la sortie du col de cygne dans la direction de l'écoulement de l'air.
- Une autre solution, plus coûteuse mais plus efficace, consiste à raccorder la dérivation de la boîte de façon à diriger l'air rejeté vers le conduit de retour.

4.14.3. Murs construits jusqu'à la dalle de structure

Dans certains aménagements, les murs sont construits jusqu'à la dalle de structure pour avoir une meilleure isolation acoustique entre les différentes pièces. Cette pratique bloque les plénums de retour et empêche la bonne circulation de l'air de retour.

Procédure

Vérifiez que le plénum n'est pas obstrué.

Solution

- Dégagez les plénums en pratiquant des ouvertures dans les murs qui peuvent les obstruer.
- Vous pouvez aussi contrôler le problème acoustique avec de meilleures tuiles acoustiques aux faux plafonds ou sur les murs.
- Si la transmission du son est un problème, faites une ouverture et installez une gaine de transfert d'air munie d'un silencieux.

5. Efficacité énergétique et qualité de l'air intérieur

Certaines personnes prétendent que les problèmes de qualité de l'air intérieur sont attribuables à une amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ou édifices à bureaux. Un édifice neuf étant plus étanche qu'un vieux bâtiment, on y observe moins d'infiltrations incontrôlées d'air extérieur.

Si la qualité de l'air intérieur dans cet édifice laisse à désirer, c'est qu'il y a probablement un problème lié au système CVC ou un changement dans l'occupation. La solution à ce problème n'est pas de transformer l'édifice en passoire pour augmenter l'infiltration d'air extérieur, mais plutôt de corriger les lacunes du système CVC ou de l'adapter aux nouvelles contraintes d'occupation.

Vouloir mettre un blâme général sur l'efficacité énergétique, c'est vouloir trouver vite un bouc émissaire pour ne pas avoir à chercher et à trouver le vrai problème.

En fait, un bon programme d'efficacité énergétique implique souvent une amélioration de la qualité de l'air intérieur grâce à une plus grande utilisation de l'air extérieur pour le refroidissement à la place des refroidisseurs mécaniques. On oublie vite que dans les grands édifices, il y a un besoin constant de refroidissement, même en plein hiver. Les programmes d'efficacité énergétique ont généralement encouragé l'utilisation de l'air extérieur pour refroidir, à la place des refroidisseurs mécaniques. Ainsi, une séquence de contrôle, avec une bonne efficacité énergétique, admet plus d'air extérieur qu'une séquence non optimisée, tout en réduisant les coûts d'opération du système CVC.

Notons toutefois qu'au cours des dernières années, les contraintes imposées en réduction des émissions de GES et l'augmentation des coûts des sources d'énergie ont amené l'apparition d'équipements CVC-R plus complexes dans l'opération des bâtiments. Un exemple est l'utilisation de thermopompes qui récupèrent la chaleur des zones chaudes pour chauffer les zones froides. Dans ce type d'installation ou lors des conditions climatiques extrêmes, les volets des systèmes de ventilation sont à leur position d'ouverture minimale. Un bon programme d'efficacité énergétique exige toutefois une vérification régulière afin de s'assurer que le minimum d'apport d'air extérieur dans de telles conditions est respecté pour maintenir le confort et la santé des occupants.

Beaucoup d'autres mesures d'efficacité énergétique ont aussi une influence bénéfique sur la qualité de l'air intérieur. Par exemple, l'élimination du coulage des boîtes de mélange et des fuites des soupapes permet un contrôle plus précis et plus stable de la température des locaux et, par conséquent, assure un meilleur confort thermique aux occupants.

Les paragraphes qui suivent vous expliquent différentes mesures d'économies d'énergie ainsi que leur incidence sur la qualité de l'air intérieur.

5.1. Étanchéité de l'enveloppe extérieure du bâtiment

L'infiltration incontrôlée d'air extérieur dans un édifice est à la fois une source majeure d'inconfort pour les occupants qui sentent des courants d'air froids pendant l'hiver, ainsi qu'une charge supplémentaire inutile pour les systèmes de chauffage et de refroidissement qui ont de la difficulté à maintenir le confort souhaité lors de conditions climatiques extrêmes.

De plus, l'infiltration cause des variations importantes de température près des parois extérieures et ce manque d'uniformité de la température est également une source d'inconfort pour les occupants.

