



La pathologie des équipements de génie climatique

Diagnostic, réparations et prévention

- > Équipements de chauffage
- > Plomberie et production d'eau chaude
- > Réseaux aérauliques et conditionnement d'air

La pathologie des équipements de génie climatique

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

L'Agence Qualité Construction (AQC) est une association loi 1901 qui a une mission d'intérêt général contribuant à la prévention des désordres et l'amélioration de la qualité de la construction. Financée par une participation volontaire de ses membres collectée par les assureurs, l'AQC est le lieu de travail et d'échanges de toutes les organisations professionnelles qui se mobilisent autour de la qualité de la construction. Pour prévenir les désordres et participer à la réduction de la pathologie dans la construction, elle diffuse auprès de tous les acteurs des informations sur les bonnes pratiques.

www.qualiteconstruction.com

Le présent guide ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »...) qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

BÂTIR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La pathologie des équipements de génie climatique

Diagnostic, réparations et prévention

Jacques AVONDO

CSTB
ÉDITIONS

Couverture : Jacques AVONDO

Illustrations : Laurent STEFANO

Photographies : Jacques AVONDO

Remerciements

D'ARGOEUVES Hubert (SOCOTEC)

DAUTIN Jean-Marc (SOCOTEC)

GOGIBUS Philippe (Expert)

HENRY Frédéric (AQC)

KOCH Patrice (Expert Axa Assurances)

MALGRAS Jean Luc (EIFFAGE)

MENARD Philippe (AICVF)

POTIN Marc (Consultant)

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

5.	Recommandations afin d'éviter ces phénomènes	84	11.7	L'entretien des équipements.....	117
5.1	Le choix des ventilateurs	84	12.	Les points clés pour concevoir une installation de conditionnement de l'air	118
5.2	Le choix des conduits aérauliques.....	87			
5.3	Les échangeurs	88			
5.4	L'entretien des installations	89			
	Partie IV : La pathologie des installations de conditionnement d'air.....	91		Partie V : L'exploitation des installations.....	119
1.	Historique	93	1.	Généralités sur les contrats d'exploitation.....	121
2.	Les définitions et les confusions à l'origine des installations	93	1.1	Contrat P1 – Fourniture de combustible... ..	121
3.	Le choix de l'emplacement des condenseurs à air et ses conséquences	95	1.2	Contrat P2 – Conduite et petit entretien ..	122
4.	La pathologie des installations refroidies par condenseurs à eau.....	97	1.3	Contrat P3 – « Garantie totale ».....	122
5.	Les poutres froides et les phénomènes de condensation	98	1.4	Contrat P4 – « Investissement effectué par l'exploitant, ou financement de gros travaux de rénovation »	123
6.	La pathologie des systèmes de refroidissement d'eau.....	100	1.5	Contrat avec clauses d'intéressement.....	123
6.1	Les aérorefroidisseurs secs (dry coolers)... ..	100	1.6	Contrat avec clauses de pénalités.....	124
6.2	Les tours de refroidissement	101	1.7	Contrat multitechnique et multiservice....	124
6.3	Les aéroréfrigérants adiabatiques.....	103	2.	L'usure du matériel et ses conséquences..	125
7.	Le gel des batteries des centrales de traitement d'air.....	104	3.	Les causes de litige et les aspects psychologiques	127
8.	L'encrassement des filtres à air.....	105	4.	Les tables statistiques de durée de vie du matériel.....	127
8.1	Les filtres grossiers	105	5.	Le changement d'affectation des locaux et ses conséquences.....	129
8.2	Les filtres fins	105	5.1	Cas de transformation de bureaux en salle de réunion.....	129
8.3	Les filtres absolus.....	105	5.2	Cas d'un immeuble de bureaux livré en plateaux vides non cloisonnés	129
9.	Les batteries électriques	107	5.3	Cas d'un ensemble de bureaux régulés par des sondes terminales d'ambiance.....	129
10.	La régulation	108			
10.1	Généralités.....	108		Partie VI : Les textes de référence	131
10.2	Limitation de la température de l'air soufflé	108	1.	Chaufferies.....	133
10.3	Influence du choix du système : « eau glacée » ou « à détente directe »	109	2.	Installations de gaz	133
10.4	Comparaison d'enthalpie	109	3.	Installations de VMC-gaz	134
10.5	Interdiction de fonctionnement simultané des batteries chaudes et froides	110	4.	Sécurité incendie	134
10.6	La régulation par zone.....	110	5.	Stockage des hydrocarbures liquides	134
11.	L'acoustique	111	6.	Stockage des hydrocarbures gazeux	135
11.1	Conception des installations	111	7.	Conduits de fumée	136
11.2	Pièges à sons et perte de charge	114	7.1	Conception	136
11.3	Risque de détérioration ou d'encrassement d'un piège à sons.....	114	7.2	Installation.....	136
11.4	Écran acoustique	115	8.	Monoxyde de carbone	136
11.5	Capotage acoustique	116	9.	Légionelle.....	137
11.6	Chicane acoustique.....	117	10.	Ventilation des logements	138
			10.1	Conception	138
			10.2	Installation.....	138
			10.3	Entretien-maintenance	138
			11.	Ventilation des locaux autres que des logements	138

