

Sommaire

Avant-propos	9	1.3	L'électricité.....	44
Introduction	11	1.4	Le bois.....	45
Partie I : La pathologie des réseaux de plomberie et des systèmes de production d'eau chaude sanitaire	13	1.5	Le chauffage urbain	46
1. Généralités sur les phénomènes de corrosion, d'entartrage et d'érosion.....	15	1.6	Le froid urbain.....	46
1.1 Les différents types de corrosion.....	15	2.	La conception et l'exploitation des chaufferies.....	47
1.2 Les facteurs influents de la corrosion.....	16	2.1	Conception des chaufferies.....	47
1.3 Les différents types de tartre	17	2.2	Exploitation des chaufferies	48
1.4 Les facteurs influents de l'entartrage	18	2.3	Les points clés pour rénover une chaufferie	49
1.5 Les conséquences de la corrosion et de l'entartrage.....	18	3.	Les pompes de circulation.....	51
1.6 Les moyens de lutte contre la corrosion	20	4.	Les vases d'expansion	54
1.7 Les moyens de lutte contre l'entartrage.....	20	5.	L'embouage des installations de chauffage..	55
1.8 Les bonnes pratiques pour les systèmes de production d'ECS	22	5.1	Les traitements préventifs.....	56
1.9 Les points clés pour assurer une bonne exploitation	29	5.2	Les traitements curatifs	56
2. La pathologie de la légionelle	30	6.	La pathologie des boucles de chauffage monotube	57
2.1 Bref historique de l'apparition de la maladie.....	30	6.1	Remèdes au niveau de la conception.....	58
2.2 Généralités sur la bactérie.....	30	6.2	Remèdes sur une installation existante.....	58
2.3 La transmission	31	7.	L'incorporation des canalisations dans les chapes.....	59
2.4 Zones de prolifération potentielle dans les réseaux d'ECS.....	31	8.	Les installations de chauffage au bois.....	61
2.5 Zones de prolifération potentielle dans les tours aéroréfrigérantes.....	32	8.1	Les poêles à bois	61
2.6 Zones de prolifération potentielle dans les centrales de traitement d'air.....	32	8.2	Les chaufferies bois	62
2.7 Les textes et prescriptions réglementaires ..	34	9.	La pathologie des installations de géothermie	63
2.8 Les points clés pour se prémunir du risque légionelle	36	10.	Les installations « solaires thermiques »	64
3. Les autres risques	37	Partie III : La pathologie des réseaux aérauliques	67	
3.1 Le risque de brûlure et l'aspect réglementaire.....	37	1.	Généralités sur l'air humide.....	69
3.2 Le gel des canalisations	38	1.1	L'utilisation du diagramme de l'air humide ..	69
3.3 La pathologie due à l'acoustique des réseaux.....	39	1.2	La détermination du point de rosée de l'air	71
Partie II : La pathologie des équipements de chauffage	41	1.3	Le confort hygrothermique et la qualité de l'air	72
1. Généralités sur les différentes énergies	43	1.4	Les conséquences des désordres.....	75
1.1 Le fioul domestique	43	2.	Les objectifs de la ventilation	77
1.2 Le gaz	43	3.	La pathologie des installations de ventilation mécanique	78
		3.1	La condensation sur les réseaux aérauliques.....	81
		3.2	La condensation des réseaux d'eau glacée ..	81
		4.	La pathologie des installations de « VMC gaz ».....	83

- 12. Chaudières 139
- 12.1 Conception 139
- 12.2 Installation..... 139
- 12.3 Entretien-maintenance 139
- 13. Diagnostic gaz immobilier 140
- 14. Répartition des frais de chauffage 140

**Références bibliographiques
et sites internet utiles 141**

- 1. Ouvrages..... 143
- 2. Sites internet..... 143

1.4 Les facteurs influents de l'entartrage

1.4.1 Influence de la température

La vitesse des réactions qui procèdent aux phénomènes d'entartrage s'accélère à mesure que la température s'élève. La principale cause de désordres est due à une température localement excessive suite à une mauvaise circulation de l'eau à réchauffer.

Pour les ballons de grosse capacité, il faut préférer l'usage de plusieurs résistances, afin de limiter l'échange thermique à cette valeur de 5 W/cm^2 .

Les désordres affectent principalement les appareils de production d'eau chaude sanitaire et éventuellement les réseaux de distribution.