En améliorant l'étanchéité de l'enveloppe extérieure de l'édifice, on réduit non seulement la consommation énergétique, mais en plus, on améliore le confort des occupants. L'infiltration d'air est souvent accentuée par un débalancement entre les quantités d'air évacué et les apports d'air neuf rendant l'immeuble en pression négative par rapport à l'extérieur. L'admission d'air extérieur est un des points sensibles du système CVC; lorsqu'elle est bien contrôlée, elle assure le confort des occupants. L'air admis par infiltration n'est pas traité et peut donc être contaminé lors de l'infiltration.

5.2. Réparation et étanchement des volets d'air extérieur, d'évacuation et de mélange

Tel qu'expliqué précédemment, ces volets contrôlent la quantité d'air recirculée, évacuée ainsi que l'admission d'air extérieur. Des volets qui opèrent mal ou qui ne sont pas étanches ne permettent pas aux contrôles de moduler de façon précise et stable l'admission d'air extérieur. Cela peut occasionner une trop grande variation de température dans le système CVC. Le mauvais fonctionnement des volets fait en sorte que trop ou pas assez d'air extérieur est admis. Donc, la réparation et l'étanchement de ces volets permettent d'assurer l'admission de la bonne quantité d'air extérieur et cela, en tout temps.

5.3. Réduction des fuites d'air aux unités de fin de course, aux soupapes et aux joints des conduites

La réduction de ces fuites peut éliminer un gaspillage énergétique considérable tout en améliorant le contrôle de la température pour le confort des occupants.

5.4. Réduction du minimum d'air extérieur pour les systèmes CVC

Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, une bonne séquence de contrôle augmente souvent l'admission d'air extérieur, ce qui permet de profiter du refroidissement grâce à l'air extérieur au lieu de faire fonctionner les refroidisseurs mécaniques.

Ce n'est que dans des conditions climatiques extrêmes ou d'utilisation de dispositif de transfert de chaleur (thermopompe) que le système de ventilation est à sa position minimum d'apport d'air extérieur. Ce minimum doit toujours être ajusté pour respecter toutes les normes et recommandations indiquées dans ce guide.

Admettre plus d'air extérieur que recommandé n'améliore pas le confort des occupants ; au contraire, cela peut les incommoder puisque les systèmes de chauffage et de refroidissement peuvent être insuffisants pour répondre à ces charges extrêmes.

Réduire le minimum d'air extérieur en fonction de l'occupation réelle selon les recommandations de ce guide permettra non seulement de réaliser des économies d'énergie, mais également de maintenir des conditions de confort pour les occupants tout en respectant les capacités de chauffage et de refroidissement des systèmes CVC.

Note : Le débit d'air neuf minimum doit excéder le débit d'évacuation pour ne pas rendre l'immeuble en pression négative. Ce qui pourrait augmenter les fuites à travers l'enveloppe.

5.5. Optimisation du contrôle de mélange pour le refroidissement avec de l'air extérieur

Dans les grands édifices à bureaux, il y a un besoin constant de refroidissement, même en hiver. Au lieu de contrôler le mélange à une température fixe et de corriger ensuite pour la température d'alimentation désirée à l'aide du serpentin de chauffage ou de refroidissement, un bon programme d'efficacité énergétique implique souvent la variation de la température de mélange selon la demande des pièces desservies.

Ainsi, lorsqu'il y a un besoin de refroidissement (ce qui arrive presque tout le temps dans les zones intérieures), il y aura une plus grande admission d'air extérieur pour profiter du refroidissement naturel, avant de déclencher le refroidissement mécanique.

Cette mesure d'efficacité énergétique augmente alors l'admission d'air extérieur surtout dans les mi-saisons.

5.6. Arrêt de la ventilation en dehors des heures d'occupation

Hormis des conditions exceptionnelles, les systèmes CVC peuvent être arrêtés en dehors des périodes d'occupation sans affecter les occupants, à condition qu'ils soient remis en fonctionnement avant leur arrivée afin d'évacuer le CO_2 et autres polluants et fournir les conditions de confort désirées.

Si le bâtiment est neuf ou que des réparations majeures y ont été apportées récemment (peinture, pose de tapis de sol, etc.), il faudra laisser la ventilation en fonctionnement continu le temps que les nouveaux matériaux dégagent la plus grande partie de leurs composés organiques volatils.

