

E. DAVIN

Mécanicien Principal de la Marine

LE MAZOUT



IMPRIMERIE DE LA REVUE

Les Matières grasses, Pétrole et ses dérivés

49, Rue des Vinaigriers

Paris (Xe)

LE MAZOUT



TABLE DES MATIÈRES

I. Introduction.....	5
II. Origine tartare.....	6
III. Classe du dérivé.....	7
IV. Notions de chimie des pétroles.....	8
V. Densité.....	11
VI. Point d'inflammabilité.....	15
VII. Point d'ignition.....	16
VIII. Viscosité.....	16
IX. Fluidité.....	23
X. Teneur en eau.....	26
XI. Asphalte.....	27
XII. Acidité.....	28
XIII. Attaque des métaux.....	28
XIV. Matières éliminables par $SO_4 H^2$	29
XV. Congélation (cold test).....	29
XVI. Teneur en cendres.....	30
XVII. Distillation fractionnée.....	30
XVIII. Pouvoir calorifique.....	32
XIX. Teneur en soufre.....	38
XX. Ecoulement du mazout dans les pipes-lines....	40
XXI. Combustion.....	49
XXII. Chauffe au mazout.....	53
XXIII. Installation de la chauffe au mazout d'une chaudière marine.....	54
XXIV. Différents types de bruleurs.....	55
XXV. Quelques unes des récentes installations de chauffe au mazout sur les navires.....	57
XXVI. Marines de guerre. Conditions de recette des résidus de naphte.....	60
XXVII. Analyse des mazouts brûlés par la marine.....	62
XXVIII. Régime douanier.....	63
XXIX. Fret pétrolier français.....	65
XXX. Règlements du bureau Véritas.....	69
XXXI. Dangers d'explosion dans les soutes à mazout..	69
XXXII. Réservoirs.....	70
XXXIII. Installations de réservoirs à pétrole dans les Ports français.....	77
XXXIV. Combustible colloïdal.....	79
XXXV. Le combustible colloïdal dans la marine française	87
XXXVI. Utilisation des "fuel oil A" dans la marine française.....	89



I

INTRODUCTION

Le champ d'étude du Mazout est vaste et ne peut se loger dans le périmètre de celui que nous allons traiter.

Nous ne considérerons d'abord le Mazout que comme combustible de chaudière, sans rentrer dans l'étude de son utilisation dans les moteurs à combustion interne, et nous nous étendrons, tout particulièrement, sur certains points qui nous ont paru soit obscurs, soit intéressants dans la pratique des analyses, des brûleurs, de la chauffe, des réglementations, de l'emmagasinage ou du transport.

La description des appareils se rapportant aux Mazouts a été faite dans de nombreux ouvrages, on la trouvera, en particulier, dans ceux indiqués ci-après ; nous estimons qu'il est inutile de les décrire l'un après l'autre une fois de plus et d'indiquer des méthodes opératoires qui ne peuvent réellement bien s'apprendre que dans un laboratoire, méthodes que nous avons vu d'ailleurs bien varier d'un pays à l'autre, tout en restant dans certaines limites de précision.

Tel appareil dont l'emploi est réglementaire en France est totalement inconnu dans les grands centres producteurs et consommateurs, nous le taxerons d'appareil de démonstration et le passerons presque sous silence.

Il convient à cet effet d'appeler bon appareil d'analyse ou d'utilisation, celui qui, dans la pratique du Laboratoire, de l'Industrie ou de la Marine, est le plus souvent employé.

BIBLIOGRAPHIE DU PÉTROLE

— Exploitation du Pétrole, par Tassart, Dunod & Pinat (Paris 1908).

— Oil Field Development and Petroleum Mining, par Beeby Thompson, Crosly Lockwood and Son (London, 1916).

- Le Pétrole et son Industrie, par L. Jauch, mécanicien en chef de la Marine, A. Challamel (Paris, 1921).
- Technique des Pétroles, par R. Courau, Gaston Doin, (Paris, 1921).
- Combustibles Industriels, par Colomer & Lordier, Dunod & Pinat (Paris, 1919).
- Le Pétrole, son utilisation comme combustible, par A. Masméjean et E. Béréharc, Dunod (Paris, 1920).
- Traité d'analyse des Huiles minérales, par Holde et Gautier, Béranger (Paris, 1909).
- Handbook on Petroleum, par Cooper-Key, Rédwood et Thomson, Griffin (Londres, 1913).
- The Examination of Petroleum, par Hamor et Padgett, Graw Hill Book Cy (New-York, 1920).
- The Laboratory Book of Minéral Oil Testing-Griffin (Londres, 1918).
- Das Erdöl, par Engler-Höfer. S. Hirzel (Leipzig, 1919).
- Réceptions des Combustibles liquides lourds, par Denier, *Bulletin Technique* du Bureau Véritas, août 1921 et suivants.
- A Treatise on Petroleum, by Redwood, Griffin (Londres, 1922), en trois volumes.
- Les Combustibles liquides et leurs applications, Gauthier-Villars (Paris, 1921).

II

ORIGINE TARTARE

Le mot tartare « *Mazouthta* », qui veut dire graisse, provient du verbe russe « *Mazath* » graisser, enduire, lubrifier (mazathe, smazivathe). De « *Mazouthta* », l'usage en a fait « *Mazoute* » que l'on écrit « *Mazout* » en français. Tel était appelé ce qu'on employait jadis en Transcaucasie pour graisser les roues de voitures : du pétrole lourd provenant de petits puits ou sources naturelles de *Bakou*.

Le mot « naphte » était pourtant connu des Tartares qui exploitaient les puits de Balakanj près Bakou, mais les Aborigènes du Caucase nommaient tout spécialement « naphte » ou « nothe » le pétrole léger brut servant à l'éclairage primitif, tandis qu'ils appelaient Mazout le pétrole brut lourd servant au graissage des essieux.

Plus tard, le nom de « *Ostatki* » fut donné aux résidus de distillation des produits traités à Bakou.

En 1867, et pour la première fois, un ingénieur russe, Spakowski, employa le Mazout au chauffage des chaudières, des locomotives et des bateaux.

Ses diverses dénominations sont les suivantes :

- Mazout ou *Ostatki*, en Russie ;
- Mazout ou résidus de naphte, en France ;
- Fuel-Oil, en Angleterre et aux Etats-Unis ;
- Rückstand, en Allemagne ;
- Pacura, en Roumanie.

III

CLASSE DU DÉRIVÉ

Le Mazout est un résidu de distillation du pétrole. C'est un pétrole brut auquel on a enlevé les produits légers : essence, lampants et huiles à gaz. Sa densité est généralement comprise entre 0.890 et 0.930 — limites entre lesquelles se tenaient les principales firmes de Bakou — quoiqu'on puisse brûler des Mazouts plus légers ou plus lourds. Son point d'éclair varie de 70° à 140°, son pouvoir calorifique gravite autour de 11.000 calories et sa viscosité, déterminée à l'appareil Engler à 50°, va de 5 à 20 degrés. Sa couleur est noire ou noire-verdâtre.

Distillés à la pression atmosphérique et à température limitée, les mazouts donnent toute une gamme d'huiles de graissage — desquelles on peut tirer de la vaseline ou de la paraffine — du brai et du coke de pétrole.

Distillés sous pression et à haute température (cracking) ils peuvent encore donner des produits légers.

Le tableau ci-dessous, que nous empruntons au magistral ouvrage de notre chef, M. Jauch, et auquel nous nous rapporterons souvent au cours de cette étude, illustre très bien le processus général de distillation.

La distillation des pétroles bruts jusqu'aux huiles à gaz ne se fait généralement pas au-dessus de 340-350°, les essences passent de 60 à 150°, les lampants de 150° à 300°, puis les huiles à gaz de 300° à 350°.

L'opération se fait le plus souvent en cascade (distillation continue) dans 5 ou 6 alambics, chauffés au mazout, au charbon ou au gaz, avec injection de vapeur surchauffée, de façon à éviter le craquage. Le résidu du dernier alambic, qui est le mazout, est envoyé dans

un préchauffeur où il abandonne sa chaleur à l'huile brute avant d'être mis en stockage.

	DENSITÉ MOYENNE	TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION
Ether de pétrole.....	0,650	45° à 70°
Essence de pétrole.....	0,730	70° à 150°
Pétrole lampant	0,800	150° à 300°
Huile à gaz	0,830	300° à 350°
MAZOUT	Huile à broche ou oléonaphte N° 2	350° à 380°
	Huile de machine ou oléonaphte N° 1.....	
	Huile à cylindre ou oléonaphte N° 0.....	fusion vers 50°
	Huile de surchauffe ou oléonaphte N° 00..	
	Paraffine	
	Brais	fusion de
	Coke de pétrole.....	2,000

IV

NOTIONS DE CHIMIE

DES PÉTROLES

Le pétrole brut est un mélange d'un grand nombre de carbures d'hydrogène que l'on peut classer dans les trois séries suivantes :

SÉRIE GRASSE.

1°. *Carbures forméniques ou saturés.* $C^n H^{2n+2}$.

Le premier de ces carbures est le formène, méthane ou gaz des marais CH_4 .

Les carbures saturés se trouvent dans tous les pétroles, les principaux sont :

GAZEUX	Méthane	$C H_4$	qui se liquéfie à	- 160°
	Ethane	$C^2 H^6$	id	- 93°
	Propane	$C^3 H^8$	id	- 44°
	Butane	$C^4 H^{10}$	id	0°

LIQUIDES	Pentane	C ⁵ H ¹²	qui bout à + 31°		
	Hexane	C ⁶ H ¹⁴	id	69°	
	Heptane	C ⁷ H ¹⁶	id	93°	
	Octane	C ⁸ H ¹⁸	id	125°	
	Nonane	C ⁹ H ²⁰	id	150°	solidifié à — 50°
	Décane	C ¹⁰ H ²²	id	173°	id — 30°
	Undécane	C ¹¹ H ²⁴	id	195°	id — 25°
	Duodécane	C ¹² H ²⁶	id	214°	id — 12°
	Tridécane	C ¹³ H ²⁸	id	234°	id — 6°
	Tétradécane	C ¹⁴ H ³⁰	id	252°	id + 5°
	Pentadécane	C ¹⁵ H ³²	id	270°	id 10°
	Hexadécane	C ¹⁶ H ³⁴	id	287°	id 18°
SOLIDES	Octadécane	C ¹⁸ H ³⁸	fond à + 28°	bout à 317°	
	Nonadécane	C ¹⁹ H ⁴⁰	id	32°	id 330°
	Heptacosane	C ²⁷ H ⁵⁶	id	60°	id 270°
	Pentatricontane	C ³⁵ H ⁷²	id	75°	
	Vaseline	(C ¹⁶ H ³⁴ + C ²⁰ H ⁴²)	Héxadécane + Cosane		
	Paraffine	(C ²⁵ H ⁵² + C ²⁴ H ⁵⁰)	Pentacosane + tetracosane		

2° Carbures éthyléniques ou oléfines Cⁿ H²ⁿ.

Ce sont des carbures non saturés dérivés de l'éthylène C² H⁴, ils se trouvent en petite quantité dans les pétroles russes, les canadiens et ceux de Texas. Le cracking donne beaucoup de ces carbures. En voici quelques uns :

GAZEUX. . { Ethylène C² H⁴ liquifié à — 103°
 { Propylène C³ H⁶ id — 50°

LIQUIDES { Butylène C⁴ H⁸ bout à + 3°
 { Amylène ou Pentène { C⁵ H¹⁰ id 35°
 { Hexène C⁶ H¹² id 68°
 { Heptène C⁷ H¹⁴ id 98°
 { Paramylène C¹⁰ H²⁰ id 172°
 { Cétène C¹⁶ H³² id 274°

SOLIDES. . { Cératène C²⁷ H⁵⁴ fond à + 58°
 { Melissène C³⁰ H⁶⁰ id 62°

3°. *Carbures acétyléniques.* $C^n H^{2n-2}$.

Carbures non saturés dérivés de l'acétylène C^2H^2 . Ils se forment aussi dans le cracking. On en trouve des traces dans les pétroles :

GAZEUX..	}	Acétylène ou éthine $C^2 H^2$
		Allylène ou propine $C^3 H^4$
LIQUIDES	}	Isocrotylène ou butine $C^4 H^6$ bout à $+ 20^\circ$
		Valérylène ou pentine $C^5 H^8$ id 40°

SÉRIE AROMATIQUE.

1° NAPHTENES. $C^n H^{2n}$. Ils diffèrent par isomérisie des éthyléniques. On les trouve en fortes proportions dans les pétroles Russes.

2° BENZENES. $C^n H^{2n-6}$. Le premier de ces hydrocarbures est la benzine C^6H^6 polymère de l'acétylène.

3° NAPHTALENES. $C^n H^{2n-12}$, dont la naphthaline $C^{10}H^8$.

SÉRIE TERPENIQUE.

Terpènes $(C^5 H^8)^n$ dont l'essence de térébenthine.

L'asphalte provient de l'oxydation d'un terpène : le pétrolène $(C^5 H^8)^4$.

POLYMERIE.

Les carbures des séries éthyléniques et acétyléniques, en particulier, soumis à la chaleur, se décomposent et donnent par condensation des corps de mêmes éléments mais tout à fait différents, qui portent le nom de polymères. Ainsi l'acétylène C^2H^2 chauffé à 200° donne en vase clos du benzène C^6H^6 (Berthelot).

ISOMERIE.

Les carbures isomères sont des composés qui ont la même composition centésimale, mais des propriétés différentes. Ainsi, il y a 3 pentanes, C^5H^{12} , qui bouillent à des températures bien différentes.

CHALEUR SPECIFIQUE DU PETROLE.

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever

de 0 à 1° C. la température de 1 kilogramme de pétrole. Elle est égale à environ 0,5 calorie.

Formule de Rey : $C = 0,50 + 0,007 \cdot t^{\circ}$

CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION.

C'est la chaleur nécessaire pour porter 1 kilogramme de pétrole, de liquide à t° en vapeur à t° . Elle est égale à environ 70 calories et donnée par la formule :

$$82,4 - 0,0675 \cdot t^{\circ}.$$

V

DENSITÉ (Gravity)

A une température donnée, la densité d'un mazout est le rapport du poids d'un certain volume de ce mazout au poids d'un même volume d'eau distillée à 4° C.

Les densités, à l'inverse des poids spécifiques, s'expriment en nombres abstraits, leur spécification doit être immédiatement suivie de la température à laquelle elles sont prises.

En vertu de la dilatation du liquide, la densité croît en raison inverse de la température. Elle est donnée en France à 15° Centigrade et aux Etats-Unis et dans les pays Britanniques à 60° Fahrenheit (15°5 C.).

Les bons mazouts ont, comme nous l'avons vu plus haut, une densité comprise entre 0,890 et 0,930, mais on peut brûler des combustibles liquides qui vont de la classe des gas-oils (0,850) à celle des brais (1.000), tout dépend du système de brûleurs que l'on emploie sur les foyers et de la température de réchauffage.

La loi du 2 avril 1919 impose en France l'expression des densités en nombres décimaux, supprimant ainsi l'appellation des degrés Baumé. Elle nous dit, de plus, que l'eau privée d'air à 4° sous une pression atmosphérique de 760^m/m a une densité égale à :

$$1 - \frac{1}{30.000}$$

Le coefficient de dilatation du pétrole est donné par la formule :

$$\alpha = \frac{Vt' - Vt}{V(t' - t)} + 0,000025$$

Vt' et Vt étant les volumes apparents du pétrole à t' et t degrés, et 0,000025 le coefficient de dilatation cubique du vase.

En appelant β la variation de densité pour 1° on a :

$$\beta = d. \frac{\alpha}{1 + \alpha}$$

Pour diverses densités, la table suivante nous donne les valeurs de β applicables jusqu'à 50° :

0,700 à 0,720 — 0,000820	0,860 à 0,865 — 0,000700
0,720 à 0,740 — 0,000810	0,865 à 0,870 — 0,000692
0,740 à 0,760 — 0,000800	0,870 à 0,875 — 0,000685
0,760 à 0,780 — 0,000790	0,875 à 0,880 — 0,000677
0,780 à 0,800 — 0,000780	0,880 à 0,885 — 0,000670
0,800 à 0,810 — 0,000770	0,885 à 0,890 — 0,000660
0,810 à 0,820 — 0,000760	0,890 à 0,895 — 0,000650
0,820 à 0,830 — 0,000750	0,895 à 0,900 — 0,000640
0,830 à 0,840 — 0,000740	0,900 à 0,905 — 0,000630
0,840 à 0,850 — 0,000720	0,905 à 0,910 — 0,000620
0,850 à 0,860 — 0,000710	0,910 à 0,920 — 0,000600

DENSITE D'UN MELANGE.

La densité d'un mélange de mazouts est fonction de celle des composants en volume V et V' de densité d et d' , elle est donnée par la formule :

$$D = \frac{V \cdot d + V' \cdot d'}{V + V'}$$

MESURE DES DENSITÉS.

On mesure les densités des mazouts :

1°. A l'aide de *densimètres*, appareils en verre lestés au mercure et gradués en nombres décimaux. Plongés dans de l'eau distillée à 4°, ils doivent indiquer 1,000. Plongés dans l'eau à 15°, ils marquent 0,99916.

Très souvent, ils sont munis d'un thermomètre, et doivent être officiellement étalonnés.

Les mesures s'effectuent à 15°, dans le cas contraire on les ramène à 15° en utilisant la table de correction donnée ci-dessus.

Leur usage est courant en France.

2°. A l'aide d'*aréomètres* à poids constants dont les plus utilisés en Amérique sont ceux de *Baumé* et de *Tagliabue*.

La mesure des degrés se fait comme sur les densimètres au-dessous ou au-dessus du ménisque liquide suivant les indications données par le constructeur.

D'après l'*Officiel* du 5 août 1919, les aréomètres Baumé pour liquides moins denses que l'eau sont gradués de la façon suivante :

1°. On marque la graduation 10 en immergeant l'appareil dans un liquide de masse spécifique égale à 1, eau à 4° ;

2°. On marque 20 dans de l'alcool dilué de densité 0,9325 ;

3°. On continue la graduation au-dessus de 20 et au-dessous de 10.

V étant le volume de l'appareil jusqu'à la division 0 (volume exprimé en nombre de divisions), le poids de l'appareil sera par rapport à l'eau à 4° ;

$$(V + 10) \times 1 = V + 10$$

Sachant qu'à la division 20 la densité d'un liquide est 0,9325, et en appelant B la division correspondant à un liquide de densité d, nous aurons les équations suivantes :

$$(1) \quad (V + 20) \times 0,9352 = V + 10$$

$$(2) \quad (V + B) \times d = V + 10$$

$$\text{de (1)} \quad V = \frac{20 \times 0,9352 - 10}{1 - 0,9352} = 134,32$$

$$\text{de (2)} \quad d = \frac{V + 10}{V + B} = \frac{144,32}{134,32 + B}$$

Avec les appareils Baumé Américains la densité est donnée par la formule :

$$d = \frac{140}{130 + B}$$

Les densimètres et aréomètres ne donnent que des indications approximatives de la densité, indications d'ailleurs largement suffisantes pour la pratique courante des opérations industrielles.

3°. A l'aide de *picnomètres*, petits flacons en verre fermés par un bouchon à l'émeri surmonté d'un petit tube capillaire avec repère. Ce repère limite un volume de mazout et un même volume d'eau dont le rapport des poids donnera la densité.

Exemple :

Poids du picnomètre vide = 5 gr. 774
 Poids du picnomètre rempli de mazout à 22°,8 = 11 gr. 125
 Poids du picnomètre rempli d'eau à 22°,8 = 11 gr. 735
 Poids du mazout à 22°,8 = 11,125 — 5,774 = 5 gr. 351
 Poids de l'eau à 22°,8 = 11,735 — 5,774 = 5 gr, 961
 Poids de l'eau ramenée à 4°, ou poids en eau du picnomètre :

$$5,961 \times 0,99752 = 5 \text{ gr. } 94621$$

$$\text{Densité du mazout} = \frac{5,351}{5,94621} = 0,900$$

(0 gr. 99752 est le poids d'un litre d'eau à 22°,8, d'après les tables de Rosseti.)