On va donc retrouver des dépôts calcaires sur les éléments les plus chauds des réseaux :

- résistances de chauffage des ballons d'ECS ;
- serpentins des chauffe-eau instantanés ;
- échangeurs à plaques pour la préparation de l'eau chaude sanitaire ;
- pommes de douches ;
- robinetterie (et « mousseurs » des robinets).

1.4.2 Influence des gaz dissous

Une deuxième cause de désordres va se retrouver lorsque l'on aura un contact de l'eau avec l'air ambiant.

Le gaz carbonique, contenu dans l'eau, se libère quand la température s'élève ou dans le cas d'une brusque réduction de pression.

Le déséquilibre carbonique qui en résulte accélère l'entartrage.

1.5 Les conséquences de la corrosion et de l'entartrage

Les phénomènes d'entartrage auront pour conséquence le blocage des organes de réglage (ex. : robinets thermostatiques de radiateurs), une dégradation progressive de l'échange thermique (ex. : échangeurs à plaques pour la préparation de l'ECS), un dépôt progressif de boues pouvant aller vers de la corrosion.

Remarque

Le coefficient de transfert de chaleur au niveau de la surface d'échange ne doit pas être supérieur à 5 W/cm^2 . L'entartrage sera ainsi sensiblement moins rapide. Cette valeur va définir le choix des résistances électriques.



Figure 1 : Corrosion réseau eau glacée



Figure 2 : Corrosion et entartrage échangeur à plaques sur réseau ECS



Figure 3 : Corrosion sur bouclage ECS



Figure 4 : Entartrage bloc de sécurité



Figure 5 : Corrosion sur moteur pompe



Figure 6 : Corrosion/entartrage sur vanne de régulation

Remarque

La protection avec certains produits tels l'éthylène-glycol peut aller jusqu'à -35 °C, mais pour une concentration en poids d'éthylène glycol de 50 % de la solution, soit une perte de rendement très importante dont il faut tenir compte, car cela va affecter la puissance de l'installation.

Les canalisations d'eau en galerie technique doivent circuler le long des murs et non au sol, afin de laisser une certaine garde d'eau au sol pour éviter les problèmes dus aux remontées d'humidité. Les supports muraux des canalisations doivent laisser suffisamment de place pour laisser le passage d'un calorifuge.

La concentration en antigel d'un circuit d'eau fermé (par exemple : circuit de refroidissement du condenseur d'un groupe de production d'eau glacée, passant à l'extérieur) se détermine à l'aide d'abaques donnés par les fournisseurs.

3.2.2 Les rubans chauffants

Les caractéristiques des rubans chauffants doivent permettre le maintien en température des canalisations sous réserve de respecter les isolations et les conditions de mise en œuvre préconisées par le fabricant. Certains rubans chauffants sont sous Avis Technique.

Un ruban chauffant peut être posé sur une canalisation d'eau chaude sanitaire, à condition qu'un traitement d'eau n'impose pas de bouclage.

Il est possible de protéger une canalisation du gel par ruban chauffant, mais également une cuve. Dans ce cas, si la cuve est exposée au rayonnement solaire, les fournisseurs de rubans chauffants préconisent de prendre des précautions (par exemple : thermostat de contact) afin d'éviter d'avoir une température de fonctionnement supérieure à la température maximale d'exposition sous tension du ruban chauffant.

Il faudra que la température maximale accidentelle du système soit inférieure à la température maximale d'exposition hors tension du ruban chauffant.

Des rubans chauffants spéciaux peuvent être utilisés pour des systèmes ayant une température de fonctionnement maximale de 65 °C, voir 85 °C.

Il est possible également, avec des rubans chauffants, de protéger contre le gel ou la neige les gouttières ou les chenaux ainsi que les toitures.

Attention

Pour les réseaux d'eau chaude sanitaire, il faut faire attention si le maintien en température est demandé à une température supérieure à 60 °C. Un dispositif limitant la température aux points de puisage à 50 °C est imposé par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié en 2005 (article 36 § 1) dans les pièces destinées à la toilette, et 60 °C dans les autres pièces.

Remarque

Les vitesses à prendre en considération pour le calcul des diamètres sont de 2 m/s maximum pour les canalisations en sous-sol, vides sanitaires ou locaux techniques et de 1,5 m/s pour les colonnes montantes. De plus, la pression statique doit être inférieure à 4 bars au point de puisage, des réducteurs de pression sont à prévoir le cas échéant. Dans les immeubles collectifs d'habitation, l'installation doit être conçue pour obtenir à l'entrée de chacun des logements une pression minimale de 1 bar.