5.7. Autres mesures

D'autres mesures d'efficacité énergétique ont peu d'influence sur la qualité de l'air intérieur bien qu'elles puissent l'améliorer en permettant un meilleur contrôle des conditions de confort des occupants. Il s'agit :

- du réajustement automatique des consignes de température et pression de la gaine chaude et de la gaine froide en fonction de la demande des pièces ;
- de l'ajustement des contrôles pour éviter le « chevauchement » entre le chauffage et le refroidissement ;
- de la conversion d'un système à température d'air fixe pour opération à température variable ;
- de la conversion d'un système à volume fixe pour un débit d'air variable.

On constate que les mesures l'efficacité énergétique sont spécifiques à chaque bâtiment. Elles dépendent principalement des systèmes CVC-R et du type de source d'énergie utilisée, du type d'utilisation et d'occupation, ainsi que de l'architecture du bâtiment.

5.8. Analyse et persistance

Le maintien des conditions de confort et l'optimisation énergétique étant complexes, si vous êtes débordés et manquez de temps pour adresser les problèmes vous pouvez considérer l'utilisation d'outils et de processus d'amélioration pour vous aider :

- **Remise au point (recommissining) et commissioning continu :** Ces processus pourraient s'avérer utiles pour déceler et résoudre les problèmes liés à la qualité d'air intérieur et à l'efficacité énergétique.

  Pour plus d'information, consultez le guide « Guide de gestion efficace des bâtiments » disponible sur le site web du Réseau Énergie et Bâtiments.

- **Outils de détection et de diagnostic des fautes :** ces outils analysent les données de votre système de contrôle afin de détecter des anomalies au niveau de l'opération des systèmes CVC-R et de les diagnostiquer, fournissant à l'utilisateur l'information nécessaire pour dépister la (les) causes du problème.

  Ces outils sont souvent utilisés dans un contexte de commissioning continu pour maintenir la performance opérationnelle des systèmes CVC-R à leur niveau optimal.

Il faut souligner qu'un bon programme d'efficacité énergétique ne va pas à l'encontre d'une bonne qualité de l'air intérieur. Ils doivent être intégrés. Sans qualité d'air et confort des occupants, il est quasi impossible d'assurer la persistance des bénéfices d'efficacité énergétique.

Conclusion

Un grand nombre de personnes sont impliquées pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur, à commencer par celles qui établissent les normes et la réglementation en vigueur, en passant par les ingénieurs qui ont conçu les systèmes, les entrepreneurs qui les ont construits et les concepteurs des programmes d'entretien. Votre rôle à vous est un rôle concret et essentiel. Ce guide a donc été réalisé dans le but de vous aider à l'accomplir le mieux possible.

Vous avez maintenant en main un outil pratique qui devrait vous permettre de résoudre par vous-même la plupart des problèmes que vous rencontrez, afin de maintenir un niveau de confort qui donne satisfaction à la majorité des occupants de l'édifice dont vous entretenez les systèmes. Cette tâche peut être très valorisante pour le personnel préposé à l'entretien, en vue d'obtenir une bonne qualité de l'air intérieur. De plus, des systèmes CVC propres et bien entretenus ainsi qu'un registre de consignation des plaintes maintenu à jour, peuvent être des éléments positifs vis-à-vis les représentants des locataires et vos supérieurs.

Ce guide n'a pas la prétention de tout résoudre, mais il peut vous aider dans les vérifications à effectuer, lorsqu'il y a un problème, et surtout, à prévenir ces problèmes par un entretien approprié et régulier des équipements, tout en assurant une bonne gestion énergétique.

Servez-vous en ! Ne faites pas que le lire, mais utilisez-le comme un outil de travail quotidien.

6. Annexes : Règlements et standards

6.1. Qualité de l'air

PARAMÈTRES	ASHRAE 62.1-2016
Monoxyde de carbone (CO) ppm	9 ppm (8 h)
	35 ppm (1 h)
Dioxyde de carbone (CO_2)	Concentration extérieure + 700 ppm (en continu)
Oxydes d'azote (NO_x)	0,05 ppm de NO_2 (en continu)
	0,40 ppm de NO (24 h)
	0,80 ppm de NO (30 min)
Ozone (O_3)	0,08 ppm (8 h)
	0,12 ppm (1 h)
Formaldéhyde (HCHO)	0,75 ppm (8 h) 2 ppm (15 min)
Particules < 2.5 µm	15 µg/m^3 (annuel)
	35 µg/m^3 (24 h)
Particules < 10 µm	150 µg/m^3 (24 h)
Composés organiques volatiles (COV)	À déterminer selon chaque composé

Note : Ces valeurs constituent des règlementations du NAAQS/EPA (États-Unis). Des recommandations de Santé Canada et de d'autres organismes sont également présentées dans la norme.