Densité du mazout ramené à 15° :

$$0,900 + (22°,8 - 15°) \times 0,00063 = 0,9049$$

NOTA. — Généralement dans les mesures des densités des mazouts au picnomètre on ne tient pas compte de la poussée de l'air et du coefficient de dilatation du verre.

4°. A l'aide des *balances aréothermiques* dont la plus précise est celle de *Mohr-Westphal*.

Un des bras de cette balance porte un axiromètre, l'autre suspend une masse de verre et porte dix divisions sur lesquelles on adapte 4 cavaliers ou petits poids qui, à l'équilibre, donnent un nombre à 4 décimales qui est la densité.

L'axiromètre étant à 0 et la masse de verre plongée dans de l'eau à 15° l'équilibre doit être donné sur la dixième division, ce qui correspond à une densité de 1.

Le poids du litre d'eau à 15° étant de 0k 99916, les densités obtenues devront être multipliées par ce nombre lorsqu'on ne tient pas compte de la poussée de l'air ; si on en tient compte dans les mesures précises on a :

$$D = d (0,99916 - 0,001226) + 0,001226.$$

POIDS SPÉCIFIQUE.

Le poids spécifique d'un liquide est le poids de l'unité de volume, il s'exprime en grammes ou kilogrammes. A l'inverse des densités c'est un nombre concret.

Son expression exacte est *masse spécifique* : la masse spécifique unité est celle de l'eau, elle est de 1 kilo.

Quelques appareils de la classe des pèse-liquides sont gradués en grammes et indiquent le poids d'un décimètre-cube de liquide, ou poids spécifique. On les appelle parfois, et à tort, des densimètres.

VI

POINT D'INFLAMMABILITÉ

Le point d'inflammabilité d'un mazout, point d'éclair ou flash-point, est la température critique à laquelle ce mazout émet des vapeurs qui, mélangées à l'air, forment un mélange explosif.

Il convient dans sa détermination de se mettre dans les conditions d'un combustible liquide emmagasiné dans une soude, contenant un certain volume d'air, et susceptible, par une de ses ouvertures, d'être mise au contact d'une flamme quelconque. Les grandes différences de température observées entre les expériences à creuset ouvert (open-cup) et celles à creuset fermé (closed-cup) doivent nous décider, dans la mesure du possible, à employer la deuxième méthode, des écarts de 40° ayant été constatés avec un même produit (de 5 à 40°).

Les déterminations du point d'inflammabilité se font :

1°. Suivant la méthode du creuset ouvert à l'aide des appareils : Pensky-Marcusson, Brenken, Tagliabue, Cleveland et en général avec les appareils très simples de laboratoire constitués par un creuset en porcelaine plongé dans un bain de sable. On chauffe le bain lentement, de façon que le thermomètre plongeant dans le mazout, monte de 5° par minute. Une petite flamme de gaz est présentée tous les degrés sur la surface du liquide jusqu'à ce qu'il se produise une petite explosion ;

2°. Suivant la méthode du creuset fermé à l'aide des appareils : Abel-Pensky pour les mazouts légers, et Martens-Pensky, Luchaire, Demichel (Laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers), Elliot et Foster pour les autres.

Les essais officiels se font en France à l'appareil Luchaire. Il importe, à cet effet, de n'employer que le nouveau modèle avec trous d'aération de 8^m/m et veilleuse à gaz, les anciens modèles portent des trous trop faibles qui sont rapidement bouchés par l'huile.

Si le mazout contient de l'eau il mousse en le chauffant, dans ce cas il est inutile de persister à le chauffer au-dessus de 80°, il faut le déshydrater par le chlorure de calcium.

Le point d'éclair varie en raison directe de l'augmentation de pression barométrique, il convient d'en tenir compte. On trouvera dans le *Traité d'analyse des Huiles minérales de Holde* (Béranger), page 62, une table de correction très complète.

De 760 ^{m/m} à 765	les points d'éclair augmentent de	0°,2.
— 760 — à 770	— — —	0°,4.
— 760 — à 775	— — —	0°,5.
— 760 — à 780	— — —	0°,7.
— 760 — à 755	les points d'éclair baissent de	0°,2.
— 760 — à 750	— — —	0°,3.
— 760 — à 745	— — —	0°,5.
— 760 — à 740	— — —	0°,7.
— 760 — à 735	— — —	0°,9.
— 760 — à 730	— — —	1°,0.

VII

POINT D'IGNITION

Le point d'ignition, point de combustion ou fire-point est la température à laquelle la surface du mazout prend feu à l'approche d'une flamme et continue à brûler.

Le point d'ignition se détermine à l'aide d'un des appareils à creuset ouvert cités plus haut.

Pour des mazouts pas trop lourds il se maintient généralement à 15° au-dessus du point d'éclair.

VIII

VISCOSITE

La viscosité d'une huile est le degré de résistance qu'éprouve cette huile pour s'écouler dans une conduite.

La viscosité diminue à mesure que la température et la pression montent dans la conduite.

En étudiant la circulation du sang dans les vaisseaux,

Poiseuille, ancien élève de l'École Polytechnique, professeur de physique à la Faculté de Médecine de Paris, fut amené à faire divers travaux sur celle de l'eau dans les tubes capillaires. Son mémoire fut publié par l'Académie des Sciences en 1842. Formées à l'école de Regnault, les expériences de Poiseuille sur la viscosité sont d'une précision remarquable et servent encore aujourd'hui dans beaucoup de calculs de conduites d'eau et d'huile.

Il n'y a pas de formule générale donnant la viscosité d'une huile en fonction de la température, chaque huile a sa courbe de viscosité propre aux basses températures. Aux hautes températures la courbe se lie à l'asymptote et, seulement alors, les rapports des viscosités sont en raison inverse des températures.

On peut toutefois admettre une formule purement théorique au-dessous de 100° pour les huiles de même provenance et ayant subi les mêmes stades de fabrication à la distillerie et à la raffinerie. Empressons-nous de dire que cette formule n'aura pas d'application dans la pratique. Thorpe et Rodger ont été conduits à l'exprimer sous la forme suivante :

$$\mu = A. (t + a)^{-n}$$

dans laquelle : μ est la viscosité du liquide à la
températ. t°

A, la viscosité à la température moyenne
soit 1/2 (T crit + t fusion)

n = 1,9 pour les carbures gras.

a, varie de 286° à 77°.

VISCOSITÉ ABSOLUE.

La viscosité absolue C. G. S. est la force en dynes, superficielle, nécessaire pour faire mouvoir à la vitesse de 1 centimètre par seconde un élément de liquide de 1 centimètre carré flottant sur la masse liquide immobile. L'unité de viscosité absolue est la « poise ». Elle est déterminée par la formule de Poiseuille :

$$V a = \frac{P. D^4}{K. d. L. Q.}$$

dans laquelle sont exprimés en unités C. G. S. :

- P la pression d'écoulement.
- D le diamètre de la conduite.
- L sa longueur.
- Q le débit par seconde.

d la densité du liquide.

K constante qui égale 40 pour les pipelines.

La viscosité absolue de l'eau à 0° est de 0,01797 dyne, celle de l'eau à 20° de 0,0102.

La viscosité de l'eau à 20° est, à peu de chose près, égale à la centipoise.

Pratiquement on détermine la viscosité absolue des huiles à l'aide des appareils de laboratoire Grobert-Demichel, Perry, et du viscosimètre capillaire Baume.

S et R étant respectivement les nombres de secondes d'écoulement de liquide dans les viscosimètres Saybolt et Redwood, E le degré de viscosité Engler et B le nombre de divisions (cm³) Barbey, les relations suivantes nous donnent les viscosités absolues :

$$1^{\circ} \text{ Saybolt : } Va = d. \left(0,00243. S. - \frac{1 - 1,535}{S} \right)$$

$$2^{\circ} \text{ Redwood : } Va = d. \left(0,0026. R. - \frac{1 - 1,715}{R} \right)$$

$$3^{\circ} \text{ Engler : } Va = d. \left(0,073185. E - \frac{0,0631}{E} \right)$$

d'après Ubbelohde

$$4^{\circ} \text{ Barbey : } Va = d. \frac{48,5}{B}$$

VISCOSITÉ CINEMATIQUE.

La viscosité cinématique est égale au rapport de la viscosité absolue par la densité. On la déduit facilement des formules données plus haut.

VISCOSITÉ SPECIFIQUE.

La viscosité spécifique d'un liquide à t° est le rapport de sa viscosité absolue à celle de l'eau à 0°.

En divisant la formule donnant la viscosité absolue en fonction des degrés Engler par 0,01797, viscosité absolue de l'eau à 0°, on obtient l'expression de la viscosité spécifique :

$$Vs = d. \left(4,072. E - \frac{E}{3,513} \right)$$

Divers appareils de laboratoire déterminent les viscosités spécifiques, citons ceux de Ostwald, Traube et Ubbelohde.

VISCOSITÉ PRATIQUE DES MAZOUTS.

La viscosité pratique des mazouts est déterminée par les appareils suivants qui donnent des indications en temps (secondes) d'écoulement du liquide, ou des rapports des temps d'écoulement du liquide et de l'eau, ou du liquide et de l'huile de colza.

Viscosimètre Engler (Allemagne):

$$E = \frac{\text{secondes d'écoulement de } 200\text{cm}^3 \text{ de mazout à } t^{\circ}}{\text{secondes d'écoulement de } 200\text{cm}^3 \text{ d'eau à } 20^{\circ}}$$

Ce viscosimètre est universellement employé, suivant les appareils l'eau s'écoule en 50, 51, 52 ou 53 secondes.

Viscosimètre Saybolt (Etats-Unis):

S = secondes d'écoulement de 60cm³ de mazout à t°.

Dans cet appareil, la viscosité de l'eau à 60° F (15°,56 C) est de 30.

Viscosimètres Redwood (Angleterre):

1°. *Redwood commercial N° 1.*

$$= 100 \times \frac{\text{secondes écoulement } 50\text{cm}^3 \text{ mazout à } t^{\circ}}{\text{secondes écoulement } 50 \text{ cm}^3 \text{ huile de colza à } 15^{\circ},56 \text{ C.} = 535} \times \frac{d}{0,915}$$

L'huile de colza à 60 F. (15°,56 C.) s'écoule en 535 secondes et sa densité à cette température est de 0,915.

d est la densité du mazout à t°.

Dans cet appareil le temps employé à la vidange de 50cm³ d'eau est de 25,5 secondes.

2°. *Redwood Amirauté N° 2.*

R = secondes d'écoulement de 50cm³ de mazout à 32° F.
(0° C.).

Viscosimètre Lamansky-Nobel (Russie) :

$$L = \frac{\text{secondes écoulement } 100\text{cm}^3 \text{ mazout à } t^{\circ}}{\text{secondes écoulement } 100\text{cm}^3 \text{ eau à } 50^{\circ}}$$

Les 100cm³ d'eau à 50° mettent de 59 à 60 secondes pour s'écouler.

Ce viscosimètre est à écoulement d'huile à pression constante obtenue à l'aide d'un tube de Mariotte.

Citons de plus pour mémoire les viscosimètres Engler modifiés par Ubbelohde et Ragsone, le viscosimètre Chercheffski, et celui de Lunge. L'appareil de Lunge est analogue à un aréomètre. On y mesure entre deux repères

le temps qu'il met pour s'enfoncer dans le liquide dont on veut prendre la viscosité.

CORRESPONDANCE DES INDICES DE VISCOSITÉ.

$$\frac{\text{Saybolt}}{\text{Engler}} = 35 \text{ environ.}$$

$$\frac{\text{Lamansky-Nobel}}{\text{Engler}} = 1,13 \text{ à } 1,26.$$

Les correspondances exactes, à peu de chose près, peuvent être calculées par les formules établies pour chacun des quatre appareils dont nous avons causé dans le paragraphe « Viscosité absolue ».

NOTES SUR LA VISCOSITE.

Un liquide est caractérisé par la courbe de variation de sa viscosité avec la température.

En étudiant les courbes de viscosité et leurs inverses, celles de fluidité, on constate qu'aux hautes températures elles s'asymptotisent. Elles ne coupent jamais l'axe des températures, une viscosité ou une fluidité négative n'ayant aucun sens.

D'après Engler, la viscosité des hydrocarbures croît avec le poids moléculaire, les carbures aromatiques ont une viscosité plus grande que les carbures paraffineux de la série grasse (forméniques $C^{25}H^{52} + C^{24}H^{50}$) et les fluidités des carbures de la série grasse sont sensiblement les mêmes à leurs points d'ébullition.

L'importance de la viscosité d'un mazout n'échappe à personne dans les manipulations relatives au transport, à l'emmagasinage, au réchauffage et à la pulvérisation.

VISCOSITÉ DES MELANGES.

En mélangeant deux liquides visqueux, tels que des mazouts, on constate que la viscosité du mélange est inférieure à la moyenne des viscosités des composants.

M. Schulz, qui a étudié des mélanges d'huiles de graissage, a établi des formules qui sont exactes à un degré Engler près tant que la proportion d'un des composants ne tombe pas au-dessous de 10% et qu'il n'y a pas de grandes différences de viscosité entr'eux.

M. Jauch applique la loi logarithmique et nous donne :

$$\text{Log } E = \frac{p \cdot \log e' + p' \cdot \log e}{p + p'} \quad (1)$$

E étant la viscosité du mélange.

p et p' les proportions des composants en volume, $p > p'$.

e et e' leurs viscosités.

Une formule allemande donne :

$$E = \frac{p \cdot e + \sqrt{e \cdot e'} \times p' \cdot e'}{p + \sqrt{e \cdot e'} \times p'} \quad (2)$$

Il reste bien entendu que ces données ne sont applicables que si les viscosités des constituants ne varient pas trop entr'elles ; toutefois il nous a paru intéressant d'étudier la viscosité d'un mélange de deux huiles ayant une grande différence de viscosité, et de voir si les formules précédentes (1) et (2) et celles de Schulz (3) et (4), que nous donnons ci-après, sont encore susceptibles de donner quelques directives utiles en ce cas.

Formules de Schulz :

$$(3) E_p = v \cdot \left[1,161^n + 0,166 \times \frac{1,161^n - 1}{1,161 - 1} \times \frac{V}{v} \right]$$

$$\text{avec } n = \frac{\log \cdot p - \log \cdot 100}{\log \cdot 0,5}$$

$$(4) E_{p'} = v \cdot \left[0,166^n \times \frac{V}{v} + 1,161 \times \frac{1 - 0,166^n}{1 - 0,166} \right]$$

$$\text{avec } n = \frac{\log \cdot p' - \log \cdot 100}{\log \cdot 0,5}$$

dans lesquelles V et v sont les viscosités des constituants.

$V > v$, et p et p' désignent respectivement les % en volume de l'huile la moins visqueuse et de l'huile la plus visqueuse.

La formule (3) donne la viscosité du mélange, E_p , pour p compris entre 5 % et 50 %.

La formule (4) donne la viscosité du mélange, $E_{p'}$, pour p' compris entre 5 % et 50 %.

EXPÉRIENCE.

Mélangé intimement par versements successifs d'une éprouvette dans l'autre :

1°. 400cm³ d'une huile de machine (363 gr. 800) ayant les caractéristiques suivantes soigneusement établies :

$$d \ 15^\circ = 0,9063$$

$$\text{Viscosité Engler à } 50^\circ = 6.08.$$

2°. Avec 200cm³ d'une huile à broches (175 gr. 200) dont :

$$d \ 15^\circ = 0,8771$$

Viscosité Engler à 50° = 1,78.

3°. Obtenu 600cm³ d'un mélange (539 gr.) dont :
d 15° = 0,8998

Viscosité Engler à 50° = 3,30

Après étude de chacune des formules (1), (2), (3) et (4), nous nous sommes arrêtés sur la formule allemande (2) qui nous donne un résultat se rapprochant de la réalité à 0,1 près :

$$E = \frac{\frac{2}{3} \times 6,08 + \sqrt{6,08 \times 1,78 \times \frac{1}{3}} \times 1,78}{\frac{2}{3} + \sqrt{6,08 \times 1,78 \times \frac{1}{3}}} = 3,40$$

QUELQUES VISCOSITES D'HUILES LOURDES.

Le tableau suivant, dû à M. Schenker, donne les viscosités en fonction des températures, ce sont de simples indications déduites des caractéristiques d'huiles lourdes généralement employées en Europe. Il ne faut pas en déduire une loi générale. Pour les températures inférieures à 50° le nombre supérieur se rapporte aux huiles paraffineuses ou asphaltiques.

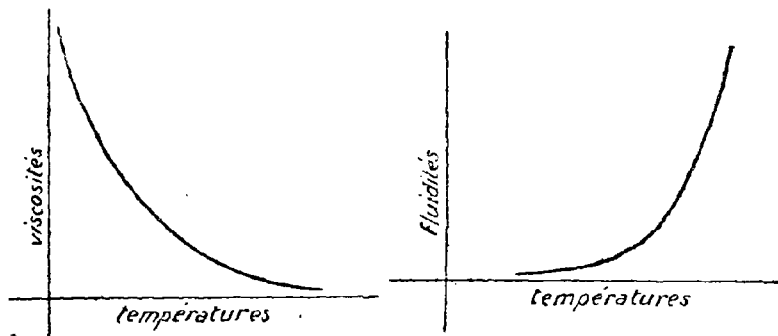
TEMPÉRATURES

20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
VISCOSITÉS ENGLER								
17,7 9,5	8,6 6,0	4,6 4,0	3,0	2,25	1,83	1,57	1,40	1,25
27,5 16,0	12,5 9,2	6,5 5,6	4,0	2,84	2,20	1,79	1,56	1,35
38,0 23,5	16,5 13,5	8,8 7,7	5,0	3,45	2,55	2,00	1,72	1,46
48,0 30,5	21,0 17,3	10,6 9,7	6,0	4,05	2,93	2,24	1,88	1,57
68,0 44,5	30,0 24,5	15,0 13,8	8,0	5,35	3,70	2,77	2,20	1,79
88,0 59,0	37,0 29,5	18,5 16,3	10,0	6,70	4,55	3,30	2,55	2,00

IX FLUIDITÉ

La fluidité est l'inverse de la viscosité.

Les variations de la fluidité et de la viscosité d'un mazout en fonction de la température sont données, grosso-modo, par les courbes ci-dessous :



La fluidité est mesurée en France à l'aide de l'ixomètre Barbey, qui a titre officiel dans la spécification des huiles. Dans cet ixomètre l'écoulement se fait sous pression constante.

Lorsqu'on se sert de cet appareil, il est important de se rappeler que les divisions de l'éprouvette représentent des $\frac{1}{6}$ èmes de cm^3 , et que le nombre de divisions remplies dans 10 minutes indique le nombre de cm^3 qui peuvent s'écouler dans une heure.

Le module des Barbey est 100 divisions pour l'huile de colza pure à 30° .