3.3 La pathologie due à l'acoustique des réseaux

Les problèmes acoustiques liés aux canalisations d'eau peuvent avoir des causes multiples :

- Coups de bélier dus à la fermeture rapide des mitigeurs (les robinets dits ¼ de tour sont également concernés par ce problème) – Il faut donc éviter dans la mesure du possible de choisir des vannes à passage direct ou à fermeture rapide.
- Vitesse excessive dans les canalisations de diamètre trop petit (les extensions de réseaux existants sont souvent à l'origine de ce phénomène). Voir la NF DTU 60.11 P1-1 « Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales » pour les calculs de dimensionnement des canalisations.

Les caractéristiques acoustiques de la robinetterie du commerce sont données en principe sous une pression de 3 bars.

- Vibrations acoustiques dues à des mitigeurs inadaptés (il faut parfois les remplacer par des mélangeurs de conception plus simple et qui ne créeront pas de vibrations).

Énergie nécessaire pour réchauffer l'air neuf :

$$P = qv \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot C_p / 3600$$

avec P = puissance en [W]

qv = débit volume [m^3/h]

Δt = différence de température en [$^{\circ}C$]

ρ = masse volumique de l'air en [kg/m^3] = 1,25

C_p = chaleur spécifique en [$J/ kg \cdot K$] = 1000

Ou pour simplifier

$$P = 0,34 \cdot qv \cdot \Delta t$$

avec P = puissance en [W]

qv = débit volume [m^3/h]

Δt = différence de température en [$^{\circ}C$]

3. La pathologie des installations de ventilation mécanique

La ventilation mécanique, contrairement à la ventilation naturelle, permet une maîtrise des débits d'air, donc une efficacité en termes de « tirage » quelle que soit la saison. Le débit d'air réel obtenu en ventilation mécanique ne sera pas dépendant des conditions météorologiques (température et vent).

Les performances, au niveau des débits d'air notamment, pour une installation équipée d'un système de ventilation mécanique sont mesurables et quantifiables.

D'autre part, dans le cas d'une installation de ventilation réalisée par un système double flux (soufflage/extraction), il est de plus possible de récupérer une partie de la chaleur extraite au moyen d'un échangeur qui sera positionné entre l'air neuf et l'air extrait.

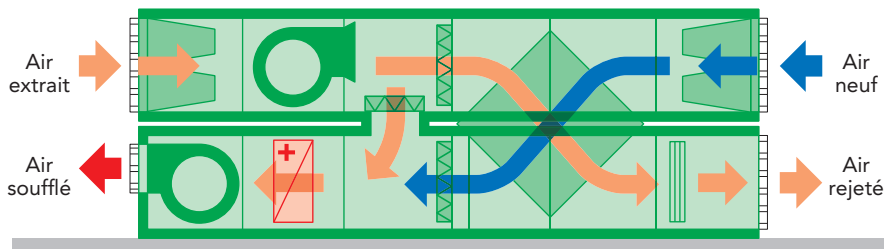


Figure 8 : Récupération de la chaleur de l'air extrait par un échangeur à plaques.

Le schéma indique également une reprise de l'air extrait (caisson de by-pass) qui permet en été de ne pas réchauffer inutilement une partie de l'air neuf extérieur. En été, l'air neuf extérieur sera ainsi limité pour assurer un apport d'air « hygiénique ». En demi-saison, une modulation des débits air neuf/air repris est possible.

A *contrario*, les performances d'un système de ventilation naturelle sont souvent liées aux conditions météorologiques : température, vent, c'est une des raisons pour laquelle des systèmes mixtes se sont développés

(par exemple : systèmes d'extraction stato-mécaniques avec pilotage de l'assistance mécanique en fonction de la température extérieure et de la vitesse du vent).

Conséquences d'une ventilation insuffisante :

Attention

La conception d'une installation de ventilation mécanique doit respecter certaines règles, afin d'éviter tout désordre ultérieur.

Les conséquences d'une ventilation insuffisante sont :

- des condensations qui donnent des moisissures et induisent des pathologies respiratoires,
- de possibles intoxications (mauvaise évacuation des gaz brûlés, mauvaise combustion par manque d'air, défaut d'évacuation des pollutions dues aux activités, issues du mobilier ou qui pénètrent dans le bâtiment).