6.2. Formulaire de plainte

de plainte : _____

Édifice _____ Nom du plaignant _____

NºLocal/bureau _____ À cet endroit depuis _____

Date _____ Heure _____ Problème depuis _____

Malaises ressentis		
(Décrire le malaise ou utiliser les numéros de la liste au verso)	Fréquence du malaise (nb/sem ou /mois)	
	Heure habituelle	
	Pièce	

Conditions environnementales
(Décrire les conditions ou utiliser les numéros de la liste au verso)

Conditions extérieures

Température extérieure _____

Ensoleillement _____ % (100% plein soleil)

Neige durant la journée (oui/non) _____

Vent (faible/modéré/fort)

Remarques

Plainte enregistrée par : _____

(Source : CMA - Chalifour Marcotte et associés inc.)

Malaises ressentis		**Conditions environnementales**
Général	Respiration	Général
1. Somnolence 2. Difficulté de concentration 3. Étourdissements 4. Faiblesses 5. Autre : spécifier	32. Essoufflement 33. Poitrine serrée 34. Asthme 35. Sifflement 36. Autres : spécifier	63. Trop chaud_____°C 64. Trop froid _____°C 65. Trop sec 66. Trop humide 67. Odeurs de tabac 68. Autres odeurs : 69. Poussière
Douleurs	Gorge	Bruit
6. Tête 7. Dos 8. Muscles 9. Articulations 10. Autre : spécifier	37. Sèche 38. Picotement 39. Mal de gorge 40. Toux 41. Autre : spécifier	70. Équipement de bureau 71. Système de ventilation 72. Autre : spécifier
Stress	Peau	Éclairage
11. Épuisement 12. Insomnie 13. Irritabilité 14. Anxiété 15. Dépression 16. Autre : spécifier	42. Sèche 43. Irritation 44. Éruption cutanée 45. Qui s'écale 46. Qui brûle 47. Autre : spécifier	73. Insuffisant 74. Trop Fort 75. Vacillement 76. Éblouissement 77. Autre : spécifier
Yeux	Système digestif	Organisation
17. Irritation 18. Brûlure 19. Vision brouillée 20. Secs 21. Rouges 22. Larmoiement 23. Boursouflures 24. Autre : spécifier	48. Indigestion 49. Nausées 50. Mal de ventre 51. Diarrhée 52. Constipation 53. Vomissement 54. Autre : spécifier	78. Décor 79. Désordre 80. Distraction 81. Claustrophobie 82. Atmosphère 83. Autre : spécifier
Nez	Grippe	
25. Congestion 26. Éternuements 27. Problèmes de sinus 28. Écoulement	55. Malaises généraux 56. Frissons 57. Fièvre 58. Autre : spécifier	

Malaises ressentis		Conditions environnementales
29. Fièvre des foins 30. Saignements 31. Autre : spécifier	Cycle menstruel 59. Périodes irrégulières 60. Tension pré-menstruelle 61. Écoulement élevé 62. Autre : spécifier	

6.3. Questionnaire nº1

Date _____ / _____ / _____		
Nom du plaignant _____	Local _____	
Téléphone	Service	

Instructions :
Veuillez évaluer les aspects suivants de votre zone de travail dans votre immeuble en encerclant le numéro approprié (entre 1 et 5) qui représente le mieux votre expérience à cet endroit

1.	Température	1 Inconfortable	2	3	4	5 Appropriée
2.	Refroidissement	1 Trop froid	2	3	4	5 Confortable
3.	Écarts de température	1 Trop fréquents	2	3	4	5 Temp. constante
4.	Ventilation	1 Insuffisante	2	3	4	5 Appropriée
5.	Fraîcheur de l'air	1 Air vicié	2	3	4	5 Air frais
6.	Déplacement de l'air	1 Air stagnant	2	3	4	5 Bonne circulation
7.	Bruits attribuables au système de ventilation	1 Bruits gênants	2	3	4	5 Pas de problème
8.	Quel est votre degré de satisfaction à l'égard de votre aire de travail?	1 Insatisfait (e)	2	3	4	5 Très satisfait

