

Introduction

La chaufferie est le cœur de nombreux sites industriels et tertiaires. Cet ouvrage permet au lecteur d'en comprendre le fonctionnement optimisé et en toute sécurité.

Il aborde la problématique de la qualité de l'eau dans sa transformation en vapeur, la technologie des chaudières et des équipements de chauffe, les chaînes de sécurité et de régulation, l'exploitation et l'aspect réglementaire.

Jean-Philippe DOUAY
Directeur d'Itenor

Sommaire

1 - PRÉAMBULE : GÉNÉRALITÉS SUR L'EAU	9
1.1 - Les eaux sur la terre	11
1.1.1 – Les eaux de surface	11
1.1.2 – Les eaux souterraines	12
1.1.3 – Propriétés de l'eau	12
1.2 - L'eau – Généralités	13
1.2.1 – Introduction	13
1.2.2 – Le cycle de l'eau	13
1.2.3 – Les matières présentes dans l'eau	14
1.3 - Dimension des éléments existants dans l'eau	17
1.4 - Incidents dus à la non-qualité de l'eau	17
1.4.1 – Entartrage	17
1.4.2 – Corrosion	18
1.4.3 – Primage	20
1.4.4 – Remèdes	20
1.5 - Éléments d'analyse	21
1.5.1 – Équivalence - Équivalent	21
1.5.2 – Normalité	22
1.5.3 – Degré français	22
1.5.4 – pH : potentiel hydrogène	22
1.5.5 – Résistivité – Conductivité	22
1.5.6 – Les titres	22
1.5.7 – Chlorures	23
1.5.8 – Phosphates	23
1.5.9 – Sulfites	23
1.5.10 – Synthèse des titres - Analyses	24
1.5.11 – Points de prélèvement	25
2 - LES TRAITEMENTS D'EAU	27
2.1 - La filtration	29
2.1.1 – Généralités	29
2.1.2 – Dégrillage	29
2.1.3 – Coagulation	29
2.1.4 – Déferrisation	29
2.1.5 – Chloration	30
2.1.6 – Charbon actif	31
2.1.7 – La filtration	31

2.2 - La filtration par membranes	32
2.2.1 – Différents niveaux de filtration	32
2.2.2 – Osmose inverse	32
2.2.3 – Comportement des membranes d'osmose	33
2.2.4 – Électrodésionisation	34
2.3 - Échangeurs d'ions	34
2.3.1 – Principe de l'échange d'ions	34
2.3.2 – Technologie des appareils échangeurs d'ions	35
2.3.3 – Durée de vie des résines	36
2.3.4 – Les différents échangeurs d'ions	36
2.3.5 – Adoucissement	37
2.3.6 – Décarbonatation	38
2.3.7 – Déminéralisation totale	39
2.4 - Principaux produits de conditionnement	40
2.4.1 – Généralités	40
2.4.2 – Produits dispersants	40
2.4.3 – Produits alcalins	41
2.4.4 – Les agents réducteurs d'oxygène	41
2.4.5 – Les agents filmants	41
2.4.6 – Les agents biocides	41
2.5 - Le dégazage	42
2.5.1 – Principe	42
2.5.2 – Moyens	42
3 - LA VAPEUR	43
3.1 - La vaporisation	45
3.1.1 – Évolution de la température de l'eau et de la vapeur suivant l'enthalpie	45
3.1.2 – Lois de l'ébullition	46
3.1.3 – Vapeur saturée sèche	46
3.1.4 – Vapeur surchauffée	47
3.2 - Tables de l'eau et de la vapeur	48
3.3 - Le réseau vapeur	50
3.3.1 – Généralités	50
3.3.2 – Dimensions des tuyauteries	50
3.3.3 – Problèmes de purge	50
3.3.4 – Dilatation des tuyauteries	51
3.3.5 – Calorifugeage des tuyauteries	51
3.3.6 – Fuites de vapeur	51

3.4 - Utilisation de la vapeur	52
3.4.1 – Généralités	52
3.4.2 – Énergie calorifique	52
3.4.3 – Énergie mécanique.....	52
3.4.4 – Évacuation des condensats	52
3.4.5 – Le rôle du purgeur	53
3.4.6 – La revaporisation	53
4 - LA COMBUSTION	55
4.1 - Les combustibles	57
4.1.1 – Les combustibles solides	57
4.1.2 – Les combustibles liquides	57
4.1.3 – Les combustibles gazeux.....	58
4.2 - La combustion	58
4.2.1 – Les réactions	58
4.2.2 – Les différents types de combustion	59
4.2.3 – Conditions d’une bonne combustion	60
4.2.4 – Les principaux paramètres de la combustion	60
4.2.5 – Contrôle de la combustion	61
4.2.6 – Rendement de la combustion.....	61
4.2.7 – Pouvoir calorifique	62
5 - LES CHAUDIÈRES ET GÉNÉRATEURS	63
5.1 - Historique des chaudières vapeur	65
5.2 - Les principaux types	66
5.2.1 – Production d’eau chaude	66
5.2.2 – Production d’eau chaude sous pression	66
5.2.3 – Chauffage de fluide thermique	67
5.2.4 – Production de vapeur par combustion	68
5.2.5 – Production de vapeur sans combustion	80
6 - LES ÉQUIPEMENTS DE CHAUFFE	83
6.1 - Les équipements pour le charbon	85
6.1.1 – Grille mécanique	85
6.1.2 – Foyer à projection.....	85
6.1.3 – Foyers à charbon pulvérisé	86
6.1.4 – Foyer à lit fluidisé	87
6.2 - Les équipements pour les fuels	88
6.2.1 – Stockage.....	88
6.2.2 – Circulation	90
6.2.3 – Brûleurs.....	91

6.3 - Les équipements pour le gaz	95
6.3.1 – Généralités sur les brûleurs à gaz	95
6.3.2 – Distribution du gaz	95
6.3.3 – Principe des brûleurs à air soufflé	96
6.3.4 – Types de brûleurs gaz	96
6.4 - Les équipements de chauffe mixtes fuel-gaz	98
7 - MATÉRIEL RENCONTRÉ EN CHAUFFERIE VAPEUR	101
7.1 - Le matériel rencontré en chaufferie vapeur	103
7.1.1 – Circuit eau.....	103
7.1.2 – Circuit vapeur.....	106
7.1.3 – Circuit combustible	107
7.1.4 – Utilisation vapeur – Turbine.....	107
8 - ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ ET DE RÉGULATION	109
8.1 - Éléments de sécurité	111
8.1.1 – Réglementation	111
8.1.2 – Les sécurités	111
8.1.3 – Technologie du matériel de sécurité.....	112
8.2 - Les régulations sur chaudières vapeur	115
8.2.1 – Niveau d'eau	115
8.2.2 – Combustion.....	117
8.2.3 – Surchauffe – Désurchauffe	119
9 - EXPLOITATION	121
9.1 - Évolution des bases réglementaires pour l'exploitation des chaufferies sous pression	123
9.1.1 – Décret du 2 avril 1926.....	123
9.1.2 – Recommandations (SNEC – APAVE).....	123
9.1.3 – Évolution technique de ces recommandations	123
9.1.4 – Aboutissement	124
9.2 - Bases réglementaires	124
9.2.1 – Arrêté du 1 ^{er} février 1993	124
9.2.2 – Norme NFE 320 20	125
9.2.3 – Normes EN 12952 – EN 12953.....	132
9.2.4 – Personnel en chaufferie.....	133
10 - PRINCIPAUX TEXTES RÉGLEMENTAIRES	135
11 - LA COGÉNÉRATION	137