



## CHAPITRE I

### Origine des fiouls lourds – Le pétrole – Le raffinage

<b>I-1</b>	<b>Origine des fiouls lourds</b> .....	13
	I-1.1 Le pétrole brut .....	13
	I-1.2 Le raffinage .....	14
	I-1.3 Évolution de la structure de la consommation .....	14
<b>I-2</b>	<b>Élaboration des fiouls lourds</b> .....	14
	I-2.1 Les fiouls de distillation ou « Straight run » .....	14
	I-2.2 Les fiouls de distillation sous vide .....	14
	I-2.3 Les fiouls de viscoréducteur .....	14
	I-2.4 Produits lourds de cracking catalytique .....	15
	I-2.5 La conversion profonde .....	15
<b>I-3</b>	<b>Formulation des fiouls lourds</b> .....	15
	I-3.1 Mélange des composants .....	15
	I-3.2 Constitution des fiouls lourds .....	15
	I-3.3 Stabilité des fiouls lourds .....	16
<b>I-4</b>	<b>De quelques unités</b> .....	16

## CHAPITRE II

### Caractéristiques des fiouls lourds

<b>II-1</b>	<b>Spécifications administratives</b> .....	17
<b>II-2</b>	<b>Caractéristiques usuelles et plages de variation</b> .....	17
<b>II-3</b>	<b>Fiouls lourds particuliers</b> .....	19
	II-3.1 Généralités .....	19
	II-3.2 Fiouls à très basse teneur en soufre .....	19

## CHAPITRE III

### Signification des caractéristiques des fiouls

<b>III-1</b>	<b>Masse volumique</b> .....	21
<b>III-2</b>	<b>Viscosité</b> .....	21
<b>III-3</b>	<b>Point d'écoulement</b> .....	22
<b>III-4</b>	<b>Point éclair</b> .....	22
<b>III-5</b>	<b>Soufre</b> .....	22
<b>III-6</b>	<b>Eau</b> .....	22
<b>III-7</b>	<b>Teneur en insolubles</b> .....	22
<b>III-8</b>	<b>Résidu Conradson</b> .....	22
<b>III-9</b>	<b>Asphaltènes</b> .....	24

<b>III-10 Minéraux</b> .....	24
<b>III-11 Cendres</b> .....	24
<b>III-12 Azote</b> .....	24
<b>III-13 Tension de vapeur</b> .....	24
<b>III-14 Chaleur massique</b> .....	25
<b>III-15 Pouvoir calorifique</b> .....	25

## **CHAPITRE IV**

### **Mise en œuvre des fiouls lourds**

<b>IV-1 Le stockage</b> .....	27
IV-1.1 Réglementation .....	27
IV-1.1.1 Généralités .....	27
IV-1.1.2 Cuvette de rétention .....	27
IV-1.1.3 Protection des nappes phréatiques .....	27
IV-1.1.4 Classement et aménagements des dépôts .....	27
IV-1.2 Technologie des stockages .....	28
IV-1.2.1 Implantation des stockages .....	28
IV-1.2.2 Conception des réservoirs .....	28
IV-1.2.3 Équipement des réservoirs .....	28
IV-1.3 Calorifugeage des réservoirs .....	29
IV-1.3.1 Déperditions calorifiques .....	29
IV-1.3.2 Gestion du stockage .....	30
IV-1.4 Dépotage.....	30
IV-1.4.1 Généralités .....	30
IV-1.4.2 Réglementation .....	30
IV-1.4.3 Implantation .....	30
IV-1.4.4 Équipements .....	31
IV-1.4.5 Approvisionnement par la route .....	31
<b>IV-2 Préparation du fioul lourd</b> .....	31
IV-2.1 Généralités .....	31
IV-2.2 La boucle de gavage .....	31
IV-2.2.1 Filtration .....	31
IV-2.2.2 Circulation .....	32
IV-2.2.3 Isolation .....	32
IV-2.2.4 Canalisations .....	33
IV-2.3 Circuits d'alimentation des brûleurs .....	34
IV-2.3.1 Généralités .....	34
IV-2.3.2 Filtration .....	34
IV-2.3.3 Pompes HP .....	34
IV-2.3.4 Réchauffeurs .....	34
IV-2.3.5 Circulation .....	34
IV-2.3.6 Alimentation des brûleurs .....	34
IV-2.4 Traitements complémentaires .....	35
IV-2.4.1 Centrifugation .....	35
IV-2.4.2 Séparateur électrostatique .....	36
IV-2.5 Comptage du fioul lourd .....	36
<b>IV-3 Brûleurs</b> .....	36
IV-3.1. Généralités .....	36
IV-3.2. Les flammes de fioul lourd .....	36