9. Dans quelle mesure votre aire de travail influe sur votre capacité de travail?	1	2	3	4	5
	Rend le travail difficile				Facilite le travail

Merci de votre coopération. Pour obtenir des informations au sujet des résultats de cette enquête, veuillez communiquer avec :

Nom :	No. de tél. :

(Source : Travaux publics Canada)

Observations :	

Important :
Ce type de questionnaire est donné à titre d'exemple seulement et ne doit être utilisé que par le Directeur du personnel des occupants de l'édifice.

6.4. Questionnaire nº2

1. A votre poste de travail, comment qualifiez-vous la température ?

Adéquate ☐ Trop chaude ☐ Trop froide ☐

Variable ☐ (parfois trop chaude, parfois trop froide)

Commentaires _____

2. D'après vous, quelle est la température la plus confortable pour un bureau ?

20°C (68°F) ☐ 23°C (73°F) ☐

21°C (70°F) ☐ 24°C (75°F) ☐

22°C (72°F) ☐ 25°C (77°F) ☐

Ne sait pas ☐

3. Dans le bureau, trouvez-vous que l'air est :

Ni trop sec, ni trop humide ☐

Trop humide ☐ Trop sec ☐

Ne sais pas ☐

Commentaires _____

4. D'après vous, quel est le pourcentage d'humidité relative le plus confortable pour un bureau ?

a) en hiver

15% ☐ 30% ☐ 50% ☐

20% ☐ 40% ☐ 60% ☐

. b) en été

30% ☐ 50% ☐ 70% ☐

40% ☐ 60% ☐ 80% ☐

5. Dans le bureau, trouvez-vous qu'il y a beaucoup de poussière dans l'air?

oui ☐ non ☐

Commentaires _____

6. a) Quand vous travaillez, vous arrive-t-il de recevoir de l'air sur la nuque (courants d'air)?

Jamais ☐ À l'occasion ☐ Souvent ☐

Commentaires _____

b) **Quand vous travaillez, vous arrive-t-il de recevoir de l'air sur les pieds (courants d'air)?**

Jamais ☐ À l'occasion ☐ Souvent ☐

Commentaires _____

7. Éprouvez-vous les problèmes suivants lorsque vous êtes au bureau ?

		Jamais	À l'occasion	Souvent
a)	Rougeurs, larmoiements des yeux	☐	☐	☐
b)	Sécheresse, irritation des yeux	☐	☐	☐
c)	Sécheresse, irritation de la gorge	☐	☐	☐
d)	Congestion des sinus	☐	☐	☐
e)	Éternuements	☐	☐	☐
f)	Saignements de nez	☐	☐	☐
g)	Maux de tête	☐	☐	☐
h)	Difficultés de concentration	☐	☐	☐
i)	Fatigue, somnolence	☐	☐	☐
j)	Étourdissements, nausées, vertiges	☐	☐	☐
k)	Sécheresse et démangeaisons de la peau	☐	☐	☐
l)	Sensation de manque d'air	☐	☐	☐
m)	Grippes à répétition	☐	☐	☐
n)	Autres (spécifiez)	☐	☐	☐

8. En quelle saison les problèmes se manifestent-ils surtout?

Printemps ☐ Été ☐ Automne ☐ Hiver ☐

9. a) Y a-t-il des contaminants ou des odeurs perceptibles à votre poste de travail ?

oui ☐ non ☐

b) D'où cela provient-il ? _____

10 a) Portez-vous des lentilles cornéennes (verres de contact)?

oui ☐ non ☐

b) Lorsque vous êtes dans l'édifice, avez-vous de la difficulté à les porter ?

oui ☐ non ☐ ne s'applique pas ☐

Autres commentaires : _____

11. Au bureau vous êtes :

Fumeur ☐ non-fumeur ☐

12. Combien d'heures par jour travaillez-vous à l'intérieur de l'édifice?

_____ heures

13. À quel étage?