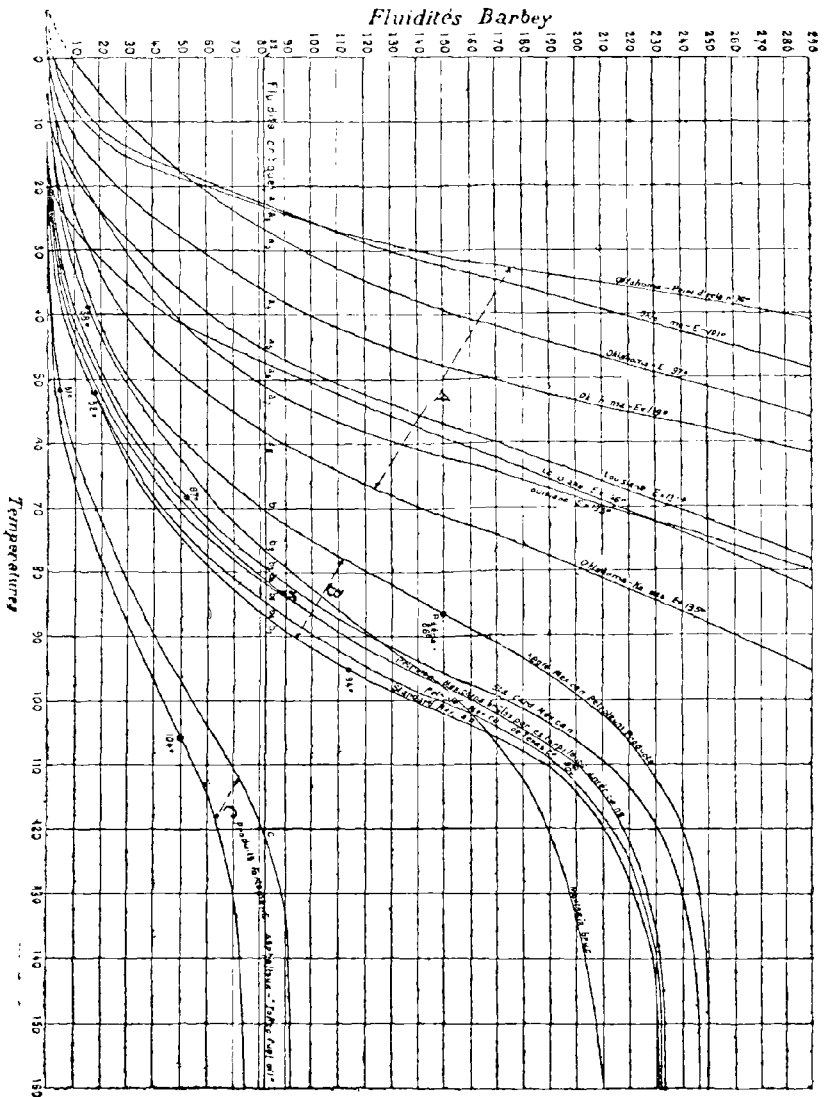
La correspondance des degrés Barbey et Engler est donnée par formule de Robert tirée de celle de Ubbelohde :

$$B = \frac{662}{E - \frac{0,864}{E}}$$

FLUIDITÉ DES MELANGES.

La fluidité des mélanges a été étudiée par M. Boutaric. On déduit de ses expériences que dans un mélange de deux liquides purs, les fluidités s'ajoutent ou, autrement dit, la fluidité du mélange varie linéairement en fonction de la concentration de l'un des composants. Dans les émulsions, au contraire, les viscosités s'ajoutent. Soient

COURBE DE FLUIDITÉS
DE MAZOUTS AMÉRICAINS



F, F_1 et F_2 les fluidités du mélange et de chacun des composants et M_1 et M_2 les fractions du volume total du mélange parfait.

On a, d'après Boutaric :

$$F = F_1 \cdot M_1 + F_2 \cdot M_2$$

mais comme : $M_1 + M_2 = 1$, on tire :

$$F = F_2 + (F_1 - F_2) M_1.$$

En utilisant la formule de Robert, il sera facile d'obtenir une nouvelle loi de la viscosité d'un mélange (en degrés Engler) dont on connaît la fluidité en degrés Barbey.

FLUIDITÉ CRITIQUE.

En date du 1^{er} avril 1915, des instructions furent envoyées par le Mécanicien Général Inspecteur des Combustibles à tous les bâtiments de la Marine chauffant au mazout, en vue de la détermination de la fluidité critique des combustibles liquides utilisés. En voici un résumé :

L'Amirauté Américaine et diverses Compagnies de navigation des Etats-Unis ont entrepris, sur les résidus de naphte et sur leur mode d'emploi, des essais pratiques qui ont conduit à des résultats du plus haut intérêt.

De leurs expériences il ressort, en effet, cette conclusion assez inattendue par les mécaniciens :

Quels que soient les combustibles liquides et quelles que soient leurs provenances, pour réaliser la plus grande fumivoricité on est conduit à donner à tous la même fluidité au brûleur.

Cette fluidité, dont la valeur semble constante, s'est trouvée, dans les essais américains, au voisinage de 82 Barbey (8 Engler) elle est obtenue, pour chaque combustible, en élevant celui-ci à une température déterminée qui, elle, est très éloignée d'être la même pour tous.

A cette première constatation d'importance capitale, les mêmes expériences ont permis d'ajouter la suivante :

Les combustibles liquides qui ne peuvent atteindre le degré de fluidité ci-dessus indiqué sans être chauffés au-delà de leur point d'éclair, donnent d'abondantes formations de dépôts cokéfiantes.

Chaque combustible liquide étant représenté par une courbe donnant la fluidité en fonction de la température, on sera ainsi amené à tracer une horizontale par le point de fluidité 82. La rencontre de cette droite et d'une courbe donnera, par projection sur l'axe des abscisses la « Température critique » à laquelle il conviendra de

réchauffer le mazout avant de le pulvériser mécaniquement dans le brûleur.

Les courbes de fluidité ci-contre ont été déterminées avec des caractéristiques de résidus de naphte américains brûlés par la Marine.

Lorsque les caractéristiques du mazout ne sont pas données par le pétrolier transporteur au bâtiment consommateur, on détermine son point d'éclair au Luchaire du bord et on la réchauffe à une température inférieure de 10° à 15° à ce point d'éclair. De cette façon, on obtient ainsi peu de coke, une assez bonne pulvérisation et on se prémunit contre les incendies qui pourraient être occasionnés dans les chaufferies par la projection d'un mazout chauffé au-dessus de son point d'inflammabilité.

Ces prescriptions ne s'appliquent qu'aux mazouts destinés à être brûlés dans des brûleurs à pulvérisation mécanique, elles ne sont pas assimilables aux brûleurs qui utilisent la pulvérisation à la vapeur.

En date du 11 septembre 1921, de nouvelles instructions, relatives à l'emploi sur les navires de guerre français des « Fuels Oils A » américains, récemment réceptionnés, ont été publiées dans le *Bulletin Officiel de la Marine*. (Voir paragraphe 35.)

X

TENEUR EN EAU

De nombreux procédés sont utilisés pour la mesure de la teneur en eau d'un mazout, les principaux sont les suivants :

1°. Une mesure approximative de l'eau est déterminée volumétriquement en laissant décanter le mazout dans une éprouvette graduée, rétrécie dans le bas, d'une contenance de 100 à 200 cm³. La décantation s'opère mieux en mélangeant un peu d'essence au mazout ;

2°. Dans le procédé Marcusson, on distille 100 cm³ de mazout mélangé à 100cm³ de Xylol (C⁷H¹⁰) dans un ballon Engler. Le distillat est reçu dans une éprouvette graduée en 1/10 de cm³ placée dans de l'eau froide. Par séparation du xylol et de l'eau, on note la quantité de celle-ci ;

3°. On déshydrate le mazout en le mélangeant à du chlorure de calcium (CaCl²), on agite en chauffant légèrement au bain-marie pour faire disparaître l'écume et l'on filtre. La perte de poids donne l'eau retenue par le CaCl² ;

4°. On mélange le mazout à de l'essence et on le verse dans deux éprouvettes graduées qui sont centrifugées au tourniquet Engler. La séparation de l'eau se voit assez nettement et l'on fait le pourcentage volumétrique.

Un kilo d'essence légère dissout environ 1 gramme d'eau à 20°. Cette méthode n'est pas si précise que la précédente.

5°. Dans une éprouvette renversée, on mesure le volume d'acétylène (C^2H^2) obtenu en mélangeant dans un ballon du carbure de calcium (C^2Ca) au mazout.

A 0°/760, 1 gramme d'eau donne $580cm^3$ de C^2H^2 . L'acétylène est un carbure d'hydrogène qui est soluble en petite partie dans le pétrole.

6°. En traitant le mazout par la soude on obtient de l'hydrogène. De son dosage volumétrique à la pression atm. on détermine la quantité d'eau décomposée.

XI

ASPHALTE

A des températures de réchauffage assez élevées, l'asphalte bouche les filtres ou les orifices des brûleurs. et il importe que le mazout en contienne peu.

On détermine la proportion d'asphalte en dissolvant 5 grammes de mazout dans de l'essence. On laisse reposer 24 heures. L'asphalte insoluble est filtré, lavé à l'essence et ensuite dissous dans du benzol.

Après évaporation du benzol au bain-marie, on sèche à 100° et on pèse.

NOTA. — L'asphalte est insoluble dans l'essence de pétrole normale, mais soluble dans le benzol (C^6H^6).

IMPURETÉS (bottom sédiment).

La détermination qualitative des matières en suspension dans un mazout se fait en filtrant celui-ci à travers une toile métallique de laiton N° 70, type commercial (70 fils au pouce). En lavant la toile métallique à l'éther on se rend compte de la nature des impuretés en suspension.

La mesure quantitative s'opère soit par séparation au tourniquet Engler, soit encore mieux de la façon suivante: on dilue dans $100cm^3$ de benzine, $10cm^3$ de mazout bien agité, on laisse reposer 24 heures et on verse la solution sur un papier filtre pesé, par plusieurs fois et en

lavant à la benzine. Le papier filtre est séché à 104° et repesé, par différence on obtient le poids des matières résiduelles.

XII

ACIDITÉ

On se contente généralement d'une recherche qualitative des acides minéraux. Voici deux méthodes :

1°. On agite fortement 100cm³ de mazout avec 200 cm³ d'eau chaude, on laisse reposer puis on prélève avec une pipette 30cm³ d'eau que l'on filtre. Cette eau traitée avec quelques gouttes de méthyl-orange [solution au 3/1.000^e d'hélianthine Poirrier C⁶H⁵Az (CH³)²] devient rose en présence d'un acide minéral ;

2°. On mélange 10 cm³ de mazout et autant d'alcool puis on chauffe au bain-marie, l'alcool est décanté, soutiré et traité au papier de tournesol.

Cette méthode est moins précise que la précédente car, par suite de la présence d'acides naphthéniques, l'alcool donne presque toujours une réaction acide.

Les acides organiques qui sont très gênants dans les huiles de graissage sont tolérés en petite quantité dans le mazout. Ils sont déterminés par mélange avec une solution alcaline, et révélés si, après ébullition et repos, la solution reste trouble.

L'alcali en suspension peut être recherché au moyen de la phénol-phtaléine qui reste incolore en présence d'un acide et se colore au rouge pourpre avec des traces d'alcali (C²⁰H¹⁴O⁴).

XIII

ATTAQUE DES MÉTAUX

L'action corrosive sur les métaux est déterminée de la façon suivante :

On découpe des petites plaques de cuivre, de laiton et de fer, ou d'autres métaux susceptibles d'être au contact du mazout dans ses manipulations, en carrés de 30×30^{m/m} ou 50×50^{m/m}. Ces plaques sont polies à l'émeri puis soigneusement pesées et introduites dans des capsules en

verre contenant le mazout à essayer. Le tout est mis à l'étuve durant plusieurs jours à 100°.

De temps en temps on retire les plaques, on les lave à l'éther et on détermine leur usure en les pesant et en les regardant au microscope.

Pour réaliser une épreuve rapide on peut déposer une goutte de mazout sur une de ces plaques polies et la soumettre 24 heures à l'étuve ; lavée ensuite à l'éther pour faire disparaître les traces de soufre, elle est regardée au microscope.

XIV

MATIÈRES ÉLIMINABLES

PAR SO^4H^2

Pour déterminer le pourcentage des matières absorbées par SO^4H^2 dans un mazout, on dilue celui-ci avec 30% en volume de pétrole extra raffiné (opérer à 40°).

On verse 100cm³ de la dilution dans 20cm³ de SO^4H^2 à 66° Baumé et on agite le tout dans une éprouvette graduée à fond rétréci. Après un repos de 6 heures, dans un bain-marie à 40°, on laisse refroidir et on note l'augmentation du volume de l'acide sulfurique dans le tube inférieur.

XV

CONGÉLATION (Cold test)

L'essai de congélation se fait dans deux tubes de 18 à 20^m/_m de diamètre qui sont fermés par un bouchon traversés par un thermomètre. Ces tubes sont remplis de mazout à une hauteur de 3 centimètres environ et mis dans un bain d'air entouré d'un mélange de glace et de sel (— 21°) ou, à défaut de glace, dans un mélange réfrigérant composé de 25 parties de chlorure d'ammonium et de 100 parties d'eau.

On note d'abord la température à laquelle l'huile se trouble et n'est plus transparente, puis en inclinant les tubes de 90° la température correspondant à l'immobilisation ; ce dernier point est celui de congélation.

On détermine parfois la fluidité d'un mazout à une faible température donnée, en mesurant la hauteur à

laquelle il monte dans un tube en U de 6^m/_m de diamètre plongé dans un mélange réfrigérant et sous une pression de 50^m/_m d'eau.

Les mazouts de Bakou qui ne sont pas du tout paraffineux ont un point de congélation atteignant parfois — 20°.

 XVI

 TENEUR EN CENDRES

On brûle avec précaution dans un creuset en platine, chauffé par un bec Bunsen, 20 grammes de mazout jusqu'à ce qu'on obtienne un résidu charbonneux, puis ensuite on incinère au four électrique et l'on pèse.

Le pourcentage des cendres est en moyenne de 0,5°/o pour un bon mazout.

 XVII

 DISTILLATION FRACTIONNÉE

Elle a pour but de déterminer généralement jusqu'au coke et en plusieurs fractionnements :

1° Le point d'ébullition du mazout (thermomètre plongeant) ou la température à laquelle la première goutte de distillat tombe de l'extrémité du réfrigérant ;

2° Les températures de passage, les densité, viscosité, point d'éclair, point de congélation, point d'ignition des diverses fractions obtenues ;

3° Les caractéristiques du coke résiduel.

La distillation des mazouts au laboratoire s'opère à l'aide des appareils suivants :

1) Appareil *Regnault-de-Luynes-Bordas* modifié pendant la guerre par M. Bordas, chef du Service des Laboratoires du Ministère des Finances. L'emploi de cet appareil est officiel en France, on en trouvera une description détaillée et les modes opératoires dans les *Annales des Falsifications et des Fraudes* de novembre et décembre 1919. Il est entièrement métallique et la distillation s'y opère sous la pression atmosphérique et sans vapeur surchauffée sur 300 grammes environ, le thermomètre plongeant dans le mazout. On emploie la chaudière spéciale à chicanes pour les produits lourds. Lorsque l'huile est visqueuse et renferme de l'eau, il faut prendre certaines précautions pour éviter les inconvénients dus à la for-

mation de la mousse. On chauffe lentement jusqu'à 95° et en ne dépassant pas cette température que l'on peut régler à l'aide du robinet pointeau et la vis de serrage ; lorsqu'on atteint 95° supprimer le chauffage pendant 10 minutes pour faire tomber la mousse. Allumer à nouveau et maintenir la température précédente pendant 3 heures. Chauffer ensuite progressivement pour gagner 10° en 6 ou 7 minutes environ.

2) Appareil distillatoire *d'Engler*. Dans l'ancien modèle en verre on opère sans vide et sans vapeur surchauffée. Le nouveau modèle comporte en plus un surchauffeur de vapeur et un déphlégmateur. Le premier de ces appareils, utilisé pour les essais commerciaux, est très répandu dans les laboratoires ; il se compose d'un ballon en verre dont une tubulure porte un bouchon en caoutchouc traversé par un thermomètre, l'autre se liant au réfrigérant formé de deux tubes de verres concentriques ;

3) Appareil de *Holde*. La distillation s'y fait sous le vide et avec vapeur surchauffée dans un dispositif entièrement métallique, avec serpentins à air et à eau.

DISTILLATION D'UN MAZOUT AVEC VIDE ET VAPEUR SURCHAUFFÉE.

Provenance. -- Mazout provenant de la distillation d'un pétrole brut américain (Nord Texas) (65,4%).

Densité. -- 0,895.

Viscosité. -- Engler 4,6 à 50°.

Distillé 1308 grammes de ce résidu jusqu'à 400° avec vide de 755^m/^m et vapeur surchauffée à 350°.

1^{re} goutte à 250°.

1 ^{re} fraction	105 gr. 3	d15° = 0,845.
2 ^{me}	117 gr. 2	-- 0,850.
3 ^{me}	134 gr. 6	-- 0,859.
4 ^{me}	161 gr. 7	-- 0,866,
5 ^{me}	133 gr. 8	-- 0,869.
6 ^{me}	69 gr. 5	-- 0,870.

Arrêté l'opération à 400°. Le résidu constitue une huile à cylindre ayant les caractéristiques suivantes :

Poids = 521,7 grammes.

Densité = 0,932 prise au picnomètre.

Viscosité Engler à 100° = 3,41.

Point d'éclair = 249° creuset ouvert.

Point d'ignition = 292° --

Point de congélation = + 14°.

XVIII

POUVOIR CALORIFIQUE

La détermination du pouvoir calorifique, ou le nombre de grandes calories dégagées par la combustion d'un kilo de mazout, est la plus importante de toutes. C'est elle qui classe un combustible liquide parmi divers autres dont on connaît la puissance calorifique dans une chaudière.

Le pouvoir calorifique se détermine soit à l'aide des obus ou bombes calorimétriques Berthelot-Mahler, Parr (Amérique) modifiée par Lunge, Kroeker (Allemagne) ; soit d'une façon synthétique lorsqu'on connaît les proportions en poids d'hydrogène, de carbone et de soufre contenues dans le mazout et données par l'analyse complète.

DETERMINATION D'UN POUVOIR CALORIQUE A L'OBUS MAHLER.

Mode opératoire :

Peser un gramme environ du mazout à essayer, ainsi que le fil de fer devant réunir les deux électrodes et tremper dans la coupelle.

Serrer énergiquement le chapeau de la bombe après avoir placé la coupelle en platine contenant le mazout sur son support, et s'être assuré que le fil de fer trempe bien dans le liquide. Mettre 25 kilos de pression d'oxygène dans l'obus et fermer le pointeau. Placer le tout dans le calorimètre contenant 2.200 grammes d'eau.

Agiter pour obtenir, autant que possible l'équilibre de température entre les eaux intérieures et extérieures.

Noter la température de minute en minute durant cinq minutes, puis à la cinquième produire l'inflammation. Prendre la température une demi-minute après et ensuite toutes les minutes tapantes.

Une fois le maximum de température atteint on continue les observations durant encore cinq minutes. On obtient ainsi une série de périodes.

De toutes ces observations, on déduit les diverses corrections qui sont à retrancher ou à ajouter à l'augmentation de température constatée jusqu'au maximum.

Ces corrections sont tirées des règles suivantes :

1^{re}. — Durant la demi-minute qui suit l'explosion la correction de température est égale à la variation moyenne en degrés des cinq périodes préliminaires à l'inflammation. Elle est soustractive.

2^e. — Si la température d'une période de combustion

ne diffère pas de plus d'un degré de la température maximum atteinte, la correction pour cette période est égale à la variation moyenne en degrés de périodes consécutives au maximum. Elle est additive.

3^e. — Si la température d'une période de combustion diffère de plus d'un degré de la température maximum, la correction pour cette période est égale à la variation moyenne en degrés des périodes consécutives au maximum diminuée de 0,005 par minute. Elle est additive.

L'équivalent en eau du calorimètre Mahler est égal à 481 grammes. C'est la quantité d'eau qui absorberait la même quantité de chaleur que le calorimètre métallique.

La chaleur de combustion du fil de fer des électrodes est de 1.600 petites calories par gramme de fil.

EXPÉRIENCE.

Calcul du pouvoir calorifique d'un mazout américain (Mexia).