IV-3.2.1	Combustion du fioul lourd .....	37
IV-3.2.2	Stabilité de la flamme .....	37
IV-3.2.3	Préchauffage de l'air de combustion .....	37
IV-3.2.4	Caractéristiques des flammes .....	38
IV-3.3.	La pulvérisation du fioul lourd .....	38
IV-3.3.1	Pulvérisation mécanique .....	38
IV-3.3.2	Pulvérisation mécanique avec retour .....	38
IV-3.3.3	Pulvérisation par coupelle rotative .....	39
IV-3.3.4	Pulvérisation par un fluide auxiliaire sous pression .....	39
IV-3.3.4.1	<i>Pulvérisation par de la vapeur</i> .....	39
IV-3.3.4.2	<i>Pulvérisation par de l'air comprimé</i> .....	39
IV-3.3.5	Pulvérisation mécanique assistée par fluide auxiliaire .....	39
IV-3.3.5.1	<i>Pulvérisation mécanique assistée à la vapeur</i> .....	39
IV-3.3.5.2	<i>Pulvérisation mécanique assistée à l'air comprimé</i> .....	40
IV-3.3.5.3	<i>Pulvérisation mécanique assistée au gaz naturel</i> .....	40
IV-3.3.6	Pulvérisation par de l'air basse pression .....	40
IV-3.3.7	Émulsion fioul – eau .....	40
IV-3.3.8	Remarques sur la pulvérisation .....	41
IV-3.4	Les autres composants du brûleur .....	41
IV-3.5	Entretien .....	41
IV-3.5.1	Pulvérisateurs .....	41
IV-3.5.2	Ouvreau .....	41
IV-3.5.3	Disque de distribution d'air .....	42
IV-3.5.4	Température et viscosité .....	42
IV-3.6	Installation .....	42
IV-3.7	Conduite des installations .....	42
<b>IV-4</b>	<b>Moteurs thermiques</b> .....	42
IV-4.1	Généralités .....	42
IV-4.2	Rendements et puissances .....	43
IV-4.3	Cogénération .....	43
IV-4.4	Environnement .....	43
IV-4.4.1	Réglementation .....	43
IV-4.4.2	Technologie .....	43
IV-4.5	Préparation du fioul .....	43
IV-4.5.1	Inflammabilité .....	43
IV-4.5.2	Filtration .....	44
IV-4.5.3	Remarques sur les unités .....	44
<b>CHAPITRE V</b>		
<b>Contrôle, régulation et automatisme</b>		
<b>V-1</b>	<b>Contrôle</b> .....	45
V-1.1	Généralités .....	45
V-1.2	Obligations réglementaires .....	45
V-1.2.1	Décret du 11 septembre 1998 .....	45
V-1.2.2	Arrêtés relatifs à la rubrique « 2910 » de la nomenclature des ICPE .....	45
V-1.2.3	Spécificité du fioul lourd pour ce qui concerne les émissions de SO <sub>2</sub> .....	45
<b>V-2</b>	<b>Régulation</b> .....	46
V-2.1	Généralités .....	46
V-2.2	Régulation de la puissance .....	46
V-2.3	Contrôle du rapport fioul – air .....	46

V-2.4	Régulation de position et régulation mesureuse .....	47
V-2.5	Technologie des régulateurs .....	47
<b>V-3</b>	<b>Automatisme</b> .....	47
V-3.1	Généralités .....	47
V-3.2	Protection de l'équipement .....	47
V-3.3	Séquentiel d'allumage .....	47
V-3.4	Allumage de plusieurs brûleurs .....	48
V-3.5	Arrêt des brûleurs .....	48
<b>V-4</b>	<b>Exploitation des chaufferies à caractère industriel</b> .....	48
V-4.1	Modes d'exploitation .....	48
V-4.1.1	Avec présence permanente de personnel .....	48
V-4.1.2	Avec présence intermittente de personnel .....	48
V-4.1.3	Sans présence de personnel mais avec télécontrôle .....	49
V-4.1.4	Sans présence de personnel mais avec autocontrôle .....	49
V-4.1.5	Normalisation .....	49
V-4.1.6	Réglementation .....	49
V-4.1.7	Glossaire .....	49