14. De quel côté ?

Ouest ☐ Sud ☐ Est ☐ Nord ☐ Centre ☐

15. Votre poste de travail est-il ?

Près d'une fenêtre ☐
Dans un bureau fermé ☐
Dans une aire ouverte ☐
Dans une aire avec colonne ☐
Dans un passage ☐

16. Êtes-vous?

Assis souvent à votre poste de travail ? ☐
En déplacement occasionnel ? ☐
En déplacement continuel ? ☐

Important :
Ce type de questionnaire est donné à titre d'exemple seulement et ne doit être utilisé que par le directeur du personnel des occupants de l'édifice.

(Source : Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail secteur « administration provinciale »).

6.5. Inventaire des plaintes

Date	Étage	Local	Plaignant	Température		Humidité		Vitesse de l'air		Autres	Commentaires	Résultats de l'analyse	Initiales
				+	-	+	-	+	-				

6.6. Formulaire de vérification

composantes	vérifications à faire	✓	date	initiales
Prise d'air extérieur	• obstruction (neige, feuilles, etc.) • entraînement d'odeurs • entraînement eau de pluie et neige			
grille pare-oiseaux	• obstruction • bon état • bien en place			
plénum de mélange	• propreté • étanchéité des volets d'air extérieur • obstruction de la prise d'air extérieur			
quantité d'air extérieur	• pourcentage d'air extérieur			
filtres	• propreté • perte de pression			
serpentins de chauffage	• propreté • étanchéité de la soupape • contrôle			
serpentins de refroidissement	• propreté • étanchéité de la soupape • contrôle • drain / siphon			
humidificateur	• propreté • eau stagnante • dépôt de calcaire • contrôle • condensation			
ventilateurs	• horaire d'opération • propreté			
distribution d'air	• obstruction • propreté			
calorifère	• nettoyage			
Instruments de mesure	• calibration des instruments de mesures (température, humidité, CO_2, pression) • sondes			
unité de fin de course	• propreté • contrôle • étanchéité (coulage)			
salle de mécanique	• propreté • contamination • entreposage de substances toxiques et de matériel			
plénum de retour	• obstruction (absence d'ouvertures dans les murs pour l'air de retour) • propreté			
grilles de retour	• nettoyage des grilles • obstructions			

Note : Ce formulaire est donné à titre indicatif. Vous pouvez, si vous le souhaitez, faire plus ou d'autres vérifications, en fonction de votre édifice.

6.7. Liste des vérifications – ASHRAE 62.1 - 2016

Tableau 8.2

Activités et fréquences d'entretien minimales pour un système de ventilation

Inspection effectuée / tâche d'entretien	Fréquence
Inspecter le système pour déceler une infiltration ou une accumulation d'eau. Nettoyer et corriger au besoin.	Au besoin
Vérifier que l'espace nécessaire à l'entretien et l'inspection des tours d'eau et des condenseurs évaporatifs n'est pas obstrué.	Mensuellement
Traiter les tours d'eau et les condenseurs évaporatifs pour éviter la croissance de contaminants microbiologiques, notamment la legionella.	Mensuellement
Vérifier que l'espace nécessaire à l'entretien et l'inspection des divers équipements et composantes n'est pas obstrué.	Trimestriellement
Vérifier la perte de charge des composantes et l'échéancier de remplacement des filtres et des appareils de nettoyage de l'air. Nettoyer ou remplacer au besoin.	Trimestriellement
Inspecter les lampes à ultraviolets. Nettoyer ou remplacer au besoin.	Trimestriellement
Inspecter visuellement les systèmes d'humidification et de déshumidification. Nettoyer et entretenir pour limiter l'encrassement et la croissance microbienne. Mesurer l'humidité relative et ajuster le contrôle des systèmes au besoin.	Trimestriellement
Entretenir les drains de plancher et les conditionneurs de siphon hydraulique (trap primers) situés dans les plénums d'air pour prévenir le transport de contaminants des drains vers les plénums.	Semestriellement
Inspecter les équipements de ventilation et de maintien de la qualité de l'air intérieur et leurs contrôles pour assurer un fonctionnement adéquat. Nettoyer, lubrifier, réparer ajuster ou remplacer au besoin.	Semestriellement
Inspecter les siphons hydrauliques (P-traps) des drains de plancher situés dans un plénum d'air. Remplir au besoin pour assurer un fonctionnement adéquat.	Semestriellement
Vérifier la tension des courroies. Inspecter pour déceler de l'usure et remplacer au besoin. Inspecter l'alignement et l'usure des poulies et corriger au besoin.	Semestriellement
Vérifier le bon fonctionnement des entraînements à fréquence variable. Corriger au besoin.	Semestriellement
Vérifier le bon fonctionnement des serpentins de refroidissement et de chauffage et déceler tout dommage ou fuite. Nettoyer, restaurer ou remplacer au besoin.	Semestriellement