Poids de mazout mis dans la coupelle : 1 gr. 107.

Poids du fil de fer : 0 gr. 029.

Poids de l'eau : 2.200 gr.

Équivalent en eau du calorimètre : 481 gr.

	0 Minute	16°,52	} Préliminaires
	1 —	16°,52	
	2 —	16°,54	
	3 —	16°,56	
	4 —	16°,56	
Explosion —	5 —	16°,56	} $\frac{0°,04}{5} = 0°,008$
	5 1/2 —	18°,20	
	6 —	19°,80	
	7 —	20°,66	} Combustion
	8 —	20°,76	
	9 —	20°,79	
	10 —	20°,80	
	11 —	20°,79	
Maximum —	12 —	20°,78	} $4°,24$
	13 —	20°,77	
	14 —	20°,76	
	15 —	20°,76	
			} Consécutives
			} $\frac{0°,04}{5} = 0°,008$

Augmentation totale de température à envisager :

$$2 \left[20°,80 - 16°,56 - \frac{1}{2} \times 0,008 + \frac{1}{2} (0,0008 - 0,005) \right. \\ \left. + 4 \times 0,0008 \right] = 4°,2695$$

Poids d'eau rentrant en jeu :

$$2200 + 481 = 2681 \text{ gr.}$$

Chaleur absorbée par l'eau :

$$2681 \times 4,2695 = 11446,5 \text{ petites calories.}$$

Chaleur dégagée par la combustion du fil de fer :

$$0,029 \times 1600 = 46,4 \text{ petites calories.}$$

Chaleur dégagée par la combustion de 1 gr. 107 de mazout :

$$11.446,5 - 46,4 = 11400,1 \text{ petites calories.}$$

Pouvoir calorifique supérieur :

$$\frac{11400,1 \times 1000}{1,107 \times 1000} = 10298 \text{ grandes calories.}$$

POUVOIR CALORIFIQUE SYNTHÉTIQUE.

Lorsqu'on ne possède pas de bombe calorimétrique, on peut néanmoins calculer le pouvoir calorifique d'un pétrole en connaissant sa formule d'hydrocarbure ou son pourcentage de carbone et d'hydrogène.

1^{er} Cas. — Soit un pétrole répondant à la formule éthylénique $C_n H_{2n}$, son pourcentage de carbone sera :

$$\frac{12n}{12n + 2n}$$

et celui d'hydrogène :

$$\frac{2n}{12n + 2n}$$

Le pouvoir calorifique sera donné par :

$$8200 \times \frac{12n}{12n + 2n} + 29400 \times \frac{2n}{12n + 2n}$$

En l'occurrence, il suffit simplement de se rappeler que :

$$\text{Poids atomiques } \begin{cases} C = 12 \\ H = 1 \end{cases}$$

et que :

$$\text{Pouvoirs calorifiques } \begin{cases} C = 8200 \text{ calories} \\ H = 29400 \text{ —} \end{cases}$$

2^e Cas. — Soit un pétrole roumain contenant 86% de carbone et 14% d'hydrogène, son pouvoir calorifique sera :

$$0,86 \times 8200 + 0,14 \times 29400 = 11.168 \text{ c.}$$

Les formules suivantes permettent aussi de calculer

le pouvoir calorifique d'un mazout dont on a l'analyse quantitative : *Formule de Dulong* :

$$845 \times \left(H - \frac{1}{8} O \right) + 80. C + 24 S$$

Formule de Mendeleef :

$$300 H + 81 C + 26 (S - O)$$

Formule de Sherman et Knoff :

Cette formule employée en Amérique pour les mazouts ayant une densité comprise entre 10 et 30 Baumé n'est qu'approximative.

$$\frac{5}{9} \cdot 18550 + 40 \times (\text{degrés Baumé} - 10)$$

POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR ET INFÉRIEUR.

Dans la bombe calorimétrique, la vapeur formée pendant la combustion se condense et rend sa chaleur au calorimètre ; il ne se passe pas la même chose dans un foyer de chaudière où une plus grande partie de cette vapeur s'échappe par la cheminée, et entraîne avec elle un calorique perdu pour la chauffe.

Cet état de choses nous conduit à appeler Pouvoir calorifique supérieur celui trouvé à la bombe, et Pouvoir calorifique inférieur celui réellement dégagé dans la chambre de combustion d'une chaudière.

Le pouvoir calorifique inférieur, ou pratique, est égal au pouvoir calorifique supérieur déterminé à la bombe diminué de $(53.H + 6.H^2O)$, l'hydrogène et l'eau étant exprimés en grammes contenus dans 100 grammes de mazout.

Ce nombre est égal à environ 650 calories.

$$P C_i = P C_s - 650$$

B. T. U.

L'unité de chaleur anglaise est la « British Thermal Unit » (B. T. U.), c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré Fahrenheit une livre anglaise (0k.454) d'eau prise à 39°,1, Fahrenheit (4°,C.).

$$1 \text{ calorie} = 3,968 \text{ B. T. U.}$$

$$1 \text{ B. T. U.} = 0,252 \text{ calorie.}$$

La correspondance des pouvoirs calorifiques en calories et en B. T. U. est ainsi la suivante :

$$\text{Nombre de calories} = \frac{\text{Nombre de B T U} \times 0,252}{0,454}$$

$$= \text{Nombre de B T U} \times \frac{5}{9}$$

$$\text{Nombre de B. T. U.} = \text{nombre de calories} \times 1,8.$$

MILLITHERMIE.

La loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure nous apprend que l'unité de quantité de chaleur est dorénavant la « thermie ». C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centésimal la température d'une masse de 1 tonne d'un corps dont la chaleur spécifique est égale à celle de l'eau à 15° C. sous la pression de 1,013 hectopièze (Bar), pression atmosphérique normale.

La millithermic ou grande calorie vaut $\frac{1}{1000}$ thermie.

La microthermic ou petite calorie vaut $\frac{1}{1.000.000}$ thermie.

La frigorie vaut $\frac{1}{1000}$ thermie.

Pratiquement, la microthermie équivaut à 4,18 joules ou à 0,426 kilogrammètre.

BOMBE THERMO-ÉLECTRIQUE FÉRY.

Cette bombe, dérivée de l'obus Berthelot-Mahler, est construite par la maison Beaudoin de Paris qui nous en donne la description suivante :

La bombe est un cylindre d'acier nickelé intérieurement dans lequel on peut introduire de l'oxygène à 20k. Ce cylindre est revêtu extérieurement d'une chemise en cuivre rouge ayant environ 4^m/m d'épaisseur. La conductibilité calorifique de ce métal est 6 à 7 fois plus grande que celle de l'acier et on obtient ainsi une très grande régularité dans la mesure, par suite de l'égalisation rapide de la température dans cette masse métallique bonne conductrice.

La bombe est supportée par un disque en « Constantan » soudé sur elle et soudé sur une boîte enveloppante en cuivre rouge servant d'enceinte protégeant le tout. Cette enceinte forme en outre la soudure froide de l'élément thermo-électrique constitué par le disque en constantan.

L'inflammation de l'huile (1 gramme) déposée dans la coupelle intérieure s'obtient, comme dans la bombe Mahler, en faisant rougir un petit fil métallique à l'aide d'une magnéto.

Lorsqu'on produit l'inflammation de l'échantillon, la bombe s'échauffe très rapidement et sa température s'élève de 20 à 35 degrés, suivant le pouvoir calorifique du combustible en essai.

Le point de soudure de la bombe sur le constantan devient donc le siège d'une force thermo-électrique. La

soudure du disque sur l'enveloppe extérieure n'ayant pas le temps de s'échauffer, devient la soudure froide du couple.

Un millivoltmètre est relié, d'une part à la partie basse de la bombe et d'autre part, à l'enveloppe extérieure, il donne en millivolts la valeur de la force électro-motrice développée.

L'appareil a une constante qui donne le nombre de calories correspondant à une division du millivoltmètre.

La déviation obtenue est proportionnelle aux calories dégagées dans la bombe, c'est-à-dire au pouvoir calorifique si le poids brûlé est toujours à peu près le même, soit environ 1 gramme. En effet, la bombe est soumise à trois causes de refroidissement :

1°. La conductibilité du disque de constantan, qui entraîne une quantité de chaleur par seconde proportionnelle à la différence de température entre les deux soudures du disque ;

2°. La convection ou refroidissement par les courants d'air froids qui s'établissent autour de la partie chauffée ;

3°. Le rayonnement de la bombe sur l'enveloppe qui l'entoure.

Seule de ces trois causes, la conductibilité suit une loi linéaire, c'est-à-dire proportionnelle à l'échauffement qu'il s'agit de mesurer.

Si cette cause de refroidissement existait seule, cela n'aurait pour effet que de diminuer toutes les lectures sans changer les rapports. En d'autres termes, ce facteur n'altérerait pas la proportionnalité des déviations aux quantités de chaleur.

Par suite des proportions ingénieuses adoptées par le constructeur, la perte de chaleur par la conductibilité du disque a été rendue assez grande pour qu'on puisse négliger les deux autres causes, convection et rayonnement.

L'emploi de cet appareil devient de plus en plus fréquent, et il est à croire que d'ici peu d'années, il remplacera avantageusement dans les laboratoires industriels la bombe Mahler, dont les calculs de corrections sont parfois longs, et souvent pas à la portée d'un aide de laboratoire.

EXEMPLE.

Détermination du pouvoir calorifique d'un mazout à la bombe Féry :

Poids de l'échantillon : 1,105 gramme.

Déviation initiale du millivoltmètre : 80.

Déviation finale : 970.

Déviation réelle : $970 - 80 = 890$.

Constante de l'appareil : 12,75 p. calories par division.

Chaleur dégagée : $890 \times 12,75 = 11.347$ p. calories.

Pouvoir calorifique : $\frac{11.347 \times 1000}{1,105} = 10.268$ gr. calories.

NOTA. — L'alliage « Constantan » du disque de la bombe Féry est à peu près le suivant :

Cuivre :	58 o/o.
Nickel :	41 o/o.
Manganèse :	1 o/o.

XIX

TENEUR EN SOUFRE

Deux méthodes peuvent être suivies pour la détermination de la teneur en soufre d'un mazout : celle de la lampe et celle de la bombe Mahler. La deuxième est la plus employée et aussi la plus exacte.

Il importe que dans un combustible liquide il n'y ait pas trop de soufre, de façon à éviter les corrosions du métal des tubes et tôleries des chaudières par l'acide sulfureux. Pour des chaudières à petits tubes et à chauffe intense du type torpilleur (tubuleuses : Du Temple, Normand, Tornycrof, etc...) pouvant brûler plus de deux tonnes à l'heure, on n'admet que des mazouts n'ayant pas plus de 2,5 o/o de soufre.

MÉTHODE DE LA LAMPE.

On utilise le procédé Heussler-Engler servant à déterminer le dosage du soufre du pétrole lampant, en ayant soin de mélanger intimement au mazout de l'essence qui, pratiquement, ne contient pas de soufre. On aspire les gaz brûlés dans une petite lampe et on les fait absorber par une solution de brome dans la potasse, ou le carbonate de potassium contenant de l'hypobromite de potassium. On dose l'acide sulfurique formé à l'état de sulfate de baryum.

MÉTHODE DE LA BOMBE.

En Russie, on détermine le soufre par la méthode d'Eschka ou par combustion à la bombe avec le peroxyde de sodium, d'après le procédé Lidow.

En France, on dose généralement le soufre en utilisant

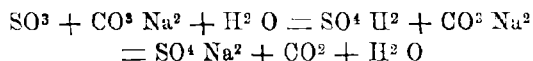
les gaz contenus dans la bombe Malher, après une détermination du pouvoir calorifique. Les deux analyses se font suite et se complètent.

EXEMPLE.

Dosage du soufre d'un mazout Américain (Mexia) :

Mis 1,023 grammes de ce mazout dans la bombe Mahler. Après l'explosion il se forme de l'anhydride sulfurique (SO^3) par suite de l'excès d'oxygène et un peu d'acide sulfurique (SO^4H^2) dû à l'eau produite dans la combustion.

Fait barboter les gaz contenus dans la bombe dans une solution de carbonate de soude (CO^3Na^2) à 4 0/0. Il se produit la réaction suivante :



Lavé la bombe après épuisement des gaz pour récupérer SO^4H^2 , et mélangé les deux solutions.

Filtré et traité le tout à la température d'ébullition par le chlorure de Baryum (BaCl^2) additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl), l'acide carbonique (CO^2) se dégage et il se produit la réaction ci-après :



Le sulfate de Baryum se précipite.

Après un repos de 12 heures, filtré sur un papier filtre dont on connaît le poids des centres : 0,00005 gr.

Séché le papier et incinéré durant une demi-heure. Pesé.

$$\text{Poids du } \text{SO}^4\text{Ba} = 0,014 \text{ gr.}$$

Le rapport connu des poids atomiques et moléculaires :

$$\frac{\text{S}}{\text{SO}^4\text{Ba}} = \frac{32}{233}$$

nous donne le poids du soufre contenu dans 1,023 gr. de mazout :

$$0,014 \times \frac{32}{233} = 0,0019227 \text{ gr.}$$

Le pourcentage du soufre est donc :

$$\frac{0,0019227 \times 100}{1,023} = 0,18 \text{ 0/0.}$$

XX

ÉCOULEMENT DU MAZOUT DANS LES PIPES-LINES

La question du calcul d'une pipe-line afférente à un mazout connu, pour un débit donné, est l'une des plus délicates dans l'art de l'ingénieur des pétroles.

Il n'existe pas de formule générale relative à l'écoulement des pétroles dans les conduites, mais une foule de formules déduites de l'expérience qui, exactes dans un cas, ne peuvent pas l'être dans un autre qui lui paraît semblable.

L'énergie fournie par une pompe à un liquide soumis à se déplacer dans une conduite est en partie absorbée :

1°. Par les *frottements* dus au contact des molécules liquides les unes sur les autres et sur les parois de la conduite ; ce dernier frottement étant de beaucoup moins important que l'autre ;

2°. Par les *mouvements de convection* ou tourbillonnaires, dus aux irrégularités de l'écoulement ;

De ce fait, le liquide subit *une perte de charge totale* que l'on exprime généralement en mètres d'eau (une hauteur exacte de 10 m. représentant une pression de 1 kg par cm²) et qui est égale à la somme de la *pression statique* avec son signe d'après la différence des niveaux extrêmes et de la *perte de charge due au frottement*, toujours exprimée en mètres d'eau.

THÉORIE GÉNÉRALE DE LA RÉSISTANCE À L'ÉCOULEMENT D'UN LIQUIDE.

Nous savons qu'en hydrodynamique tout liquide qui s'écoule verticalement sans frottement (dans le vide et sans paroi) est régi par la loi théorique des vitesses :

$$V = \sqrt{2gH}$$

où V est la vitesse moyenne en mètres-seconde. H la hauteur de chute et g la gravité du lieu.

On tire :

$$H = \frac{V^2}{2g}$$

Il est facile de comprendre que si nous forçons ce liquide à passer dans une conduite horizontale de longueur L et de diamètre D, la *résistance h* à l'écoulement exprimée en mètres d'eau de chute sera :

- 1° Proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement ;
- 2° Proportionnelle à la longueur de la conduite L ;

3° Inversement proportionnelle à son diamètre D ;

4° Proportionnelle à un coefficient α dépendant du frottement du liquide sur lui-même (viscosité) ;

5° Proportionnelle à un coefficient β dépendant de la nature de la conduite (coudes, incrustations, mouvements de convection, etc...) ;

6° Proportionnelle à la densité d du liquide.

$$\text{Donc : (1) } h = \alpha \cdot \beta \frac{L V^2}{D} \cdot d$$

Q étant le débit en mètres-cubes-seconde on a :

$$(2) \quad Q = \pi \frac{D^2 V}{4} \quad \text{d'où } V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

la résistance à l'écoulement h, ou perte de charge due aux frottements, s'exprime par la formule générale suivante :

$$(3) \quad h = \alpha \cdot \beta \frac{L \cdot Q^2}{D^5} \times \frac{16}{\pi^2} \times d$$

et le débit Q :

$$(4) \quad Q = \sqrt{\frac{1}{\alpha \cdot \beta}} \times \sqrt{\frac{h}{L} \cdot D^5} \times \frac{\pi}{4} \times \sqrt{\frac{1}{d}}$$

Tout le problème de l'écoulement des pétroles dans une conduite revient à déterminer α et β (ou mieux encore le coefficient $k = \alpha \beta$) pour connaître la perte de charge due aux frottements dans une conduite dont on connaît la longueur, le diamètre intérieur et le débit.

PUISSANCE DE LA POMPE.

La puissance d'une pompe refoulant dans une pipeline est fonction du débit Q de la conduite à la seconde, exprimé en kilos, et de la perte de charge h en mètres d'eau, provenant de la résistance éprouvée par le liquide pour passer dans la canalisation.

Le rendement moteur-pompe étant pris à 0,60, la puissance du moteur à vapeur ou Diesel sera en kilogrammètres :

$$\frac{Q \times (h \pm \text{différence d'altitude})}{0,60}$$

et en chevaux-vapeur :

$$\frac{Q \times (h \pm \text{différence d'altitude})}{0,60 \times 75}$$

ÉCOULEMENT DES PÉTROLES EN GÉNÉRAL.

En général l'écoulement des pétroles dans une con-

duite peut se diviser en deux cas suivant que ces pétroles sont légers ou visqueux :

1^o. PÉTROLES LEGERS.

C'est le cas des essences, des lampants et même des gas-oils.

Il est assimilable à celui de l'eau, et les formules de l'hydrodynamique (Darcy, Reynold, Prony, Dubuat, Dupuit, Flamant, Geslain, Kutter, etc...) lui sont, *grosso-modo* applicables.

Toutefois, la formule de Darcy, donnée ci-dessous paraît-êtré la plus exacte.

FORMULE DE DARCY.

$$h = d L Q^2 \left[\frac{0,001613}{D^5} + \frac{0,0000419}{D^6} \right]$$

où h est la perte de charge en mètres d'eau, D le diamètre en mètres, d densité du liquide, L la longueur en mètres et Q le débit en m³-seconde. La formule de Darcy est souvent mise sous les formes les plus diverses. Voici une autre expression de la perte de charge et du débit :

$$h = 6,487 K \cdot \frac{L Q^2}{D^5} \times d$$

et

$$Q = 0,392 \sqrt{\frac{1}{K}} \times \sqrt{\frac{h}{L} \cdot D^5} \times \sqrt{\frac{1}{d}}$$

Les mouvements tourbillonnaires étant fonction du diamètre, le coefficient K est donné par la loi de variation:

$$K = 0,000507 - \frac{0,00001294}{D}$$

Suivant le degré d'incrustation des tuyaux la perte de charge peut varier du simple au double du résultat donné par la formule.

Toutefois, on constate qu'après un certain temps les aspérités des tuyaux incrustés par un liquide autre que les pétroles ou les huiles disparaissent en partie à l'usage de ces derniers, soit par usure ou par entraînement.

FORMULES DE REYNOLDS.

$$h = 0,00108 \cdot \frac{L Q^{1,80}}{D^{4,80}} \times d$$

pour des parois lisses, et

$$h = 0,00355 \cdot \frac{L Q^2}{D^5} \times d$$

pour des parois incrustées.

2°. PETROLES VISQUEUX.

C'est le cas des bruts, des mazouts et des huiles, qui ne peut être assimilable à celui de l'eau.

FORMULE DE BEEBY-THOMPSON.

Dans « Oil Field Developpement », Beeby-Thompson nous donne la formule suivante qui est employée en Amérique pour les pipes-lines de 2 à 8 pouces.

Son travail est un des plus intéressants car il a eu le courage, à l'inverse de beaucoup d'autres auteurs de formules, de nous donner des abaques très explicites, où l'on peut choisir le diamètre de tube le plus convenable à un débit donné, et en déduire presque toutes les inconnues du problème.

$$h = 4 \mu \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \cdot d$$

h : perte de charge en pieds d'eau.