## **CHAPITRE VI**

### **La réglementation des installations thermiques**

<b>VI-1</b>	<b>Généralités</b> .....	51
<b>VI-2</b>	<b>La rubrique « 2910 »</b> .....	51
<b>VI-3</b>	<b>Les arrêtés relatifs à la rubrique « 2910 »</b> .....	51
VI-3.1	Arrêté ministériel du 25 juillet 1997 .....	51
VI-3.2	Arrêté ministériel du 11 août 1999 .....	51
VI-3.3	Arrêté ministériel du 20 juin 2002 .....	51
VI-3.4	Arrêté ministériel du 30 juillet 2003 .....	52
<b>VI-4</b>	<b>Autres textes réglementaires</b> .....	52
VI-4.1	Arrêté ministériel du 2 février 1998 .....	52
VI-4.2	Décret du 11 septembre 1998 .....	52
VI-4.3	Décret du 16 septembre 1998. Contrôle périodique .....	52
VI-4.4	Décret du 11 septembre 1977 modifié. Bilan de fonctionnement .....	52
VI-4.5	Arrêté ministériel du 24 décembre 2002. Déclaration des émissions polluantes .....	53
VI-4.6	Taxe sur les activités polluantes (TGAP) .....	53
<b>VI-5</b>	<b>Valeurs limites d'émissions pour les installations utilisant des fiouls lourds</b> .....	53
VI-5.1	Arrêté ministériel du 25 juillet 1997 modifié – Déclaration – P < 20 MW .....	53
VI-5.2	Arrêtés ministériels du 11 août 1999 et du 14 novembre 2003 – Moteurs et turbines .....	54
VI-5.3	Arrêté ministériel du 20 juin 2002 – Autorisation – Chaudières nouvelles .....	54
VI-5.4	Arrêtés ministériels du 30 juillet 2003 et du 13 juillet 2004 – Autorisation – Chaudières existantes construites postérieurement à 1987 .....	55
VI-5.5	Arrêtés ministériels du 30 juillet 2003 et du 13 juillet 2004 – Autorisation – Toutes chaudières existantes .....	55
VI-5.6	Quelques remarques sur les VLE .....	56

## **CHAPITRE VII**

### **Questions d'exploitation**

<b>VII-1 Environnement</b> .....	57
VII-1.1 Généralités .....	57
VII-1.2 Le soufre .....	57
VII-1.3 L'azote .....	57
VII-1.4 Les minéraux .....	57
VII-1.5 Les cendres .....	58
VII-1.6 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques .....	59
VII-1.7 Les Composés Organiques Volatils .....	59
VII-1.8 Le dioxyde de carbone .....	59
VII-1.8.1 CO <sub>2</sub> et changement climatique .....	59
VII-1.8.2 Quotas d'émission et marché des quotas .....	59
<b>VII-2 Traitement des fumées</b> .....	60
VII-2.1 Généralités .....	60
VII-2.2 Désulfuration .....	60
VII-2.2.1 Les contraintes .....	60
VII-2.2.2 Les moyens .....	60
VII-2.3 Dénitrification .....	61
VII-2.3.1 Les contraintes .....	61
VII-2.3.2 Les moyens .....	61
VII-2.4 Dépoussiérage .....	62
VII-2.4.1 Les contraintes .....	62
VII-2.4.2 Les moyens .....	63
VII-2.4.3 L'élimination des cendres .....	63
<b>VII-3 Les questions de corrosion</b> .....	63
VII-3.1 Corrosion à basse température .....	63
VII-3.1.1 Le SO <sub>3</sub> .....	63
VII-3.1.2 Point de rosée .....	64
VII-3.1.3 Zones de corrosion .....	64
VII-3.1.4 Point de rosée des fiouls lourds .....	64
VII-3.1.5 Les fumerons .....	64
VII-3.1.6 Comment combattre la corrosion à basse température ? .....	65
VII-3.2 Corrosion et dépôts à haute température .....	65
VII-3.2.1 Généralités .....	65
VII-3.2.2 Mécanismes de la corrosion .....	65
VII-3.2.3 Comment combattre la corrosion à haute température ? .....	66
VII-3.2.3.1 Généralités .....	66
VII-3.2.3.2 Qualité du fioul .....	66
VII-3.2.3.3 Contrôle de l'excès d'air .....	66
VII-3.2.4 Comment combattre les dépôts ? .....	66
VII-3.2.4.1 Généralités .....	66
VII-3.2.4.2 Le sodium .....	66
VII-3.2.4.3 L'alumine et la silice .....	67
VII-3.2.4.4 L'ammoniac .....	67
VII-3.2.4.5 Que faire ? .....	67
<b>VII-4 Les additifs</b> .....	67
VII-4.1 Généralités .....	67
VII-4.2 Les additifs de stockage .....	67
VII-4.2.1 Problématique des fiouls lourds .....	67
VII-4.2.2 Rôle des additifs de stockage .....	68

