

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	3
<b>PRÉAMBULE</b> .....	4
<b>1. CHAUFFERIES ET VECTEURS ÉNERGÉTIQUES</b> .....	11
<b>2. LES COMBUSTIBLES ET LEUR STOCKAGE</b> .....	13
<b>2.1. Liste et caractéristiques des principaux combustibles</b> .....	13
<b>2.2. Gaz naturels</b> .....	14
<b>2.3. Gaz de pétrole liquéfiés</b> .....	14
2.3.1. Origines et caractéristiques des GPL .....	14
2.3.2. Stockage des GPL .....	15
<b>2.4. Fiouls</b> .....	15
2.4.1. Fiouls lourds .....	15
2.4.2. Fioul domestique .....	16
<b>2.5. Charbons</b> .....	16
2.5.1. Origines et caractéristiques des charbons .....	16
2.5.2. Stockage des charbons .....	17
<b>2.6. Biomasses</b> .....	18
2.6.1. Définition et caractéristiques des biomasses .....	18
2.6.2. Stockage des biomasses .....	18
<b>3. LES GÉNÉRATEURS DE CHALEUR</b> .....	19
<b>3.1. Architecture générale des chaudières</b> .....	19
<b>3.2. Chaudières pour combustibles liquides ou gazeux</b> .....	19
3.2.1. Chaudières à tubes de fumées .....	19
3.2.2. Chaudières à tubes d'eau .....	19
<b>3.3. Chaudières pour combustibles solides (charbon, biomasse)</b> .....	20
<b>3.4. Chaudières de récupération</b> .....	20
<b>3.5. Cogénération</b> .....	20
3.5.1. Principe et avantages .....	20
3.5.2. Postcombustion .....	21
<b>4. LA COMBUSTION</b> .....	23
<b>4.1. Rappel sur les mécanismes de la combustion</b> .....	23
<b>4.2. Pouvoir comburivore et pouvoir fumigène</b> .....	24
<b>4.3. Excès d'air et défaut d'air</b> .....	25
<b>4.4. Contrôle et défauts de la combustion</b> .....	26
<b>4.5. Bruits et vibrations</b> .....	27
<b>4.6. Émissions engendrées par la combustion</b> .....	27
<b>4.7. Rendement de combustion, rendement du générateur thermique et rendement global d'installation</b> .....	28
4.7.1. Définitions .....	28
4.7.2. Sources de perte de rendement .....	28

<b>5. ÉQUIPEMENTS DE COMBUSTION</b> .....	31
<b>5.1. Rôle et importance des équipements de combustion</b> .....	31
<b>5.2. Conception des brûleurs</b> .....	31
5.2.1. Pour avoir une combustion stable .....	31
5.2.2. Pour brûler des combustibles liquides et solides .....	31
5.2.3. Pour être en adéquation avec le foyer dans lequel le brûleur s'inscrit .....	34
<b>5.3. Brûleurs pour combustibles gazeux</b> .....	34
5.3.1. Brûleurs à prémélange à induction d'air .....	34
5.3.2. Brûleurs à mélange au nez .....	34
5.3.3. Brûleurs de postcombustion .....	35
<b>5.4. Brûleurs mixtes</b> .....	36
5.4.1. Intérêt des brûleurs mixtes .....	36
5.4.2. Architecture des brûleurs mixtes .....	36
5.4.3. Passage d'un combustible à l'autre .....	36
<b>5.5. Limitation des émissions de polluants des brûleurs</b> .....	36
5.5.1. Réduction des émissions d'imbrûlés solides .....	36
5.5.2. Brûleurs « bas-NO <sub>x</sub> » .....	37
5.5.3. Abattement des NO <sub>x</sub> par recirculation externe des fumées .....	38
5.5.4. Relation entre émissions d'imbrûlés et émissions de NO <sub>x</sub> .....	38
<b>5.6. Équipements annexes des brûleurs</b> .....	39
<b>5.7. Alimentation des brûleurs</b> .....	39
5.7.1. Brûleurs à combustibles gazeux .....	39
5.7.2. Brûleurs à combustibles liquides .....	39
<b>5.8. Dysfonctionnements des brûleurs</b> .....	40
<b>5.9. Systèmes à grille pour la combustion des combustibles solides</b> .....	41
<b>5.10. Dysfonctionnements des systèmes à grille</b> .....	42
<b>6. ÉQUIPEMENTS ANNEXES</b> .....	45
<b>6.1. Équipements pour la récupération d'énergie</b> .....	45
6.1.1. Objet et contraintes de la récupération d'énergie .....	45
6.1.2. Économiseurs .....	45
6.1.3. Réchauffeurs d'air .....	46
6.1.4. Échangeurs à condensation .....	46
<b>6.2. Pompes alimentaires et pompes de circulation</b> .....	46
6.2.1. Types de pompes employés en chaufferie .....	46
6.2.2. Pompes centrifuges .....	46
6.2.3. Pompes à turbine axiale .....	47
6.2.4. Pompes à vis ou à engrenages .....	47
6.2.5. Autres types de pompe .....	47
6.2.6. Principales caractéristiques des pompes .....	47
6.2.7. Mise en œuvre .....	48
<b>6.3. Ventilateurs, soufflantes et compresseurs</b> .....	49
6.3.1. Types de ventilateur employés en chaufferie .....	49
6.3.2. Principales caractéristiques des ventilateurs .....	49
6.3.3. Exploitation et maintenance des ventilateurs .....	49