L et D : longueur et diamètre de la conduite en pieds.

V : vitesse en pieds-seconde.

μ : coefficient variant avec la viscosité du liquide.

d : densité du liquide.

Pour l'eau et les pétroles légers $\mu = 0,0075$, mais μ varie de 0,0075 pour les pétroles légers à $6 \times 0,0075 = 0,0450$ pour les pétroles très visqueux et les huiles asphaltiques.

QUELQUES VALEURS DE μ

PAYS	NATURE DE L'HUILE	DIAMÈTRE DE LA PIPE	LONGUEUR	TEMP ^{re} DE L'HUILE	VALEUR DE μ
Roumanie.	huile brut à 0,820	3"	14 milles	—	0,0042
—	paraffineuse	—	—	—	0,01
	0,850	3" et 4" en surface	4" 28.100 pieds 3" 1 800 -	temp chaud	0,0038
Californie.	0,900	—	—	70° F	0,0147
—	0,880	—	—	—	0,0095
Oklahoma.	0,855	3" en tranchée	44.800 pieds	70° - 75° F	0,0089
Birmanie.	paraffineuse	—	—	—	0,011

Etant donné le peu de relation qui existe parfois entre μ et la viscosité du liquide refroidi, les Américains réchauffent souvent celui-ci au départ.

FORMULE DE POISEUILLE.

Cette formule, appliquée dans des expériences ordonnées par l'Amirauté Anglaise en 1915 et effectuées par « The National Physical Laboratory », a donné des résultats satisfaisants.

C'est une vieille formule qui, comme nous l'avons dit dans l'étude de la viscosité, résulte d'essais faits par Poiseuille sur la circulation des liquides dans les tubes capillaires.

Son expression dans le système C. G. S. est :

$$h = d. \left[40. \frac{L. Q}{D^5} . a \right]$$

h : perte de charge en dynes par cm^2 .

L : longueur de la conduite en centimètres.

D : diamètre intérieur en centimètres.

d : densité.

a : viscosité absolue du liquide en poises.

Q : débit en cm^3 -seconde.

Nous rappelons que la viscosité absolue, exprimée en poises, est donnée en fonction du degré Engler E par :

$$a = d. \left(0,073185 E - \frac{0,0631}{E} \right)$$

Pour exprimer la perte de charge en kilos par cm^2 , il suffira de se rappeler que la dyne est égale à :

$$\frac{1 \text{ gramme}}{981} = 0,00101937 \text{ gramme.}$$

FORMULE ROUMAINE.

A la construction de la pipe-line *Baïcoi-Constantza*, les ingénieurs roumains établirent la loi suivante qui, comme nous le verrons plus loin, n'est pas rigoureusement exacte.

« Les débits des huiles qui s'écoulent dans une conduite sont en raison inverse des degrés Engler de viscosité. »

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{E'}{E}$$

Ceci les conduisit à la formule :

$$Q = \frac{19,9}{E} \sqrt{\frac{h}{L}} . D^5$$

Q : débit en litres par minute.

D : diamètre de la conduite en centimètres.

h : perte de charge totale en mètres = perte de charge statique + perte de charge due aux frottements.

L : longueur en mètres.

E : degré de viscosité Engler.

Cette formule fournit des résultats assez exacts sur une conduite de 5 pouces transportant des lampants raffinés de densité 0,820 et de viscosité 1,3, et sur une autre conduite de 9 pouces transportant des pétroles bruts de densité 0,885 et de viscosité 1,8.

FORMULE DE M. D..., ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées :

$$Q = k \cdot \frac{h}{L} D^{3,6}$$

dans laquelle :

Q : débit en litres-secondes.

h : perte de charge totale en mètres.

L : longueur de la conduite en mètres.

D : diamètre en décimètres.

k : coefficient variable avec le liquide.

Cette formule fut appliquée en 1910 à une pipe-line longue de 600 mètres et devant débiter 50 tonnes de mazout russe à l'heure. Ce mazout avait une densité de 0,950/960 à 15° et une fluidité Barbey de 8 à 15°.

Le coefficient k fut trouvé égal à 12 à la température de 7°. La loi semble rester exacte pour des diamètres variant de 20 à 150^{m/m}. Au-dessus de 150^{m/m}, et par suite des mouvements de convection, l'exposant 3,6 s'abaisse jusqu'à 5/2 environ.

FORMULES DE M. GUISELIN.

D'après M. Guiselin, ex-secrétaire général du Comité Général des Pétroles, l'écoulement des huiles dans les pipes-lines est soumis aux lois et formules suivantes qu'il a déduites d'expériences :

1°. Les pertes de charge croissent dans le même sens que la viscosité ;

2°. Les rapports entre les pertes de charge de l'huile et de l'eau dans une même conduite varient à peu près proportionnellement avec la viscosité Engler, et non proportionnellement au carré de cette viscosité comme le fait ressortir la formule Roumaine.

3°. Les débits de l'huile et de l'eau dans une même conduite varient avec les viscosités, mais pas dans le rapport donné par la formule Roumaine : $\frac{Q}{Q'} = \frac{E'}{E}$

a) Formule donnant la perte de charge dans une conduite de 5 pouces de diamètre :

$$h' = E \cdot \left(1 + \frac{E}{50} \right) \cdot h$$

h' : perte de charge due au débit Q d'huile dans la conduite.

h : perte de charge due au débit Q d'eau dans la conduite calculé par la formule de Darcy.

E : viscosité Engler.

b) Formule donnant le débit dans une conduite de 5" de diamètre :

$$Q' = Q \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{E}{5}} \right)$$

Q' : débit d'huile dans la conduite sous une pression P .

Q : débit d'eau dans la conduite sous une pression P calculée par la formule de Darcy.

c) Tableau de correspondance.

VISCOSITÉ ENGLER	DEBIT DE LA CONDUITE DE 5" EN RÉSIDUS	SOUS UNE PRESSION
1	1	1
2	1	1,40
3	1	1,60
25	1	6,50
30	1	7,00

NOTA. — Dans l'application de la formule de Darcy, M. Guiselin préconise de multiplier les résultats obtenus par 0,70.

CONCLUSION.

De cette petite étude sur diverses formules relatives à l'établissement des pipes-lines nous sommes amenés à préconiser :

1°. L'emploi de la formule de Darcy (donnée en premier lieu, pour les pétroles légers et les diamètres compris entre 100 et 250^{m/m} ;

2°. L'emploi de la formule Roumaine pour les pétroles dont la viscosité est inférieure à 1,5 Engler à la température ambiante ;

3°. L'emploi de la formule de M. Guiselin pour les

huiles dont la viscosité est supérieure à 1,5 Engler à la température ambiante ;

4°. L'emploi de la formule de M. D... pour les mazouts de 0,950 de densité environ et 8 Barbey à 15° ;

5°. Et enfin d'une façon générale l'emploi de la formule de Poiseuille pour tous les mazouts.

INSTALLATION.

Dans le calcul d'une installation d'une pipe-line et de ses stations de pompages, il convient de laisser une grande marge à la pression de refoulement et à la puissance des pompes devant donner un débit initial prévu, car il faut tenir compte des incrustations qui peuvent être engendrées par des produits sulfureux ou salés, et de la variété des produits paraffineux que l'on peut être appelé à refouler.

Les tubes sont toujours fabriqués en acier étiré sans soudure et essayés à une pression double de la pression de régime ; leur diamètre varie de 2 à 12 pouces (50 à 300^{m/m}) et leurs bouts sont filetés extérieurement.

Ils sont reliés par des manchons filetés enduits de cêruse, à 8 filets par pouce.

On les recouvre d'une couche de bitumastic protectrice contre la rouille, puis on les enfouit dans une tranchée de 0^m40 à 0^m60 de profondeur en leur faisant suivre de préférence les grandes voies de communication.

Lorsque les terrains sont marécageux ou de nature salifère, comme ceux que traverse une partie de la pipe-line Bakou-Batoum, les conduites sont maintenues en surface par des supports en bois de forme trapézoïdale.

La viscosité du liquide est diminuée, et par suite le débit augmenté, lorsqu'on le réchauffe, soit avant l'admission soit en cours de route, par des serpentins de vapeur ou un dispositif électrique. C'est ce que l'on fait généralement en Californie (de 120° à 37°).

Dans ce même pays, on a essayé des tuyaux portant intérieurement des rainures hélicoïdales. Ces rainures imprimaient un mouvement giratoire à un mélange de mazout et d'eau, l'eau était projetée à la périphérie et l'on réalisait un glissement rapide du mazout sur l'eau. Le coût élevé de ces tuyaux les fit abandonner.

En palier, et tous les 50 ou 60 kilomètres, on établit des stations de pompage intermédiaires comprenant un certain nombre de réservoirs pouvant servir de volant en cas d'avarie d'un tronçon.

On emploie parfois pour le nettoyage intérieur des conduites un petit appareil automatique qui comporte des brosses en fil d'acier, et qui se déplace à la vitesse d'un homme à pied (3 milles à l'heure) le surveillant, grâce au bruit de raclage qu'il émet.

Cet appareil s'appelle le Go-devil (va au diable).

Sur les grandes installations, les pompes sont en général du système Compound, à deux phases de compression, mues par des moteurs Diesel, ou des moteurs à vapeur avec chaudières chauffant au mazout.

A distance fixe des vannes, à flasques bien dégagées, permettant de sectionner la conduite en cas d'avaries ou de réparation. Elles sont enfermées dans des caisses cadenassées pour éviter les vols de liquide par desserrage du presse-étoupe.

EXEMPLE DE CALCUL DE PIPE-LINE.

Prenons comme exemple un tronçon de la pipe-line Bakou-Batoum entre deux de ses stations : Bakou-Centrale et Djouvani :

Distance entre les deux stations : 55 kilomètres.

Altitude de Bakou-Centrale : — 21^m75. } (1)
 Altitude de Djouvani : — 11^m40. }

Pression de refoulement de deux groupes de pompes en avril 1920 : 28 kilos.

Débit de deux groupes de pompes à l'heure en avril 1920 : 104 tonnes 832 de Kérosène à 0,820, soit 0m^c035 à la seconde.

Diamètre de la conduite : 203^m/m.

Appliquons à ce cas la formule de Darcy :

$$h = d. L. Q^2 \left[\frac{0,001643}{D^5} + \frac{0,0000419}{D^6} \right]$$

La perte de charge due aux frottements sera :

$$h = 0,820 \times 55,000 \times 0,035^2 \left[\frac{0,001643}{0,203^5} + \frac{0,0000419}{0,203^6} \right]$$

$$h = 299 \text{ mètres.}$$

La perte de charge totale est :

$$299^m + 10^m35 = 309^m35.$$

Ce qui correspond à une pression de 30k,9 par centimètre-carré. Le résultat, plus fort de 3k sur la pression réelle, est très acceptable, il nous montre dans ce cas la bonne utilisation de la formule de Darcy.

Proposons-nous maintenant de faire refouler du mazout dans cette conduite, construite pour transporter du kérosène, et calculons quel sera le débit correspondant à la pression de refoulement de 30k que nous considérons comme une moyenne pour le tuyautage (c'était le cas de cette pipe-line en 1920).

(1) Nombres négatifs. — Les altitudes sont prises par rapport au niveau de la Mer Noire.

La perte de charge due aux frottements sera de :

$$300^m - 10^m 35 \quad 289^m 65, \text{ soit } 29 \text{ k par cm}^2.$$

Appliquons la formule de Poiseuille :

$$h - d. \left[40 \frac{L \cdot Q}{D^4} \cdot a \right]$$

à un mazout russe ayant les caractéristiques suivantes :

$$d \text{ } 15^\circ = 0,910$$

$$\text{Viscosité Engler à } 15^\circ = 30$$

Cette viscosité Engler correspond à une viscosité absolue :

$$a = 0,910 \left(0,07318 \times 30 - \frac{0,0631}{30} \right) = 1,9959 \text{ poise.}$$

La formule exprimée en unités C. G. S. devient :

$$29000 \times 981 = 0,910 \times 40 \times \frac{5.500.000 \times Q}{20,3^4} \times 1,9959$$

d'où l'on tire :

$$Q = 12,065,8 \text{ centimètres-cubes-seconde.}$$

ou $0^m 3,0120658 \times 3600 \times 0,910 = 39$ tonnes 500 de mazout à l'heure à la température de 15° C.

XXI

COMBUSTION

Huit facteurs importants règlent la bonne combustion d'un mazout dans une chaudière.

De leur étude dépendra l'utilisation rationnelle d'un combustible liquide, et le degré de fumivorté exigé tout particulièrement sur les navires de guerre.

On trouvera ci après quelques données succinctes sur chaque facteur de combustion.

1°. **QUANTITE D'AIR.** — C'est la quantité d'air en mètres-cubes nécessaire à la combustion, à faire débiter par les ventilateurs de chauffe par kilogramme de combustible brûlé et sous une pression donnée.

Quand il y a manque d'air, de l'oxyde de carbone (C^o) non brûlé s'échappe par la cheminée et il y a perte. Lorsqu'au contraire l'air est en excès, il refroidit les surfaces de chauffe et il y a aussi perte.

Il importe donc de régler exactement le débit correspondant au combustible et, toutes les fois qu'il sera pos-

sible de le faire, d'installer un dispositif du genre « Howden » pour réchauffer l'air comburant.

L'analyse des gaz prélevés à la cheminée devra indiquer à l'appareil d'Orsat un manque ou, tout au moins, une proportion très faible d'hydrogène (H), d'oxyde de carbone (C^o) et de carbures d'hydrogène (méthane (CH⁴) et autres), et des proportions convenables d'acide carbonique (CO²), d'oxygène (O²) et d'azote (Az²).

Dans de bonnes conditions de fonctionnement, la proportion d'acide carbonique doit être comprise entre 12 et 15^o/_o, celle d'oxygène au maximum 6^o/_o et celle d'oxyde de carbone nulle.

Nous savons que pour brûler 1 kilo de charbon, il faut théoriquement 11 kilos d'air, soit 8m³97 et pratiquement 15m³. Pour le mazout, la quantité d'air nécessaire est encore plus grande.

Considérons le mazout Roumain suivant :

$$C = 0,86$$

$$H = 0,12$$

$$O = 0,02$$

Pour brûler 1 k d'hydrogène, il faut 8 k d'oxygène, et pour brûler 1 k de carbone il en faut 2 k 6, donc la combustion d'un kilo de notre mazout exigera :

$$0,12 \times 8 + 0,86 \times 2,6 = 3 \text{ k. } 196 \text{ d'oxygène.}$$

Dans 100 k d'air à 0/760 il y a 23 k d'oxygène, et les 3 k.196 d'oxygène correspondront à :

$$\frac{100 \times 3,196}{23} = 13 \text{ k } 895 \text{ d'air.}$$

ou

$$\frac{13,895}{1,293} = 10 \text{ m}^3 \text{ } 74 \text{ d'air.}$$

Donc théoriquement 11m³ d'air suffiraient pour brûler ce mazout, mais, comme dans la combustion au charbon, la pratique de la chauffe nous montre qu'il faudra beaucoup plus d'air et en moyenne 25m³ par kg de mazout.

2^o. **PRESSION D'AIR.** — La pression de l'air fourni par les ventilateurs est fonction, pour le débit indiqué plus haut, des sections d'entrée d'air dans les chaudières par les lanternes. Elle variera donc suivant le type de chaudière, et suivant l'allure de combustion, et sera indiquée en millimètres d'eau par des manomètres.

Certaines chaudières de torpilleurs de escadre demandent des pressions d'air de 210^m/_m à grande vitesse, tandis que d'autres à section d'entrée plus grande, se contentent de 110^m/_m.

Nous voyons ainsi que la puissance d'un ventilateur

de chauffe doit s'exprimer par un débit d'air sous une pression donnée. Ainsi, une des deux chaufferies d'un torpilleur se composant de deux chaudières à 9 brûleurs chacune, et marchant à toute allure à 250 kg de mazout par brûleur et par heure, devra être desservie par deux ventilateurs débitant en tout :

$$\frac{250 \times 18}{60} \times 25 = 1875 \text{ m}^3 \text{ d'air par minute.}$$

sous une pression de $140^{\text{m/m}}$.

Et, de façon à tenir compte des pertes d'air et des pertes de puissance à l'usage, on prévoira un excès de débit de 10% et deux ventilateurs refoulant chacun 1000 m^3 d'air par minute sous $140^{\text{m/m}}$ de pression.

L'ignorance du facteur pression d'air a fait commettre des erreurs et placer des ventilateurs trop faibles sur les premiers torpilleurs chauffant au mazout.

3°. **RAPPORT** $\frac{V}{S}$ — Le rapport $\frac{V}{S}$ du volume de la chambre de combustion, en m^3 , à la surface de chauffe mouillée, en m^2 , doit être constant. $\frac{V}{S} = k$. Autrement dit si dans la construction d'une chaudière on se donne une surface de chauffe mouillée, il importera de lui adjoindre une chambre de combustion d'un volume $V = S \times k$ pour que la combustion soit parfaite dans la dite chambre, et ne donne pas lieu à des températures exagérées dans la cheminée, où à des vibrations compromettant la bonne tenue des briques et provenant d'extinctions et de réinflammations rapides et successives.

Les rapports les plus convenables se maintiennent entre 0,025 et 0,030.

En voici quelques-uns :

Torpilleur « <i>Bory</i> »	0,019
— « <i>Casque</i> »	0,021
« <i>Aquila</i> »	0,038
Usine d'essais de Toulon.	0,026
Torpilleurs ex-allemands. $\frac{30 \text{ m}^3}{1200 \text{ m}^2} =$	0,025.

4°. PULVERISATION.

La bonne pulvérisation du mazout par les brûleurs exige de ceux-ci des conduits en bon état d'entretien, et du mazout, une fluidité convenable. Cette fluidité est fonction de la température de réchauffage qui doit être,

elle-même, limitée dans les installations où la crainte de l'incendie est un facteur important ; ceci est le cas des bâtiments des marines de guerre et du commerce.

Comme nous l'avons dit dans un paragraphe précédent, la fluidité à donner à un mazout à la sortie du brûleur doit être de 82 Barbey (8 Engler) environ, et correspondre à une température de réchauffage qui, prise à l'arrivée sur le brûleur, ne doit pas être supérieure à 10 ou 15° en moins du point d'éclair.

Lorsqu'il n'y a pas de crainte de propagation d'incendie, il y a lieu de pousser la limite de pulvérisation jusqu'à la gazéification du mazout par un réchauffage adéquat. Toutefois si l'on construit une courbe des débits d'un brûleur en fonction de la fluidité du mazout, on observe un palier qui correspond à une fluidité, et par suite à une température, à partir de laquelle le débit cessera de croître et commencera à décroître lentement.

Dans l'emploi d'un brûleur à pulvérisation mécanique, on constate que celle-ci devient mauvaise lorsque la pression de refoulement tombe au-dessous de 5 k., tandis qu'elle va en s'améliorant de 5 à 12 k.

5°. MELANGÉ AIR ET MAZOUT.

Le mélange intime air et mazout pulvérisé est obtenu en donnant à l'air, à l'entrée de la lanterne, un mouvement giratoire en sens inverse de celui du mazout, et en réglant convenablement la nappe conique de projection.

Celle-ci devra tangenter la périphérie du briquetage de la façade, de façon à forcer tout l'air comburant à la traverser.

Il importe aussi de fermer l'arrivée d'air sur les lanternes qui ne sont pas en fonction, et de répartir symétriquement sur la chaudière les brûleurs allumés.

6°. LIMITES DE COMBUSTION.

La combustion par m³ de chambre de combustion devra être comprise entre 200 k. et 300 k. de mazout, soit de 5 k. à 7 k. 5 par m² de surface de chauffe pour un rapport

$$\frac{V}{S} = 0,025.$$

Ces limites sont celles correspondant à une chauffe rationnelle.