VII-4.3	Les additifs de combustion .....	68
VII-4.3.1	Combustion des fiouls .....	68
VII-4.3.2	Rôle des additifs de combustion .....	68
VII-4.4	Les additifs anti-dépôts à haute température .....	68
VII-4.4.1	Rôle des additifs anti-dépôts .....	69
VII-4.4.2	Principe .....	69
VII-4.4.3	Présentation .....	69
VII-4.5	Les additifs neutralisants à basse température .....	69
VII-4.5.1	Rôle des additifs neutralisants .....	69
VII-4.5.2	Principe .....	69
VII-4.5.3	Présentation .....	69
VII-4.6	Remarque .....	69

## **CHAPITRE VIII**

### **La combustion des fiouls lourds**

<b>VIII-1</b>	<b>Généralités .....</b>	<b>71</b>
VIII-1.1	La combustion .....	71
VIII-1.2	La flamme de fioul lourd .....	71
VIII-1.3	Les différentes combustions .....	71
VIII-1.4	La combustion à faible production d'oxydes d'azote .....	71
VIII-1.4.1	Généralités .....	71
VIII-1.4.2	Le recyclage des fumées .....	72
VIII-1.4.3	Les brûleurs « bas NOx » .....	72
VIII-1.4.4	Les limites du procédé .....	72
<b>VIII-2</b>	<b>La combustion mixte .....</b>	<b>73</b>
VIII-2.1	Aspect réglementaire .....	73
VIII-2.2	Continuité d'exploitation .....	73
VIII-2.3	Aspect sécurité d'exploitation .....	73
VIII-2.3.1	Concernant le gaz naturel .....	73
VIII-2.3.2	Concernant le fioul lourd .....	73
VIII-2.4	Mise en œuvre .....	74
VIII-2.5	Le « reburning » .....	74
<b>VIII-3</b>	<b>La combustion avec de l'oxygène .....</b>	<b>74</b>
VIII-3.1	Généralités .....	74
VIII-3.2	Caractéristiques de la combustion avec de l'air enrichi .....	74
VIII-3.3	Avantages de la combustion avec de l'air enrichi .....	74
VIII-3.3.1	L'obtention de très hautes températures de flamme .....	75
VIII-3.3.2	Le « dégoulottage » d'installations .....	75
VIII-3.3.3	L'augmentation des transferts thermiques .....	75
VIII-3.4	L'oxy-combustion et la problématique des émissions de CO <sub>2</sub> .....	75
VIII-3.5	Mise en œuvre .....	75
<b>VIII-4</b>	<b>Les analyses de fumées .....</b>	<b>75</b>
<b>VIII-5</b>	<b>Calcul sur les émissions .....</b>	<b>76</b>
VIII-5.1	Réglementation .....	76
VIII-5.2	Correction pour « fumées sèches » .....	76
VIII-5.3	Correction de « teneur en oxygène » .....	76

VIII-5.4 Cumul des corrections .....	76
VIII-5.5 Relation entre les valeurs volumétriques et pondérales .....	76
VIII-5.6 Émissions rapportées à la puissance thermique .....	76
<b>VIII-6 Calculs de combustion .....</b>	<b>77</b>
VIII-6.1 Généralités .....	77
VIII-6.2 Les données .....	77
VIII-6.2.1 Le fioul lourd .....	77
VIII-6.2.2 Le comburant .....	77
VIII-6.2.3 Les analyses de fumées .....	77
VIII-6.3 Les calculs .....	77
VIII-6.4 Rendement de combustion .....	79
VIII-6.5 Condensation des fumées .....	80