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

Avant-propos

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et l'Agence Qualité Construction (AQC) ont eu l'idée de créer une collection d'ouvrages très concrets et illustrés sur la prévention des pathologies des bâtiments.

Ce guide a pour objectif d'identifier et d'analyser les désordres susceptibles de se produire au niveau des équipements de plomberie, chauffage, ventilation et conditionnement d'air. Il met en évidence les règles et les bonnes pratiques dont la mise en application aurait permis d'éviter les pathologies constatées.

Utile aux professionnels et aux praticiens, cet ouvrage est d'autant plus nécessaire que cette problématique est peu enseignée en tant que telle, ce qui rend d'autant plus précieux cet exposé clair, accessible et complet.

L'expertise technique du CSTB et la compétence pratique de l'AQC permettront à la collection d'atteindre son objectif : contribuer à l'amélioration de la qualité et à la diminution de la sinistralité.

Introduction

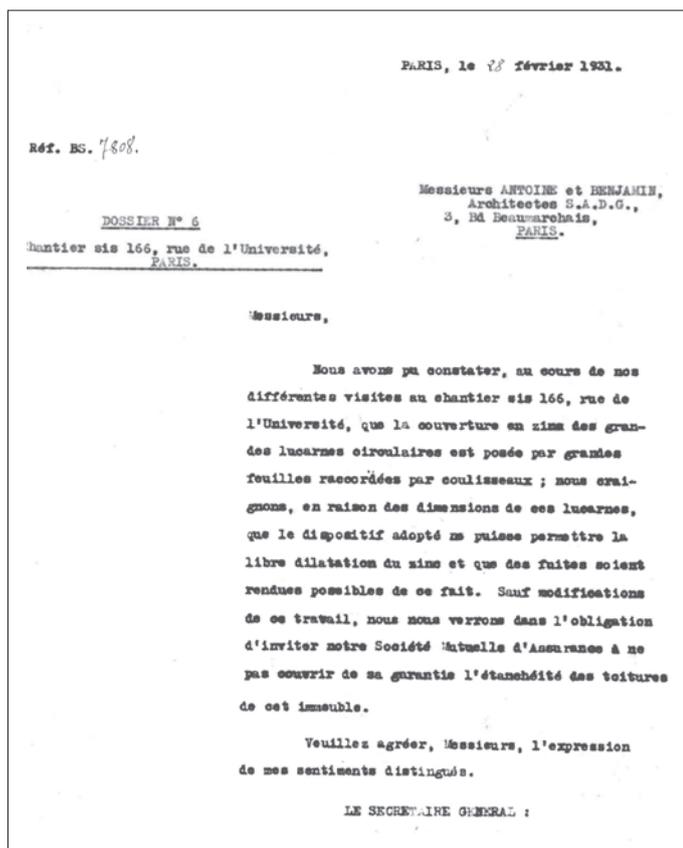
Cet ouvrage s'adresse aux architectes, bureaux d'études, entreprises, artisans, qu'ils soient ou non des spécialistes du génie climatique.

Les thèmes principaux présentés sont les équipements de plomberie, chauffage, ventilation et conditionnement d'air. Un chapitre aborde l'exploitation des installations et un autre le sujet de l'arsenal de textes réglementaires à notre disposition.