Inspection effectuée / tâche d'entretien	Fréquence
Inspecter visuellement la propreté et l'intégrité des persiennes d'air extérieur, des grilles pare-oiseaux, des éliminateurs de brouillard et des zones adjacentes. Nettoyer au besoin. Retirer tout débris ou matière biologique et réparer tout dommage à ces équipements nuisant à l'entrée d'air.	Semestriellement
Inspecter visuellement la propreté et l'intégrité des ouvertures de ventilation naturelle et des zones adjacentes. Nettoyer au besoin. Retirer tout débris ou matière biologique et réparer tout dommage nuisant à l'entrée d'air. Tester et réparer au besoin les dispositifs d'ouverture manuels ou automatiques.	Semestriellement
Vérifier le fonctionnement du système de ventilation d'air extérieur et des contrôles dynamiques des niveaux d'air extérieur.	Annuellement
Inspecter l'état du cadre des filtres à air et des joints des unités. Corriger au besoin.	Annuellement
Vérifier la présence de poussière, débris ou pièces desserrées dans les boîtes de contrôle. Nettoyer et resserrer au besoin.	Annuellement
Inspecter les connecteurs des moteurs pour déceler des dommages ou de la corrosion. Réparer ou remplacer au besoin.	Annuellement
Inspecter les pales et le boîtier des ventilateurs. Nettoyer, réparer ou remplacer au besoin pour assurer le bon fonctionnement.	Annuellement
Vérifier l'état du boîtier des unités de ventilation. Remplacer les diverses fixations et ajuster pour assurer l'intégrité de l'équipement.	Annuellement
Évaluer l'état des roulements. Lubrifier au besoin.	Annuellement
Inspecter les tuyaux et bacs de vidange des drains et les serpentins pour déceler toute croissance biologique. Vérifier la présence d'humidité non souhaitée sur les zones adjacentes. Réparer et nettoyer au besoin.	Annuellement
Vérifier l'encrassement sur la surface des échangeurs de chaleur. Restaurer au besoin pour assurer le fonctionnement adéquat.	Annuellement
Inspecter les unités pour déceler un entraînement d'eau en aval du serpentin de refroidissement. Corriger ou réparer au besoin.	Annuellement
Vérifier le bon fonctionnement des volets. Nettoyer, lubrifier, réparer, remplacer ou ajuster au besoin.	Annuellement
Inspecter les zones où l'humidité s'accumule pour déceler une croissance biologique. Nettoyer ou désinfecter au besoin.	Annuellement
Inspecter les pompes de condensat. Nettoyer ou remplacer au besoin.	Annuellement
Inspecter visuellement l'isolation et le pare-vapeur des conduits et tuyaux exposés. Corriger au besoin.	Annuellement

Inspection effectuée / tâche d'entretien	Fréquence
Vérifier la précision des capteurs servant à contrôler ou à surveiller les débits d'air extérieur. Un capteur ne rencontrant pas la précision spécifiée dans le manuel de fonctionnement doit être recalibré ou remplacé. La vérification de la performance doit inclure une comparaison avec une référence spécifiée pour des équipements similaires dans les standards 41.2 ou 111 de l'ASHRAE.	Aux 5 ans
Vérifier la quantité totale d'air neuf fourni par une unité de traitement de l'air lorsque réglée au mode d'air neuf minimal. Si le débit mesuré est inférieur au débit minimal spécifié dans le manuel de fonctionnement ±10%, confirmer les besoins d'air neuf et ajuster ou modifier l'unité afin de fournir l'air neuf requis. L'équilibrage des systèmes de ventilation doit être fait selon le standard 111 de l'ASHRAE ou son équivalent. Les unités de 2000 pcm ou moins sont exemptées de cette exigence.	Aux 5 ans

Note : Les fréquences minimales peuvent être réduites ou augmentées selon les indications du manufacturier.