7°. TEMPERATURE ET COMPOSITION DES GAZ BRULÉS.

La température se mesure à l'aide d'un pyromètre à couple nickel, nickel-chrome à la base de la cheminée, et ne doit généralement pas excéder 300°.

La composition des gaz brûlés est obtenue à l'aide de l'analyseur d'Orsat-Demichel.

La combustion parfaite de 1 k. de charbon donne :

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO}^2. \quad . \quad . \quad . \quad 3 \text{ k. } 6 \\ \text{Az} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 8 \text{ k. } 9 \end{array} \right\} 12 \text{ k. } 5 \text{ de gaz.}$$

Celle de 1 k. de mazout :

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO}^2. \quad . \quad . \quad . \quad 3 \text{ k.} \\ \text{Az} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 11 \text{ k.} \\ \text{H}^2\text{O.} \quad . \quad . \quad . \quad 1 \text{ k.} \end{array} \right\} 15 \text{ k. de gaz.}$$

La chaleur spécifique des gaz étant de $0^{\circ},24$, et si les gaz brûlés sortent de la cheminée à une température de 300° , la perte de chaleur sera pour un «fuel Oil A» de 10.600 calories de pouvoir calorifique :

$$\frac{0,24 \times 300^{\circ} \times 15 \text{ k.}}{10600} = 10 \text{ } \%$$

de la chaleur dégagée dans la chaudière.

8°. POUVOIR VAPORISATEUR.

C'est la quantité d'eau vaporisée, dans une chaudière d'un type donné, par la combustion d'un kilo de mazout.

Nous donnons les chiffres suivants à titre d'indication et de moyennes :

Charbon	{	Chaudière Belleville	}	8 k. 100
1 k.		type Marine (eau à 13°)		
Mazout.	{	Chaudière du Temple	}	10 k. 750
1 k.		de torpilleur d'escadre (eau à 13°)		

XXII

CHAUFFE AU MAZOUT

Il y a diverses façons de brûler du mazout dans une chaudière ou dans un foyer suivant le genre d'installation que ceux-ci sont appelés à desservir. Nous énumérons ci-dessous les principales :

1°. *Par simple écoulement dans le foyer.* — Une caisse en charge laisse écouler du mazout par un ajustage précédé d'un robinet de réglage. C'est le cas des installations de chauffage des foyers domestiques et des cheminées au Caucase. Cette application est très limitée.

2°. *Par gazéification.* — Le mazout réchauffé bien

au-dessus de son point d'éclair arrive à l'état de gaz aux brûleurs de la chaudière.

Ce système qui procure une bonne combustion et permet un parfait mélange du comburant et du combustible a l'inconvénient d'occasionner des dépôts de coke dans les conduits et dans les brûleurs. De plus, une rupture de joint ou de tuyautage peut occasionner un incendie dans une installation fermée.

3°. *Par brûleur à pulvérisation à l'air comprimé.*

4°. *Par brûleur à pulvérisation à la vapeur.* — Ces deux systèmes de chauffe donnent des résultats satisfaisants dans les installations terrestres où les deux fluides pulvérisateurs peuvent être dépensés à bas prix.

La pulvérisation à la vapeur se fait de préférence à la vapeur surchauffée, et son apport de calories et d'oxygène est un facteur appréciable de bonne combustion ; aussi tend-elle de plus en plus à remplacer la pulvérisation à l'air comprimé.

5°. *Par brûleur à pulvérisation mécanique.* — Presque uniquement employé sur les navires, ce genre de pulvérisation s'obtient en refoulant sous pression du mazout réchauffé dans un brûleur où le combustible prend un mouvement giratoire et est, pour ainsi dire, « atomisé ».

Ce mouvement giratoire est obtenu dans la partie extrême du brûleur à l'aide de conduits hélicoïdaux, ou de conduits tous tangents à une circonférence.

Le fini et le bon état d'entretien des conduits, ajutages et cônes de projection, influent beaucoup sur l'allure de la pulvérisation.

XXIII

INSTALLATION DE LA CHAUFFE AU MAZOUT D'UNE CHAUDIÈRE MARINE

Elle comprend, dans ses lignes générales, un brûleur d'allumage spécial où le mazout, refoulé par une petite pompe à bras, passe dans un serpentín fixé au brûleur et est réchauffé par des bouchons d'étoupe incandescents imbibés de pétrole et placés, au-dessous, dans une gouttière. L'auto-réchauffage après inflammation est produit par le jet de mazout pulvérisé léchant le serpentín.

Lorsque la pression de la chaudière est suffisante pour mettre en marche la pompe à mazout, on fait aspirer celle-ci aux soutes par un jeu de deux filtres d'aspiration,

et après avoir fait passer le mazout dans une caisse de décantation.

Les pompes à mazout sont à allure lente, généralement du type Worthington vertical, elles sont munies de soupapes de retour et de cloches à air sur l'aspiration et le refoulement, ceci pour régulariser la pression d'arrivée aux brûleurs et éviter les pulsations nuisibles à la bonne pulvérisation.

Le mazout refoulé par la pompe passe dans un réchauffeur à vapeur à tubes droits ou à serpentins où il prend une température légèrement supérieure à celle correspondant à la fluidité critique (82 Barbey = 8 Engler).

Il passe ensuite dans deux filtres de refoulement, visibles en marche, et est dirigé sur la colonne de distribution des brûleurs placée au-dessus des lanternes. Cette colonne possède autant de soupapes d'admission qu'il y a de brûleurs, elle est munie d'un thermomètre.

Certains brûleurs (Du Temple), sont pourvus de filtres supplémentaires.

Un dispositif spécial de pompe à air permet de charger la cloche de refoulement tandis qu'un by-pass assure le passage du mazout pendant la manœuvre.

L'air refoulé par les ventilateurs de chauffe pénètre dans la chaudière par des orifices réglables sur la lanterne et prend un mouvement giratoire en sens inverse de celui du mazout.

Cet air peut être refoulé directement dans la chaudière ou, mieux encore, être réchauffé et amené aux lanternes par des conduits de grande section.

La chambre de combustion est revêtue sur cinq faces de briques extra-réfractaires pouvant résister à des températures de 1500 et même 2000° (à base de kaolin). Les intervalles entre briques sont suffisants pour la dilatation de celles-ci, et bourrés d'amiante.

XXIV

DIFFÉRENTS TYPES DE BRÛLEURS

Nous nous contenterons de donner une liste des différentes marques de brûleurs et de leurs usages, en renvoyant pour leur description aux deux ouvrages types : « *Le Pétrole, son Utilisation comme Combustible* », de M. Masméjean, et « *Combustibles Industriels* » de MM. Colomer et Lordier.

BRULEURS POUR FORGES ET FOURS.

- Brûleur Brandt, à pulvérisation à la vapeur.
 — Loy et Aubé, à pulvérisation à l'air comprimé.
 — Kœrting, à gazéification pour four Martin-Siemens
 — Oméga, à air soufflé.
 — Minne, à l'air comprimé.

BRULEURS POUR LOCOMOTIVES ET LOCOMOBILES.

Walsend-Howden, ancien et nouveau modèle à pulvérisation à la vapeur.

Appareils Russes: Urghardt, à la vapeur.

- | | | |
|-----------------|--------------------------|---|
| — | Riasan-Oural, | — |
| — | Karapetof | — |
| — | Fvardofski, | — |
| — | Artenef, | — |
| — | Lenz, | — |
| En France : | Santenard. | |
| — | Véillard-Scherding. | |
| — | Système Seigle. | |
| En Angleterre : | Holden. | |
| — | Taite et Carlton. | |
| — | Clarkson. | |
| En Amérique : | Booth. | |
| — | Lundholm. | |
| — | Baldwin Locomotive Work. | |
| En Allemagne : | Kœrting. | |

BRULEURS POUR CHAUDIÈRES FIXES.

1°. Brûleurs à pulvérisation à la vapeur :

- Urghard.
- Holden.
- Rusden-Eeles
- Ordes
- Dragu.
- Lassoe.
- Cuniberti.
- Cosmovici.
- Oméga.
- Sherding.
- Du Temple type C.
- Wolff.
- Major Scia.
- Williams.
- Issaïef.
- Bereznef.

2°. Brûleurs à pulvérisation à l'air comprimé :

- Lapusméanu.
- Best.

Belleville.
Curle's.

- 3°. Brûleurs à pulvérisation complexe :
Scientific.
4°. Brûleurs à pétrole gazéifié :
Durr.
5°. Brûleurs à pulvérisation mécanique :

En général, tous les brûleurs employés dans les chaudières marines et que nous allons citer ci-après.

BRULEURS POUR CHAUDIERES MARINES A PULVERISATION MECANIQUE :

Du Temple, types A et B.
Forges et Chantiers de la Méditerranée.
Kermode.
Normand.
Niclausse.
Kærting.
Valsend-Howden.
Swenson.
Thornycroff.
Thompson.
Etc...

XXV

**QUELQUES UNES
DES RÉCENTES INSTALLATIONS
DE CHAUFFE AU MAZOUT
SUR LES NAVIRES**

MARINE DE GUERRE.

Les avisos « *Dunkerque* », « *Verdun* », « *Reims* » et « *Châlons* », ont été munis du chauffage au pétrole système « Du Temple », par les Chantiers et Ateliers de la Gironde. Le type de pulvérisation employé est celui de la pulvérisation mécanique par brûleur modèle A « Du Temple ».

Le type des chaudières tubuleuses « Du Temple » à chambre de combustion développée se prête particulièrement bien à la chauffe au pétrole.

ESSAI OFFICIEL DE PUISSANCE D'UN DE CES AVISOS :

Type des chaudières : « Du Temple ».
Nombre de chaudières 2.
Timbre des chaudières : 17 k.

Surface de chauffe non mouillée : 300m².
 Surface de chauffe directe : 13m²80.
 Diamètres et nombre des tubes jointifs du foyer : 136 de 30 × 36^{m/m}.
 Diamètres et nombre des tubes ordinaires : 1288 de 25 × 30^{m/m}.
 Nombre de brûleurs : 7 par chaudières.
 Débit horaire d'un brûleur : 238 k.
 Débit maximum des 14 brûleurs simultanément en fonction : 3332 k.
 Taux de combustion maximum de mazout par m² de surface de chauffe mouillée : 6 k.640.
 Pression d'air : 167^{m/m}.
 Pression de refoulement de mazout : 8 k.500.
 Température extérieure : 12°.
 Température de la chaufferie : 25°.
 Température de l'eau d'alimentation : 34°5.
 Température du mazout : 92°.
 Qualité du mazout : ordinaire.
 Densité du mazout : 0,910.
 Consommation par mille : 163 k.667.

MARINE MARCHANDE.

Les navires pétroliers de 10.250 tonnes, devant entrer en service incessamment, sont munis de 4 chaudières cylindriques à retour de flamme à 3 foyers chacune. Elles sont disposées pour marcher au tirage forcé Howden et peuvent, en outre, être chauffées soit au charbon, soit au pétrole ; leur surface de chauffe totale est de 740m² et la puissance des machines auxquelles elles doivent fournir de la vapeur est de 3500 chevaux.

Les brûleurs adaptés sur une porte spéciale du Gueulard Howden sont du type B « Du Temple » à basse pression (5 k.).

Le passage de la chauffe au charbon à la chauffe au pétrole peut se faire assez rapidement.

PAQUEBOT « PARIS ».

Voici, d'après le Bureau Véritas, quelques données sur le paquebot « Paris », de la Compagnie Générale Transatlantique, chauffant au mazout, et récemment mis au service.

Ce paquebot possède 15 chaudières cylindriques à retour de flamme, doubles façades et 4 foyers par façade chauffant au mazout avec le système à tirage forcé et air chaud « Wallsend-Howden ».

Le nombre total des brûleurs est de 120, leur axe est dans le prolongement de celui des foyers.

Le timbre des chaudières est de 15 k. et la surface de chauffe totale 9070m².

La pression de refoulement du mazout allant de 1 k. 500 à 10 k., peut faire varier le débit horaire d'un brûleur de 25 à 300 k.

Le débit horaire maximum d'un groupe pompe-réchauffeur d'une rue de chauffe à 12 brûleurs est de 5 tonnes de mazout.

Le nombre de soutes latérales, transversales, doubles fonds et caisses de décantation s'élève à 48 pouvant emmagasiner un approvisionnement de 6600 tonnes.

ESSAI DE VITESSE DU « PARIS »

Nombre de chaudières : 15.

Pression aux chaudières : 14 k.

Pression d'admission aux turbines : 12 k.

Vide aux condenseurs : 70 c/m.

Nombre de tours moyen : 230.

Vitesse moyenne : 22 n 44.

Température de l'eau d'alimentation : 85°.

Pression de refoulement du mazout : 6 k. 500.

Température du mazout aux réchauffeurs : 115°.

— — aux brûleurs : 110°.

Pression d'air { ventilateurs : 90^m/m.
façades : 20^m/m.

Puissance développée { Turbines : 42.000 chevaux.
Auxiliaires : 5.000 chevaux.

Consommation { Par cheval de puissance totale: 0 k 447.
horaire { Par cheval aux turbines : 0 k 500.

Etat de la mer : très belle.

Fumivorté : bonne.

NOTA. — La consommation horaire pendant le deuxième voyage a été de 15 tx 390 à l'aller, et de 14 tx 377 au retour, avec du mazout mexicain à 9900 calories.

CONDITIONS DE RECETTE
DE RÉSIDUS DE NAPHTHE DES MARINES DE GUERRE

MARINES	PROVENANCE	DENSITÉ	PURETÉ	ACIDITÉ	TEMPÉRATURE de congélation	POINT D'ÉCLAIR	FLUIDITÉ ET VISCOSITÉ	SOUFRE	POUVOIR CALORIFIQUE	EAU
FRANCE	Texas Fuel-Oil A	à 15° de 0,890 à 0,960	Dépôts inférieurs à 0,5% d'acidité minérale, une trace de légèreté en lait.	Aucune trace d'acidité minérale, une légère acidité organique sera tolérée.	Inférieure à -5° C.	Supérieur à 70° C.	Le volume écoulé pendant 10 minutes dans l'immètre Barbey ne devra pas être inférieur à 14 divisions.	Inférieur à 2,5 % en poids	Supérieur à 10 800 calories par kg. à 0,50 % en poids.	Teneur inférieure à 1 % en poids.
	Roumanie	— de —	Pas de dépôt appréciable en filtrant à travers une toile n° 70	— de —	— de —	— de —	Pas inférieur à 7 divisions Barbey à 15°.	Inférieur à 0,75 % en poids	Supérieur à 10.500 C.	Teneur inférieure à 1 % en poids.

ANGLETERRE	Texas Roumanie Perse Indes	»	Sans dépôt appréciable en filtrant sur filtre métallique de 16 mailles par pouce.	Ne doit pas dépasser 0,05 %.	»	Supérieur à 79° 45 C. et à 93° 34 pour produits très visqueux.	Viscosité ne doit pas excéder 1.000" pour l'écoulement de 50 cm3 à la température de 60° au viscosimètre Redwood.	Pas plus de 0,75 %.	»	Ne doit pas dépasser 0,50 %.
ETATS-UNIS	Texas Californie	»	— de —	Les résidus devront être libres d'acides	»	Supérieur à 150° F. (65° C.). Appareils Abel-Pensky-Martens.	Viscosité ne doit pas être supérieure à 40° Engler, à 70° F (21° C.).	Pas plus de 1,5 %	»	Ne doit pas dépasser 1 %
ITALIE	Etats-Unis Roumanie	Supérieure à 0,892 à 20° C	Tolérance totale 1 % de matières étrangères.	»	»	Supérieur à 100° C. Appareil Pensky-Martens en coupe fermée.	Viscosité de 9 à 10 Engler à 20° C., de 2 à 3 Engler à 50° C., de 2 à 70° C.	Pas plus de 0,6 %	Supérieur à 10.500 obus Mahler.	à 1 % compris les matières étrangères.

XXVII

ANALYSE DES MAZOUTS BRULÉS
PAR LA MARINE

PROVENANCE	CHEIRO & ZOUSMANN BAKOU	FUEL-OIL. A. Port-Arthur (Texas)			»
Densité à 15° ..	0,910	0,923	0,915	0,910	0,911
Pureté : Dépôt sur toile N° 70.....	»	néant	néant	néant	»
Acidité	»	<p>La quantité d'acide cédée par agitation avec l'eau distillée et calculée en acide oléique est plus petite que :</p> <p>0,05 % 0,05 % 0,05 %</p> <p>Pas de réaction acide au tournesol après avoir agité le mazout avec de l'alcool neutre et chaud pendant une heure.</p>			»
Point de congé- lation	- 19°5	fluide à - 5°	fluide à - 5°	fluide à - 5°	»
Point d'éclair ..	140°	99°	95°	104°	103°
Point d'ignition.	150°	»	»	»	126°
Fluidité Barbey à 15°....	»	30	31	24	46
à 30° ...	»	»	75	66	102
à 45° ...	»	»	168	135	185
Viscosité Engler à 50°.....	5,69	»	»	»	»
Teneuren soufre	»	1,63 %	0,73 %	1,24 %	0,72 %
Pouvoir calori- fique	»	10650	10697	10615	10.748
Eau	»	néant	néant	néant	»
Fraction distil- lée au-dessous de 275°.....	»	»	7 cm3	5 cm3	»
Première goutte (initial point)	»	»	vers 246°	vers 258°	»

XXVIII

RÉGIME DOUANIER

Loi du 5 Août 1919 (J. O. du 7 Août 1919)

ARTICLE 2. — A l'importation de l'étranger, les résidus destinés à l'alimentation des moteurs, à la combustion ainsi qu'à la construction ou à l'entretien des routes et voies de communication et répondant aux conditions réglementaires, sont admissibles aux droits de 80 centimes par 100 kgs net en tarif général, et de 40 centimes par 100 kgs net en tarif minimum, non compris, le cas échéant, la surtaxe d'entrepôt ou d'origine de 5 francs par 100 kgs net, sous la réserve qu'ils soient destinés à être utilisés tels quels, sans subir aucune modification ou transformation dans un établissement exercé ou non.

ARTICLE 5. — Les résidus destinés aux machines motrices des navires de la marine militaire et marchande seront affranchis des droits sous des conditions qui seront déterminées par décrets (30 mai 1921).

Deux des produits auxquels s'applique l'Article 2.

Huile lourde dite Gas-oil	Couleur brune, noirâtre. Ne distillant pas plus de 10 % en volume avant 275°, thermomètre plongeant, appareil de Luynes-Bordas. Inflammabilité Luchaire, entre 50° et 110° C. Fluidité Barbey, 300 divisions au minimum à 20°. Matières éliminables par l'acide sulfurique à 66° B : 5 % en volume au minimum.	Alimentation des moteurs ou combustion sous toutes formes
Combustible liquide dit fuel-oil	Couleur noirâtre. Ne distillant pas plus de 10 % en volume avant 275°, thermomètre plongeant, appareil de Luynes-Bordas. Inflammabilité Luchaire entre 50° et 140°. Matières éliminables par l'acide sulfurique à 66° B : 25 % en volume au minimum.	

Quant aux mazouts qui peuvent être fabriqués en France avec des huiles brutes provenant du sol français (Péchelbronn), ils ne sont soumis qu'à la taxe de fabrication (Décrets du 26 novembre 1920, 30 juin 1893, *Journal Officiel* du 2 décembre 1920) sur les huiles minérales entrant en raffineries et ne renfermant pas plus de 90 % de produits lampants, soit : 1 fr. 25 par 100 kgs, ou 1 franc par hectolitre, au choix du raffineur.