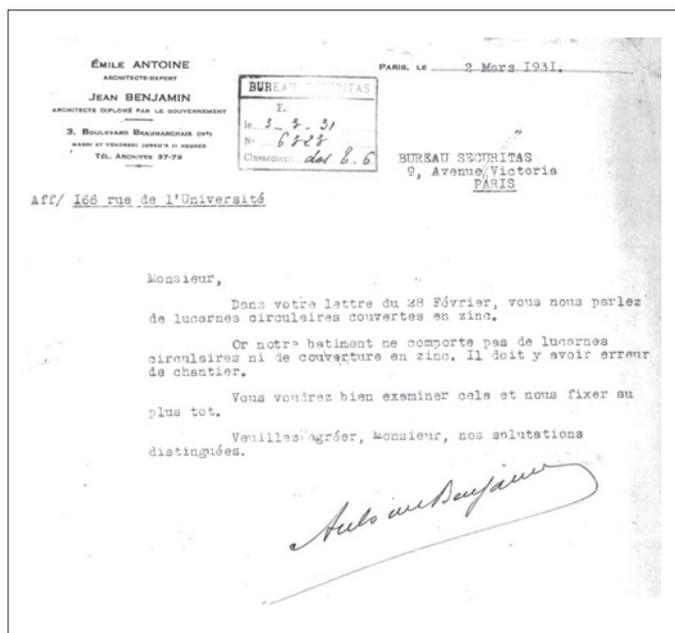
La pathologie existe depuis bien longtemps, on peut même assurer que les désordres existent depuis que les travaux de construction existent. Ce qui a changé, ce sont moyens de recensement et d'information actuels qui permettent d'éviter de reproduire toujours les mêmes erreurs...

Au début du vingtième siècle, l'Agence Qualité Construction n'existait malheureusement pas, mais la pathologie était bien là.

Les erreurs de conception et de mise en œuvre étaient déjà constatées par les premiers bureaux de contrôle technique en 1931 comme en témoigne la reproduction de cette lettre.



On peut même constater que parfois les erreurs s'accumulaient, et, qu'il y avait également erreur de chantier comme en témoigne la reproduction de la réponse au premier courrier ! ...



Nous allons essayer, tout au long de cet ouvrage, de donner quelques principes afin de limiter la sinistralité dans le domaine du génie climatique.

PARTIE I

**La pathologie
des réseaux de plomberie et
des systèmes de production
d'eau chaude sanitaire**

1. Généralités sur les phénomènes de corrosion, d'entartrage et d'érosion

La corrosion peut s'expliquer par la destruction des métaux qui se produit sous l'effet de réactions chimiques, électrochimiques ou biochimiques, lorsqu'ils sont en contact avec un milieu, qu'il soit aqueux ou gazeux.

Le phénomène est naturel : les métaux qui ne sont pas en équilibre thermodynamique avec le milieu ambiant ont tendance à se transformer pour retrouver un état stable.

La corrosion d'un métal peut prendre différents aspects au niveau de la déformation même de la matière.

Les quatre types de corrosion qui peuvent coexister dans une même installation sont :

1. La corrosion uniforme, qui est le résultat d'une dissolution du métal sur toute sa surface.
2. La corrosion par piqûres, qui est localisée ; elle peut aboutir à la perforation du métal,
3. La corrosion intergranulaire, qui se caractérise par une dissolution préférentielle des joints de grains du métal,
4. La corrosion transgranulaire ; qui se manifeste par la progression de microfissures qui affectent les propriétés mécaniques du métal.

Remarque

La température est un facteur influent de la vitesse des réactions chimiques, et notamment de la corrosion.

Les phénomènes de corrosion et d'entartrage s'accroissent au fur et à mesure que l'on élève la température de l'eau.

C'est la raison pour laquelle il faut limiter les températures de stockage et de distribution de l'eau et plus particulièrement de l'eau chaude sanitaire.

La plupart des textes réglementaires en vigueur s'accordent à dire qu'il ne faut pas dépasser 60 °C au stockage et 55 à 60 °C à la distribution.

Remarque

Le DTU plomberie sanitaire pour bâtiments NF DTU 60.1P-1-1, dans le cadre fixé par le code de la santé publique donne les critères de qualité physico-chimique selon lesquels un réseau d'eau froide ou chaude doit être protégé contre la corrosion.

1.1 Les différents types de corrosion

La corrosion dans les réseaux d'eau peut prendre différents aspects.

Les processus de corrosion dans les réseaux d'eau ne dépendent pas que de la qualité de l'eau. Le fait d'être en présence d'une eau dite « corrosive » définie par ses critères physico-chimiques n'est pas le seul critère qui peut être en cause.

1.1.1 Corrosion électrochimique

L'existence de courants électriques en dehors de toute source extérieure peut donner lieu à une corrosion électrochimique. Le passage des ions du métal vers l'eau donne lieu à une réaction d'oxydation.

Extrait de la NF DTU 60.1 P1-1-1 « Plomberie sanitaire pour bâtiments » :

« Note du DTU associée au tableau 1 : Lorsque deux métaux sont mis en contact direct, ou en présence d'un fluide conducteur, il se crée un couple électrochimique, le métal le plus noble sera protégé alors que le moins noble sera oxydé (voir Tableau 1).