6.8. Résumé des fréquences d'entretien recommandées pour certaines composantes

Composantes	Vérifications à faire	Fréquence
Équilibrage aéraulique	Vitesse des ventilateurs	1 fois par année
	Débit des sections principales de plus de 4 700 l/s (10 000 pcm)	Tous les 3 ans
	Débit d'air pour chaque diffuseur ou grille	Tous les 5 ans
	Débits maximum et minimum des boîtes à volume variable	Tous les 5 ans
Système de réglage	Étalonnage des capteurs et dispositifs de réglage suivants : - capteurs de monoxyde de carbone - thermostats - capteurs d'humidité - capteurs de pression - horloges enregistreuses - registres et soupapes - capteurs de dioxyde de carbone	Conformément aux recommandations du fabricant ou au moins sur une base annuelle. Certains types anciens de capteurs (monoxyde de carbone), doivent être ré-étalonnés au moins deux fois par an (hiver et été).
Filtres	Propreté	Les filtres doivent être remplacés conformément aux indications et calendrier du fabricant, ou lorsque les indicateurs de baisse de pression signalent un besoin de remplacement.
	Surface à filtrer entièrement recouverte	Inspection périodique
	État des filtres (mouillés ou endommagés)	Inspection périodique
	Fils métalliques des filtres électroniques	Selon la quantité de poussière à l'intérieur et à l'extérieur et le débit d'air. Devraient être nettoyés sur une base mensuelle.
	État des filtres électromagnétiques	Selon les recommandations du fabricant.
Conduits et équipements auxiliaires	Nettoyage des conduits	La fréquence devrait être établie d'après l'état de propreté observée au cours d'inspections régulières.
	Grilles et diffuseurs	Examiner les diffuseurs et les grilles afin de s'assurer de l'absence de poussière superficielle et faire l'inspection des conduits.
Eau stagnante	Présence d'eau stagnante. Les composants où l'eau stagnante a reposé pendant une période prolongée, ou dans lesquels on a observé la présence d'un film biologique ou de moisissures, doivent être complètement nettoyés et désinfectés.	S'assurer que l'eau stagnante n'est pas laissée dans le système pendant plus d'une semaine.
Prises d'air	Empêcher la formation des mares à proximité.	Régulièrement
	Enlever feuilles ou autres débris retenus par les écrans protecteurs.	
	S'assurer de l'absence de sources de poussière et de saleté comme les nids ou les excréments d'oiseaux dans les prises d'air.	Régulièrement
Bacs de condensat	Nettoyer et désinfecter	Régulièrement
Serpentins de refroidissement	Nettoyer et désinfecter	Tous les ans
Travaux d'évacuation des condensats	Nettoyer et désinfecter	Tous les ans
Humidificateurs	Absence de croissance microbienne	Régulièrement
	Isolant et conduits mouillés en aval de l'humidificateur	Régulièrement

Composantes	Vérifications à faire	Fréquence
	Vidange et nettoyage de tous les éléments du système d'humidification.	Après la saison d'humidification.
	Vidange et nettoyage des bacs à eau des humidificateurs de type pulvérisation.	1 fois par mois
Tours de refroidissement	Nettoyer et désinfecter	Au cours d'inspections régulières et selon l'état (observations d'algues et de myxobactéries).
Équipement d'eau chaude domestique	Température de l'eau maintenue à 60°C et système de circulation pour empêcher la présence d'eau stagnante dans le système de distribution.	Régulièrement
Drains de plancher, salle mécanique	Siphons asséchés permettant aux gaz d'égout d'être libérés.	Régulièrement

(Source : ACNOR Z204)

6.9. Calendrier des travaux d'entretien

Composantes	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Prise d'air extérieur	■	■	■								■	■
Grille pare-oiseaux			■	■							■	■
Plénum de mélange					■							
Quantité d'air extérieur					■							
Filtres	■			■			■			■		
Serpentins de chauffage									■			
Serpentins de refroidissement				■						■		
Humidificateur	■	■		■					■		■	■
Ventilateurs					■							
Distribution d'air						■						
Unité de fin de course (Tous les 3 ou 5 ans)						■						
Salle de mécanique							■					
Plénum de retour							■					

Note : Cette liste est donnée à titre indicatif. Vous pouvez, si vous le souhaitez, faire plus ou d'autres vérifications, en fonction de votre édifice.