XXIX

FRÊT PÉTROLIER FRANÇAIS

XXIX — FRÊT PÉTROLIER FRANÇAIS

I. — EN SERVICE EN 1921

NOM	ARMATEUR	PORT EN LOURD	LONGUEUR	DATE de construction ou de mise en service	APPAREILS MOTEURS	VITESSE AUX ESSAIS
Dordogne.....	Marine nationale	15.440 tonneaux	161 m. 61	1914	Alternative 4.150 HP, 4 chaudières au mazout	11 nœuds 25
Garonne.....	—	7.160 —	118 m. 70	1913	Alternative 2.750 HP, 2 chaudières au mazout	11 nœuds 60
Rhône.....	—	5.000 —	108 m. 47	1910	Alternative 2.100 HP, 2 chaud. au charbon.	— »
Aube	—	1.500 —	70 m.	1921	Turbine Bréguet 1.000 HP., chaudières Du Temple au mazout.	11 — »
Nièvre.....	—	1.500 —	—	—	—	— »
Rance.....	—	1.500 —	—	—	—	— »
Durance.	—	1.500 —	—	—	—	— »
Var.....	—	2.870 —	81 m. 59	1895	Alternative 1.000 HP.	10 — »
Total pour Marine de Guerre.		36.470				

Radiolaine	Société Pétrole Trans- port.	5.115 tonneaux	106 m.	1912	Alternative à l'A.R.
Quevilly	Société de Quevilly.	3.950	94 m.	1897	Voilier, 2 Diesel-350 HP.
Jules-Henry	A. Vimont et C ^{ie} .	3.380	92 m.	1900	Voilier. 2 Diesel-1.300 HP.
St-Patrice	Société Navale de l'Ouest.	2.845	»	1919	Alternative.
Péchelbronn.....	—	5.080	»	1914	—
Argyll.....	Compagnie du Boléo.	3.000	»	1892	1.800 HP.
Motrix	Mazout-Transport.	10.350	»	1921	Alternative à l'A.R.
Myriam.....	Compagnie Auxiliaire de Navigation.	—	»	—	—
Melpoméne.....	—	—	»	—	«
Monique.....	—	—	»	—	«
Titan.....	Affrèteurs Réunis.	6.000	»	1918	«
TOTAL Marine Marchande ..		70.770			
TOTAL 1921 en service		107.240			

II. — EN CONSTRUCTION EN 1921

En France

NOMBRE	TONNAGE UNITAIRE	PORT EN LOURD TOTAL	ARMATEURS	CONSTRUCTEURS	ACHÈ- VEMENT
1	10.850	10.850 tonneaux	C ^e Auxiliaire de Navigation.	Chantiers de la Gironde.	fin 1921
2	9.000	—	Société les Cons. de Pétrole.	Chantiers Penboët (St-Nazaire).	1922
1	10.000	—	Société Navale de l'Ouest.	Chantiers Navals Français.	1922
2	8.000	—	Affrêteurs réunis.	Chantiers Sud-Ouest (Bordeaux).	1922
1	10.000	—	»	»	1922
	TOTAL.....	64.850			
A l'Étranger					
1	6.500	—	Société Naphte Transport.	Canada.	1921
8	6.500	—	Société Maritime Française.	—	?
5	10.350	—	Société Navale de l'Ouest.	Angleterre.	1921 (?)
	TOTAL.....	77.750			
	En construction.	142.100			

NOTA. — La construction d'une partie du tonnage commandé en Angleterre a été momentanément arrêtée.

XXX

RÈGLEMENTS DU BUREAU VÉRITAS

Dans son nouveau règlement pour la construction et la classification des navires en acier, le « Bureau Véritas » a fait une étude très approfondie sur la construction des pétroliers, le logement du combustible liquide et les installations pour la chauffe au pétrole (1921).

On trouve dans cet ouvrage, rédigé par des spécialistes éprouvés, de précieux renseignements sur les installations de chauffe au mazout donnant le maximum de sécurité sur un navire.

Nous avons vu plus haut que la Marine nationale française n'admet pas de combustibles liquides ayant un point d'éclair inférieur à 79°, sur ses bâtiments de guerre. Le « Bureau Véritas » prend comme limite pour les bâtiments de la Marine marchande un point d'éclair de 65°, au dessous duquel des prescriptions très sévères sont édictées pour l'emplacement, l'aération, la construction et le degré de résistance des soutes et du tuyautage appelés à recevoir un tel combustible liquide.

XXXI

DANGERS D'EXPLOSION

DANS LES SOUTES A MAZOUT

D'après Le Chatelier, la limite inférieure d'inflammabilité des homologues du méthane (du pentane C^5H^{12} au nonane C^9H^{20}), qui forment les carbures saturés les plus répandus dans le pétrole, n'est que de 0,8 à 1,3 % par rapport à l'air.

Il importe donc de ne pas atteindre ces chiffres et pour cela maintenir toujours les soutes à une température inférieure au point d'éclair d'au moins 15°, bien les aérer, surtout l'été et dans les pays chauds, et interdire de fumer à proximité de tuyaux de dégagement de gaz.

Dans de bonnes conditions d'aération, la proportion des gaz émis ne dépasse généralement pas 0,04%.

Le pentane bout à 31° et le nonane à 150°, les intermédiaires hexane, heptane et octane à 69°, 93° et 125°. Ce sont ces trois derniers carbures saturés qui ont des points d'ébullition les plus rapprochés des points d'éclair des mazouts généralement employés ; ils sont donc sus-

ceptibles d'émettre des vapeurs formant avec l'air un mélange explosif si les soutes sont surchauffées.

Il faut toutefois noter que certains pétroles contiennent des carbures moins volatils, ceux de Pêchelbronn, par exemple, émettent des gaz qui ne forment avec l'air un mélange explosif qu'entre 3 et 4^o/_o.

XXXII

RÉSERVOIRS

RESERVOIRS EN ACIER.

Les réservoirs les plus employés aux Etats-Unis sont ceux en acier du type « Standard Oil » de 5920m³ et de 8800m³. On trouve pourtant des réservoirs en béton de 80.000 et même de 160.000m³, mais exceptionnellement.

Dans un dépôt, les réservoirs sont généralement distants de 166 m. de centre à centre, et entourés de parapets en terre ou en maçonnerie, pour limiter les incendies.

Les dispositions particulières à un réservoir de 8800m³ sont les suivantes :

Deux trous d'homme sur la virole du bas et huit vannes de sûreté sur le toit s'ouvrant de bas en haut en cas d'explosion. Ces vannes de sûreté, spécialement disposées sur les tanks à essence et à kérosène, doivent être rapportés sur ceux à mazout dans les pays où les orages sont fréquents. Elles se composent d'un clapet circulaire plan en aluminium à 2^o/_o de manganèse qui coulisse dans une tige guide en bronze jusqu'à un buttoir. La section d'ouverture de la boîte est de 1 m. 066. Le clapet repose par son propre poids sur son siège.

Le réservoir a 44 mètres de diamètre et 9 m. 15 de hauteur. Il repose sur une couche de sable huilé et le fond est peint à la peinture anti-rouille.

La structure se compose de 6 viroles de même hauteur 1 m. 52, de même largeur 4 m. 56 et d'épaisseurs croissantes de haut en bas.

Epaisseur de la 1 ^{re} virole :	14 m/m	287
— — 2 ^e — :	12 m/m	700
— — 3 ^e — :	10 m/m	300
— — 4 ^e — :	7 m/m	937
— — 5 ^e — :	6 m/m	350
— — 6 ^e — :	6 m/m	350

Les toles du fond ont 6 m m 350 au milieu et 7 m/m 937 à la périphérie. Celles du toit 4 m/m 762. Toutes sont en acier Bessemer ou au creuset.

Le rivetage ne comporte qu'une seule rangée de rivets sur les tôles du fond et sur les liaisons horizontales des viroles ; ces liaisons se font par recouvrement.

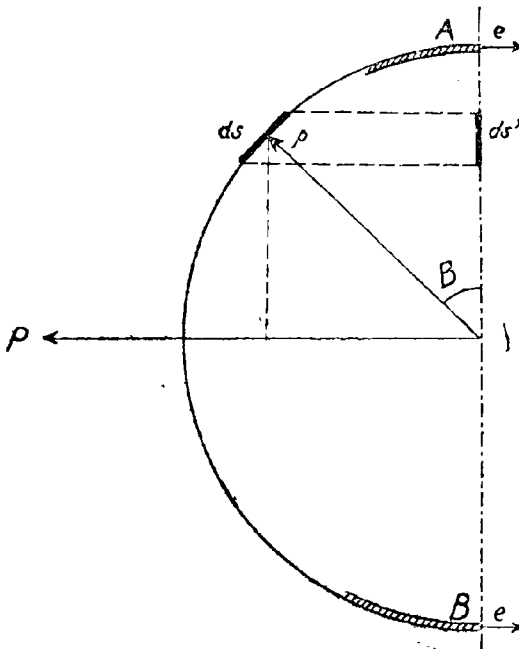
Les rivetages verticaux sont à 3 et 2 rangées de rivets.

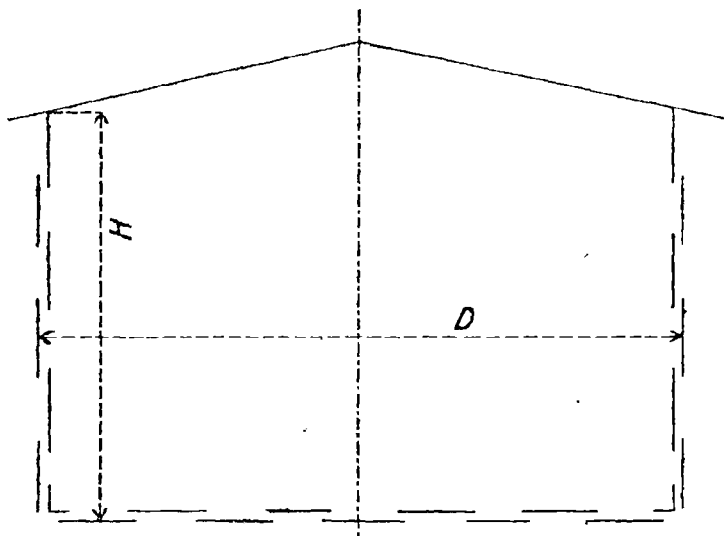
Tôles	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acier Bessemer, phosphore} < 0,10 \text{ } \%. \\ \text{— au Creuset, —} < 0,06 \text{ } \%. \end{array} \right.$
limite de rupture 55 k. à 65 k.	
Acier pour rivets	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acier Bessemer, phosphore} < 0,06 \text{ } \%. \\ \text{— — soufre} < 0,045 \text{ } \%. \\ \text{— au Creuset, phosphore} < 0,045 \text{ } \%. \\ \text{— — — soufre} < 0,045 \text{ } \%. \end{array} \right.$
limite de rupture	
46 k. à 56 k.	

Le tuyau d'aspiration peut être amené à la surface du liquide à l'aide d'un treuil et d'un joint à rotule.

Un réservoir bien entretenu, peint à époques régulières et placé sur une fondation soigneusement construite, peut durer de 35 à 40 ans (sauf le toit).

CALCUL DE L'ÉPAISSEUR DES TOILES D'UN RÉSERVOIR.





Considérons un réservoir cylindrique, et soit :

H : sa hauteur en mètres.

D : son diamètre en mètres.

$r \alpha$: la charge à la traction des tôles en kg par m^2 .

d : la densité du liquide.

e : l'épaisseur des tôles en m .

Prenons un plan à la hauteur H au-dessous du niveau du liquide, et coupons-le par AB pour étudier les forces tractives aux sections de ruptures A et B d'épaisseur e .

Soit un élément de surface, ds , qui reçoit une pression pk par m^2 .

Nous devons avoir comme charge de sécurité :

$$P = 2 e \cdot r \alpha = \leq p \cdot ds \cdot \sin \beta$$

mais :

$$ds' = ds \cdot \sin \beta$$

donc :

$$2 e \cdot r \alpha = \leq p \cdot ds'$$

et en intégrant :

$$2e \cdot r \alpha = \int_0^{180^\circ} p \cdot ds' = p \cdot AB$$

(AB en m)

$$2e \cdot r \alpha = p \cdot 1000 D.$$

La pression pk par m^2 correspond à une pression p' par cm^2 d'une colonne de liquide de H mètres de hauteur telle que :

$$p' = \frac{d.H}{10}$$

par suite :

$$p = \frac{p'}{100} = \frac{d.H.}{1000}$$

et l'épaisseur sera :

$$e = \frac{d.H.D.}{2 r \alpha}$$

On voit ainsi que l'épaisseur, e , de la tôle est une fonction de la hauteur de liquide qu'elle supporte, par suite, cette épaisseur croît de haut en bas.

La hauteur des réservoirs n'excède pas 12 mètres.

La charge pratique à la traction, r , du métal de la tôle doit être multipliée par le coefficient $\alpha = 0,56$; 0,70 ou 0,75 suivant que les coutures sont à : simple, double ou triple rangée de rivets.

Il est ajouté à l'épaisseur, e , de chaque virole, calculée à sa partie inférieure, une épaisseur supplémentaire variant entre 3 et 4^{m/m}, suivant la nature du métal employé.

L'épaisseur de la tôle du toit a généralement 3^{m/m}, celle de la tôle du fond varie de 7 à 10^{m/m} suivant la solidité de l'assise.

STATION DE LA SOCIÉTÉ MARITIME DES PÉTROLES A ST-LOUIS-LES-AYGALADES, PRES MARSEILLE.

La superficie est de 9 hectares et elle comprend :

3	réservoirs de 8000 tx	chacun ;
2	—	— en construction ;
1	2000 tx.	

Les fondations de ces réservoirs se composent d'une couche de 0 m. 70 de mâchefer et de sable.

Les tôles sont en acier doux Siemens-Martin d'une résistance de 42 k. à 52 k. par ^{m/m²} à la rupture. Celles du fond ont 11^{m/m} d'épaisseur et celles verticales de 13 à 6^{m/m}. Le toit a une épaisseur de 3^{m/m}.

Les coutures du fond sont à 2 rangées de rivets et les coutures verticales à 1, 2 et 3 rangées.

Chaque réservoir a un dispositif de chauffage.

La station de pompage possède des pompes de 70 HP d'un débit de 150 tonnes à l'heure.

RESERVOIRS DE LA SOCIÉTÉ LILLE BONNIÈRES-COLOMBES, A BATOUM.

N°	CIRCONFÉRENCE en pieds	RAYON en pieds	SURFACE en pieds-carrés	CAPACITÉ du réservoir par pouce de haut en pieds-cube	POIDS en pouds d'eau par pouce de haut à 12° R (15° C)	CONTENANCE en pouds
1	236,829	37,662	4457,911	371,493	641,606	225.000
2	236,704	37,642	4452,178	371,098	640,923	225.000

1 pied-cube : 1,7271 poud russe.

1 poud : 16 k. 38046.

Hauteur des réservoirs : 35 pieds = 10^m 65.

Contenance à ne pas dépasser : 3.685 tonnes.

CUBAGE DES RÉSERVOIRS.

Le coefficient de dilatation cubique d'un réservoir en tôles d'acier est :

0,000033

Comme le coefficient de dilatation des mazouts est en moyenne de :

0,00065

la dilatation apparente du mazout dans un réservoir est donc de :

0,00065 — 0,000033 = 0.000617 par degré.

EXEMPLE DE CUBAGE.

Soit à pomper 2.600 tonnes de mazout dans le réservoir N° 1 de Lille-Bonnières-Colombes, à Batoum, pour remplir un tank-steamer à quai.

Hauteur relevée avant le pompage : 400 poudes.

Densités prises	$\left. \begin{array}{l} 0,900 \text{ à } 9^{\circ} \text{ à la surface} \\ 0,902 \text{ à } 9^{\circ}5 \text{ au milieu} \\ 0,903 \text{ à } 10^{\circ} \text{ au fond} \end{array} \right\}$	Densité moyenne : 0,9016 à 9°5.
avant pompage		
(matin)		

(Quoique de température supérieure à celle de la surface, le fond des réservoirs contient souvent des produits plus lourds, par décantation.)

Hauteur relevée après le pompage : 120 poudes.

Densités prises } 0,897 à 13° à la surface } Densité moyenne :
 après pompage } 0,896 à 14° au fond } 0,8965 à 13°5.
 (après-midi)

Poids du mazout contenu dans le réservoir avant le pompage, et ramené à 15° :

$$400 \times 641,606 [0,9016 - 5,5 \times 0,00063] \\ 400 \times 641,606 \times 0,8982.$$

Poids du mazout contenu dans le réservoir après pompage et à 15° :

$$120 \times 641,606 [0,8965 - 1,5 \times 0,00064] \\ - 120 \times 641,606 \times 0,8955.$$

Poids du mazout délivré :

$$641,606 [400 \times 0,8982 - 120 \times 0,8955] = 161569 \text{ pouds } 2292.$$

soit :

$$\frac{161569,2292}{61,05} = 2646 \text{ tonnes } 506.$$

PNEUMÉRCATOR (TANK-GAUGE).

L'appareil Pneumercator indique par simple lecture sur une échelle graduée le poids de mazout contenu dans une soute ou dans un réservoir.

Il se compose d'une pompe pneumatique à main en communication, d'une part avec le fond du réservoir ou de la soute, et, d'autre part, avec un manomètre à mercure gradué en tonnes.

Lorsqu'on pompe, la pression monte jusqu'à ce qu'elle équilibre la colonne de mazout contenu dans le réservoir ou la soute.

A ce moment, le ménisque de mercure reste stable, même si l'on continue à pomper, et on lit sur l'échelle le cubage.

EVALUATION EN POIDS ET VOLUME.

En poids :

Tonne métrique.	1000 k.
Ton. (Angl. et Améric.).	1016 k. 010
Ton. Marine (short ton).	907 k. 185
Poud Russe (61,05 pouds à la tonne métrique).	16 k. 38046
Wagon Roumain.	10.000 k.

En volume :

Gallon impérial Anglais.	4 litres 543
Gallon Américain.	3 — 785
Baril Anglais (41 gall. Anglais). . .	186 — 263
Baril Américain (42 gall. Amér.).	158 — 970
Kokku Japonais.	180 — 390

RÉSERVOIRS EN BETON.

Dans la construction des réservoirs en béton, cylindriques ou rectangulaires, on enduit généralement le béton d'asphalte, de goudron ou de silicate de soude. On mélange parfois au mortier des substances imperméabilisantes, mais le béton ne résiste pas bien à l'action destructive de l'huile.

Les enduits organiques ne sont pas à recommander, car à la longue ils se dissolvent.

Brevets Guttman. — 1^{er} : Imbiber la surface bétonnée d'eau de suite avant de passer un enduit de silicate de soude. L'eau réalise l'étanchéité et agit comme oléifuge à condition qu'on ne la laisse pas évaporer, et qu'on l'emprisonne sous l'enduit. De cette façon, le béton ne se fissure pas.

2^e : On ajoute au béton du chlorure de calcium ou tout autre sel hygroscopique, et l'on enduit le réservoir de silicate de soude.

Pour empêcher le grimpage de l'huile le long des parois, et éviter les pertes d'huile qui peuvent en résulter, on dispose une petite gouttière remplie d'eau sur le bord supérieur du réservoir.

On construit en Amérique des réservoirs en béton ayant jusqu'à 105.000m³ de capacité (Californie) pour des huiles lourdes à base d'asphalte. Leur diamètre est de 163 mètres, leur profondeur 8^m30, et la pente des parois 1/1. Ils sont recouverts de carton bitumé.

DEPLACEMENT D'UN RÉSERVOIR EN ACIER.

Lorsqu'on agrandit un dépôt et que l'on veut déplacer un réservoir de grand volume, la manœuvre aux rondins est souvent difficile. On creuse alors un long bassin en prolongement de celui existant et qui servira par la suite de contre-bas. On établit solidement l'assise, puis on remplit ce bassin d'eau et l'on y fait flotter le réservoir pour l'amener sur sa nouvelle assise.