<b>6.4. Conduits d'évacuation</b> .....	50
6.4.1. Conception .....	50
6.4.2. Réglementation .....	50
6.4.3. Entretien des cheminées .....	52
<b>7. EXPLOITATION DE LA CHAUFFERIE</b> .....	53
<b>7.1. Régimes stabilisés et variations de charge</b> .....	53
<b>7.2. Chaufferies comportant plusieurs chaudières</b> .....	53
<b>7.3. Présence permanente, présence non-permanente, télécontrôle, autocontrôle</b> .....	54
<b>7.4. Mise à l'arrêt des chaudières</b> .....	55
7.4.1. Différents types d'arrêt .....	55
7.4.2. Arrêt avec maintien en température de la chaudière (mise en bouillotte) .....	55
7.4.3. Arrêt sans maintien en température de la chaudière .....	55
<b>7.5. Traitement de l'eau</b> .....	56
7.5.1. Importance du traitement de l'eau .....	56
7.5.2. Propriétés particulières de l'eau .....	56
7.5.3. Dommages et incidents liés à un traitement de l'eau insuffisant .....	56
7.5.4. Architecture d'un traitement d'eau .....	57
7.5.5. Contrôle de la qualité des eaux .....	59
7.5.6. Purges .....	60
<b>8. TRAITEMENT DE FUMÉES</b> .....	61
<b>8.1. Dépoussiérage des fumées</b> .....	61
8.1.1. Caractéristiques générales des poussières .....	61
8.1.2. Techniques de dépoussiérage disponibles .....	61
8.1.3. Dépoussiéreurs mécaniques .....	62
8.1.4. Electrofiltres .....	62
8.1.5. Filtres à manches .....	63
<b>8.2. Abatement des oxydes d'azote</b> .....	63
8.2.1. Procédés DeNO <sub>x</sub> par SCR .....	64
8.2.2. Procédé DeNO <sub>x</sub> par SNCR .....	65
<b>9. CONTRÔLE/COMMANDE ET SÉCURITÉ</b> .....	67
<b>9.1. Rappel de quelques bases sur le contrôle/commande</b> .....	67
<b>9.2. Asservissements principaux</b> .....	68
9.2.1. Asservissements associés aux circuits « vapeur » et « eau chaude » .....	68
9.2.2. Asservissements associés aux brûleurs .....	69
9.2.3. Asservissements associés aux chaudières à foyer à grille .....	70
<b>9.3. Instrumentation</b> .....	71
9.3.1. Mesure des pressions .....	71
9.3.2. Mesure des températures .....	71
9.3.3. Mesure des débits .....	71
9.3.4. Mesure des niveaux .....	72
9.3.5. Mesure de la teneur en particules solides .....	72
9.3.6. Mesure de la teneur en oxygène dans les produits de combustion .....	73