On peut citer des points de vigilance afin d'éviter les désordres rencontrés assez souvent :

- Les bouches d'entrées d'air doivent être en nombre suffisant (voir notamment la norme NF DTU 68.3 « Ventilation » et l'arrêté du 24.03.1982 sur l'aération des logements).
- Il faut éviter les grilles pare-moustiques sur les entrées d'air (car elles se colmatent très vite).
- Il faut respecter les passages de transit à l'intérieur des locaux (détalonnage des portes ou grilles acoustiques, etc.)
- Il ne faut pas oublier les orifices d'évacuation en partie haute et que ceux-ci soient adaptés à l'usage.
- Les conduits aérauliques doivent être correctement dimensionnés.
- Les conduits aérauliques doivent être en bon état.
- Les débouchés doivent être conformes.



Figure 9 : Conséquences d'un manque de ventilation et de ponts thermiques

Et quelques principes de conception à éviter :

- Le panachage d'un système de ventilation naturelle avec de la ventilation mécanique.
- L'utilisation de conduit défectueux, poreux ou en mauvais état.
- La mise en place au débouché du conduit d'un aspirateur statique ou stato-mécanique compensant des conduits défectueux.
- Les moustiquaires sur les entrées d'air.

En résumé : Ces systèmes de traitement d'air par poutres froides ou plafonds froids nécessitent une surveillance active et sont contre-indiqués dans les locaux où il y a un dégagement important d'humidité.

En conclusion, les avantages de ces systèmes sont :

- l'esthétique;
- le peu de mouvements d'air;
- le niveau sonore faible;

Les inconvénients de ces systèmes sont :

- le risque de condensation;
- un seul réglage par zone;
- l'impossibilité de traiter à eux seuls l'hygrométrie.

6. La pathologie des systèmes de refroidissement d'eau

Les systèmes de refroidissement des groupes de production d'eau glacée à refroidissement par eau peuvent se classer en deux grandes catégories :

- les aérorefroidisseurs secs (*dry coolers*);
- les tours de refroidissement (systèmes humides).

Les tours de refroidissement peuvent comporter des circuits d'eau ouverts ou fermés.

6.1 Les aérorefroidisseurs secs (*dry coolers*)

L'intérêt des aérorefroidisseurs secs ou *dry coolers* est que l'eau à refroidir reste en circuit fermé sans contact avec l'air ambiant.

Les *dry coolers* n'utilisent pas d'eau pulvérisée et, en conséquence, le risque de développement de bactéries (dont la légionelle), de champignons ou d'algues est exclu.

En revanche, ces appareils nécessitent une surface d'échange plus importante, à puissance égale, qu'une tour de refroidissement compte tenu de la faible valeur du coefficient d'échange thermique entre l'eau et l'air.

L'une des principales difficultés rencontrées avec les *dry coolers* est de trouver suffisamment de place disponible pour leur installation sans pour autant qu'ils gênent le voisinage du fait de leur niveau sonore. Il est à noter qu'il existe des appareils qui fonctionnent en position verticale pour un gain de place.

Il peut arriver, lors de températures extérieures anormalement élevées en été, que ces appareils manquent de puissance. Les exploitants des sites augmentent leur puissance en les arrosant avec de l'eau pour leur permettre de tenir à des températures plus hautes. Dans ce cas, le risque de développement de bactéries peut réapparaître.

2. L'usure du matériel et ses conséquences

Remarque

On peut noter que le manque d'accessibilité à la chaufferie, à la salle des machines, aux équipements des chaudières, aux filtres peut avoir de lourdes conséquences sur l'entretien des installations.

Les équipements absents permettant d'assurer la conduite d'une installation (vannes d'isolement et de vidange, purgeurs et bouteilles de purge, manchettes souples, compteurs, thermomètres, manomètres) sont autant d'éléments aggravants.

Les conséquences d'une usure anormale du matériel sont un vieillissement prématuré, des performances diminuées et une augmentation des coûts d'entretien et d'exploitation.

Des erreurs de conception peuvent avoir des conséquences sur le fonctionnement des installations :

- mauvaise irrigation des chaudières ;
- chocs thermiques ;
- corrosion, érosion, entartrage, embouage ;
- fatigue anormale des canalisations, des émetteurs ;
- stagnation d'incondensables dans les canalisations.

Mais également des conséquences sur l'entretien.



Figure 1 : Un équipement soumis aux intempéries vieillira plus vite



Figure 2 : Un équipement non protégé vieillira plus vite.