<b>9.4. Procédures d'allumage et d'arrêt</b> .....	74
9.4.1. Cas des chaudières avec brûleurs .....	74
9.4.2. Cas des chaudières avec grille .....	75
<b>9.5. Sécurité des installations</b> .....	75
<b>9.6. Cahier de chaufferie</b> .....	76
<b>10. ENTRETIEN/MAINTENANCE</b> .....	77
<b>10.1. Importance de la maintenance</b> .....	77
<b>10.2. Maintenance curative et maintenance préventive</b> .....	77
<b>10.3. Nettoyage des chaudières</b> .....	77
<b>11. LA RÉGLEMENTATION</b> .....	79
<b>11.1. Rappel sur les outils législatifs</b> .....	79
<b>11.2. Réglementation sur les appareils à vapeur (équipements sous pression)</b> .....	79
<b>11.3. Réglementation sur les installations de combustion</b> .....	79
<b>11.4. Réglementation sur les contrôles périodiques des installations et efficacité énergétique</b> .....	83
<b>12. GLOSSAIRE</b> .....	87
<b>13. ANNEXES</b> .....	89
<b>13.1. Annexe 1 : Documentation additionnelle</b> .....	89
13.1.1. Documentation générale sur la combustion et la thermique .....	89
13.1.2. Documentation sur la mise en œuvre des combustibles .....	89
13.1.3. Documentation sur l'exploitation des chaufferies .....	89
13.1.4. Documentation sur l'épuration des fumées .....	89
<b>13.2. Annexe 2 : Liste des tests de caractérisation des combustibles</b> .....	89
13.2.1. Combustibles gazeux .....	89
13.2.2. Combustibles liquides .....	90
13.2.3. GPL .....	90
13.2.4. Charbons .....	90
13.2.5. Biomasses .....	90
<b>13.3. Annexe 3 : Formules de calcul des PCI</b> .....	91
13.3.1. Combustibles liquides .....	91
13.3.2. Charbons .....	91
13.3.3. Biomasse .....	91
<b>13.4. Annexe 4 : Tests de caractérisation des eaux</b> .....	91
<b>13.5. Annexe 5 : Principaux textes réglementaires</b> .....	91
13.5.1. Textes relatifs aux combustibles .....	92
13.5.2. Textes relatifs aux stockages du fioul domestique .....	92
13.5.3. Textes relatifs aux stockages des fiouls lourds .....	92
13.5.4. Textes relatifs aux stockages de GPL .....	92
13.5.5. Textes relatifs aux stockages des combustibles solides .....	92
13.5.6. Textes relatifs aux équipements sous pression .....	92

13.5.7. Textes relatifs à la production d'électricité .....	92
13.5.8. Textes relatifs aux machines tournantes .....	93
13.5.9. Textes relatifs aux moyens d'accès .....	93
13.5.10. Textes relatifs aux rejets de polluants atmosphériques .....	93
13.5.11. Textes relatifs à la valorisation ou à l'élimination des cendres .....	93
13.5.12. Textes relatifs à la gestion et à la conduite des chaufferies .....	93
<b>13.6. Annexe 6 : Adresses Internet utiles .....</b>	<b>93</b>
13.6.1. Énergie et environnement .....	93
13.6.2. Gaz naturel .....	93
13.6.3. GPL .....	94
13.6.4. Fioul domestique .....	94
13.6.5. Fiouls lourds .....	94
13.6.6. Biomasse .....	94
13.6.7. Réglementations .....	94
13.6.8. Gestion de chaufferies .....	94
13.6.9. Sécurité .....	94
13.6.10. Laboratoires .....	94
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>95</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>97</b>