XXXIII

INSTALLATIONS DE RÉSERVOIRS A PÉTROLE

DANS LES PORTS FRANÇAIS

(D'après le Bureau Véritas)

1°. RESERVOIRS CONSTRUITS

Dunkerque	36.500 tx.	Gironde	86.100 tx.
Calais	22.200 —	Cette	13.800 —
Le Havre	29.500 —	Région Marseillaise	159.000 —
Rouen	227.800 —	Toulon	9.950 — (Mazout)
Cherbourg	23.300 —	Ajaccio	8.300 —
Brest	27.000 —	Bizerte	14.850 —
Lorient	1.100 —	Tunis	7.900 —
Donges	27.000 —	Alger	6,250 —
La Pallice	48.700 —	Oran	4.550 —

2°. EN CONSTRUCTION EN 1921

Dunkerque:

Lesieurs et fils.	24.000 tx,
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
Raff. des Pétroles du Nord.	10.000 —

Boulogne:

A. Deutsch et fils.	18.000 —
-----------------------------	----------

Caudebec:

H. Caroll.	30,000 —
--------------------	----------

Le Havre:

Société Navale de l'Ouest.	55.000 —
H. Caroll.	40.000 —
Société Lille-Bonnières-Colombes.	11.000 —
A. Deutsch et fils.	18.000 —

La Milleraye:

Société de La Milleraye.	24.000 —
----------------------------------	----------

Rouen:

A. Deutsch et fils.	18.000 —
Lianosoff Française.	8.000 —

Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
Comptoir des Produits du Pétrole.	10.000 —
Raffineries des Pétroles du Nord.	60.000 —
Société Générale des Hydrocarbures.	12.000 —
<i>Cherbourg:</i>	
Société du Dépôt de Pétrole.	17.700 —
<i>Lorient:</i>	
Société des Pêches Maritimes.	10.800 —
<i>Donges:</i>	
Comp ^{te} Occ. des Produits du Pétrole.	37.000 —
<i>Trignac:</i>	
A. Deutsch et fils.	27.000 —
<i>Saint-Nazaire:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>La Pallice:</i>	
Société pour l'Appr. des Construct.	10.800 —
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>Gironde:</i>	
A. Deutsch et fils.	18.000 —
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>Marseille:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
Société Maritime des Pétroles.	12.000 —
<i>Bizerte:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>Alger:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>Oran:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —
<i>Arzew:</i>	
Société Immobilière du Midi.	60.000 —
<i>Casablanca:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	10.000 —
<i>Dakar:</i>	
Société Navale de l'Ouest.	20.000 —

XXXIV

COMBUSTIBLE COLLOIDAL

(Extrait du Bulletin Véritas)

Mémoire présenté le 16 Novembre 1920, à la "Royal Society of Arts" de Londres, par M. LINDON W. BATES.

Les nombreux avantages que possèdent les combustibles liquides sur les combustibles solides, les difficultés que l'on éprouve dans beaucoup de pays à utiliser sous leur forme naturelle les charbons du pays, enfin le prix élevé et la rareté relative du pétrole, ont amené, il y a déjà bien longtemps, les praticiens et les savants à chercher un procédé permettant de combiner le charbon avec les hydrocarbures liquides de telle sorte qu'il soit possible de pulvériser le mélange, à la manière des huiles lourdes.

Les combustibles les plus connus se présentent généralement sous la forme solide, c'est-à-dire sous la forme de charbons de terre et de coke. Un certain nombre d'essais ont été effectués, il y a quelques années, en vue d'obtenir un combustible liquide composé soit de pétrole et de charbon fin, soit de pétrole et de goudron ; mais, étant donné que ni le charbon ni le goudron ne peuvent être dissous dans le pétrole, il se produit une séparation rapide et la plus grande partie du charbon, primitivement maintenue en suspension dans le pétrole ne tarde pas à former un dépôt au fond des récipients ; l'insuccès de ces tentatives a bientôt découragé les chercheurs.

Mais, en même temps, les progrès réalisés dans l'étude des corps colloïdaux permettaient d'aborder le problème avec des méthodes nouvelles. On peut même dire aujourd'hui qu'elles ont permis de le résoudre entièrement et que toute une série de combustibles pulvérisables ont été créés.

Pour qu'un combustible de ce genre soit pratiquement utilisable, il est nécessaire que dans les limites ordinaires de température, il soit suffisamment mobile, et ait une stabilité suffisante pour pouvoir être stocké pendant un certain temps ; enfin, il faut qu'il puisse circuler facilement à travers le tuyautage, sans que des dépôts susceptibles d'obstruer ce tuyautage se produisent.

En ce qui concerne la stabilité du mélange, le degré et la durée de la dite stabilité peuvent varier selon les usages auxquels on destine le combustible. Dans certains cas, une stabilité de quelques heures pourra être suffisante ; dans certains autres, elle devra atteindre plusieurs mois.

Il s'agit, en somme, d'avoir une stabilité telle que les particules solides en suspension dans le liquide ne remon-

tent pas à la surface ou ne se déposent pas à la partie inférieure dans une période de temps raisonnable et qui dépendra de l'usage auquel est destiné le combustible.

Il est à noter que si un composé d'une stabilité très courte est d'une utilité douteuse, sauf dans certaines circonstances exceptionnelles, d'autre part, une stabilité extrêmement prolongée n'est pas indispensable pour les usages courants; le fait d'avoir à agiter le mélange après stockage prolongé n'est en aucune façon un inconvénient; pour tous les usages pratiques, on peut dire qu'une stabilité d'un mois ou deux est amplement suffisante.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour obtenir une telle stabilité, nous ne parlerons dans ce qui suit que de trois d'entre elles :

1°. La première consiste à stabiliser les particules de matières solides au moyen d'une substance spéciale. On sait que les solutions de savons, par exemple, remplissent ce rôle; ces solutions maintiennent en suspension dans un liquide, non seulement des particules solides de dimensions colloïdales, mais des particules solides de dimensions sensiblement supérieures. On peut également utiliser des fixateurs parmi lesquels nous mentionnerons une sorte de graisse à base de chaux et de résine spécialement préparée; la chaux, la résine et l'eau sont incorporés au pétrole qui est chauffé et malaxé;

2°. La seconde méthode consiste à traiter les charbons bitumineux et autres charbons similaires en y ajoutant un certain pourcentage de produits de distillation tels que des goudrons, et en soumettant le mélange à divers réchauffages et malaxages à une température inférieure au point éclair.

3°. Enfin, par une pulvérisation extrêmement poussée, il est possible de réduire les particules de charbon à des dimensions colloïdales, ou pratiquement colloïdales, et d'obtenir ainsi leur stabilité dans le liquide.

Ces diverses méthodes peuvent naturellement être combinées de façon à obtenir un traitement approprié à la gravité spécifique, aux tensions superficielles, à la viscosité, etc., des divers composants du mélange. Ces diverses méthodes permettent de stabiliser dans les huiles minérales sous une forme liquide, ou très facilement liquéfiable, jusqu'à 55 % de matières étrangères dérivées du charbon. On obtiendra, par exemple, un combustible liquide susceptible de très nombreuses applications en mélangeant 30 % de charbon, 10 % de goudron de houille et 60 % d'huile minérale auxquels on aura ajouté une petite quantité de fixateur.

Le pourcentage de particules solides susceptibles de se déposer dépend naturellement du traitement initial. Le premier combustible colloïdal fabriqué pour les essais

effectués sur le torpilleur de la Marine Américaine « Gem » se composait de 31^o/_o de charbon de Pocahontas incorporé dans un mazout de la qualité ordinairement employée par la Marine Américaine, auquel avait été ajoutée une petite quantité de fixateur.

Les essais effectués sur ce bâtiment ont duré environ 5 mois ; au bout de 3 mois, quelques dépôts sans grande importance s'étaient produits au fond des récipients, et il a été nécessaire de les agiter légèrement pour rendre ses qualités au combustible.

Depuis cette époque, les procédés de fabrication ont été sensiblement perfectionnés. Nous prendrons comme exemple le combustible N° 15 qui contient 38^o/_o de charbon et de coke pulvérisés stabilisés dans du pétrole mexicain ; à la demande de l'Amirauté Anglaise, MM. Dow et Smith, de New-York, experts-chimistes de New-York, ont effectué divers essais sur ce combustible et ont certifié notamment qu'après 5 mois d'existence, 2,6^o/_o des particules solides étaient déstabilisées et formaient un dépôt au fond des récipients. Ils ont certifié également que les matières en suspension présentaient les caractéristiques des corps colloïdaux et que les particules étaient animées du mouvement Brownien.

Nous rappellerons également que le combustible N° 16, qui contient 42^o/_o de charbon et de coke stabilisés dans du pétrole mexicain, a pu être brûlé très facilement 8 mois après la fabrication ; pendant cette période, les tonneaux contenant le combustible avaient été exposés à l'air, à la gelée et à toutes les intempéries, aucun traitement spécial n'a été nécessaire pour l'utilisation de ce combustible, autre que le réchauffage ordinaire.

AVANTAGES DU COMBUSTIBLE COLLOÏDAL.

Le combustible colloïdal possède de nombreux avantages sur le pétrole ou le charbon utilisés seuls.

1°. Les chances d'incendie sont moindres qu'avec le charbon ou le pétrole. La densité des combustibles colloïdaux, dans lesquels on a incorporé plus de 15^o/_o de charbon, est en effet supérieure à l'unité ; en cas d'incendie, on pourra donc éteindre les flammes avec de l'eau. D'autre part, pendant le stockage, en maintenant à la surface du combustible une petite couche d'eau, tout danger d'incendie sera évité. Cet avantage est d'une extrême importance ; en effet, tous les autres combustibles liquides étant plus légers que l'eau, ne peuvent être conservés de cette façon. Les expériences effectuées prouvent que l'on peut maintenir une couche d'eau à la surface du combustible sans inconvénient pendant plus d'une année. Il est à remarquer que tous les systèmes d'extinction d'incendie, fonctionnant à la vapeur ou par

pulvérisation d'eau, conservent toute leur utilité dans le cas du combustible colloïdal, alors qu'ils sont inutilisables avec le pétrole.

On a constaté également, par expérience, que le fait d'ajouter au pétrole une certaine quantité de charbon tend à relever sensiblement la température du point éclair et à réduire les dégagements de vapeur. Ce phénomène n'est pas encore bien expliqué ; il est probable que les vapeurs de pétrole sont absorbées en partie par les particules de charbon ; en tout cas, il est incontestable que le fait de réduire ces particules à l'état colloïdal diminue sensiblement les dégagements de vapeur.

Le rapport sur les essais effectués par le Laboratoire des Assureurs de New-York, dont nous donnons ci-dessous des extraits, met en lumière ce phénomène intéressant : le point d'éclair de la plupart des combustibles colloïdaux varie entre 120° et 138° C. L'utilisation du combustible colloïdal présente donc beaucoup moins de risques, tant en ce qui concerne les manipulations et l'utilisation, que le mazout ; il en résulte également que pour obtenir la meilleure température de pulvérisation, il n'est plus nécessaire, comme cela se produit pour beaucoup de qualités de mazout, de dépasser la température du point d'éclair.

2°. Les bonnes qualités de combustibles colloïdaux contiennent, à volume égal, plus de calories que les composants pris séparément. Ceci résulte de leur plus grande densité. En conséquence, dans tous les cas où la capacité du réservoir est relativement très importante, et où le poids a relativement peu d'inconvénients, comme c'est le cas sur les navires, on obtiendra un rayon d'action sensiblement supérieur à celui qui pourrait être obtenu en utilisant du pétrole, et naturellement infiniment supérieur à celui qu'on obtiendrait en utilisant du charbon.

3°. Il est possible de préparer des combustibles colloïdaux donnant un rendement supérieur au pétrole seul ; ceci peut s'expliquer par le fait que la couche liquide qui enveloppe les particules solides se vaporise la première ; le liquide contenu dans les cavités de la particule de charbon se vaporise ensuite dans la chambre de combustion faisant pour ainsi dire faire explosion à la particule. La surface totale exposée à l'oxydation se trouve plus grande que dans le cas d'un liquide pulvérisé.

4°. Le combustible colloïdal peut être utilisé sans aucune modification par tous les appareils ordinairement utilisés pour la chauffe au pétrole. Le contre-torpilleur Américain « *Gem* », sur lequel ont été effectués les essais de combustible colloïdal, était muni d'appareils de chauffe au pétrole ordinaires et de chaudières du type Normand.

Il a été possible d'utiliser les uns et les autres sans modifications autres que des ajustements de détail.

Dans les installations à terre à l'arsenal de Greenpoint, de New-York, où des essais ont été également effectués, on a pu utiliser les appareils existants pratiquement sans modification. Il est à noter que les essais ont porté sur plusieurs variétés de brûleurs, tant du type à pulvérisation mécanique qu'à pulvérisation à la vapeur.

Dans le cas où le combustible doit être stocké pendant une période assez longue, les réservoirs pourront être munis d'appareils de brassage et, comme dans le cas des réservoirs destinés au pétrole lourd, ils devront être munis d'un tuyautage de réchauffage destiné à donner au liquide la fluidité nécessaire pour les opérations de pompage.

Aux basses températures, les combustibles colloïdaux contenant environ 40% de particules solides, sont au point de vue des manipulations et du réchauffage pratiquement identiques aux pétroles les plus lourds. Par contre, aux températures plus élevées, telles que celles qui sont obtenues après réchauffage, ils peuvent se comporter comme des pétroles légers. D'une façon générale, les combustibles colloïdaux du type liquide peuvent être utilisés exactement comme des pétroles.

En ce qui concerne les pâtes colloïdales, il peut être nécessaire de modifier quelque peu les installations et d'augmenter la pression à laquelle le combustible est envoyé au brûleur.

Quant aux gelées qui sont liquéfiées par pompage ou qui sont liquéfiées dans les réchauffeurs, il suffira d'augmenter encore un peu la pression.

Les appareils nécessaires pour fabriquer les combustibles colloïdaux sont très simples et ressemblent beaucoup aux appareils utilisés dans les fabriques de ciment. Naturellement, si l'on veut obtenir une pulvérisation particulièrement intense, des broyeurs spéciaux devront être employés, mais pour toutes les qualités courantes de combustibles, les broyeurs des charbons ordinaires sont parfaitement suffisants.

Il y a actuellement en achèvement à Stonecourt, sur la Tamise, près de Londres, une usine de fabrication de combustibles liquides, qui commencera à fonctionner dans un délai très court.

ESSAI DE STABILITÉ.

Un essai a été fait en juillet 1920 au Laboratoire de MM. Dow et Smith, de New-York, pour déterminer la stabilité du combustible colloïdal N° 15. 100cm³ de ce combustible ont été déposés dans un cylindre de verre

de telle sorte que le liquide avait une hauteur de 15 centimètres. Le tout a été laissé immobile pendant une période de 24 heures à une température de 215° Fahrenheit (46° C), le combustible en question avait été fabriqué 5 mois auparavant. Au bout de 24 heures, on a prélevé séparément une certaine quantité du liquide tout à fait à la partie supérieure, et tout à fait à la partie inférieure. Après analyse, on a constaté que le liquide de la partie supérieure contenait 33,8 % de matières insolubles dans le benzol, celui de la partie inférieure 36,4 %. Ceci indique que la partie inférieure contenait 2,6 % de plus de charbon que le liquide de la partie supérieure. Cet excès de charbon représente la quantité de charbon déstabilisée depuis la fabrication du combustible. Il ne faut pas en effet conclure de la précédente constatation qu'un dépôt semblable se produirait toutes les 24 heures.

Le dépôt qui se produirait dans la seconde période de 24 heures ne serait qu'une très petite partie de ce même pourcentage et ne représenterait que la quantité de charbon déstabilisé pendant cette période.

Or, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, le liquide examiné avait été fabriqué 5 mois auparavant et c'est au cours de cette période qu'une quantité égale à 2,6 % s'est trouvée déstabilisée.

Diverses autres analyses ont été effectuées au Laboratoire des Assureurs de New-York, principalement en vue de déterminer le point éclair, le point de combustion, etc. Ces essais ont porté sur du combustible colloïdal N° 13 et N° 15, sur le fixateur et sur le pétrole fixé ; on entend par « pétrole fixé » le mélange de pétrole et de fixateur avant toute addition de charbon pulvérisé.

1°. Détermination des quantités d'eau :

	% eau	
Combustible colloïdal N° 13. . .	1,50	1,50
— — 13 bis. . .	1,45	1,90
— — 15. . .	5,00	4,80
Fixateur.	8,10	5,85

2°. Quantités de soufre :

	% soufre	
Pétrole fixé.	3,16	3,19
Combustible colloïdal N° 13. . .	0,57	0,82
— — 13 bis. . .	0,84	0,88
— — 15. . .	0,23	0,24

3°. Quantités de cendres :

	°/° cendres
Combustible N° 13.	2,61
— 13 bis.	3,50
— 15.	2,71
Pétrole fixé.	2,85

4°. Densités :

Fixateur.	, ,	0,995
Pétrole fixé.	, ,	0,971
Combustible N° 13.		1,083
— 13 bis.		1.101
— 15.		1,049

5°. Point éclair :

La détermination du point éclair n'a pas été possible dans un appareil Pensky-Martens, en raison de la formation d'écume entre 95° et 105° C. Il a donc été nécessaire d'effectuer cet essai avec un appareil ouvert, sauf dans le cas du fixateur.

	Point éclair
Fixateur.	98° C
Pétrole fixé.	128°
Combustible N° 13.	130°
— 13 bis.	126°
— 15.	134°

6° Point de combustion :

Fixateur.	, ,	365° C
Pétrole fixé.		368°
Combustible coll. N° 13.		415°
— — 13 bis.		423°
— — 15.		420°

QUANTITES DE MATIERES VOLATILES

DEGAGEES PAR LE COMBUSTIBLE

Des échantillons de 50 grammes de combustible ont été placés dans des vases en porcelaine tels que la sur-

face libre du liquide était de 12 pouces carrés (environ 85cm²). A titre de comparaison des échantillons d'essence ont été soumis aux mêmes épreuves.

En voici les résultats :

1°. Essai à 40° C.

	1 ^{er} JOUR %	2 ^e JOUR %	4 ^e JOUR %	5 ^e JOUR %	6 ^e JOUR %
Pétrole fixé	4,00	2,00	0,60	0,60	négligeable
Combustible n° 13	négligeable	négligeable	0,65	négligeable	—
— n° 13 bis	—	0,60	négligeable	—	—
— n° 15	—	négligeable	—	—	—

2°. Essai à 60° C.

Pétrole fixé	5,00	2,00	1,40	0,50	négligeable
Combustible n° 13	négligeable	négligeable	2,00	2,00	—
— n° 13 bis	—	—	2,00	1,50	—
— n° 15	—	—	négligeable	2,00	—

COMPOSITION DES COMBUSTIBLES
COLLOIDAUX N^{os} 13 ET 14

	N° 13	N° 14
Charbon	—	30,0 %
Charbon (Pocahontas)	30,0 %	—
Goudron	—	12,0 %
Fixateur	1,5 %	1,2 %
Mazout mexicain	28,8 %	—
Pétrole Texas (type Amiralauté américaine)	8,5 %	6,8 %
Résidus de distillation	31,2 %	30,0 %
	100,0	100,0

XXXV

LE COMBUSTIBLE COLLOIDAL
DANS LA MARINE FRANÇAISE

En France, les essais entrepris sur le combustible colloïdal n'ont été commencés que cette année et sont actuellement en cours. Ils sont effectués à l'usine d'essais des Combustibles de Toulon, sur des produits fabriqués par M. Lens et présentés par M. Lancien, chimiste.

L'emmagasinage, le pompage, le réchauffage et la pulvérisation de ce nouveau combustible liquide se fait dans les mêmes appareils que ceux employés pour le mazout et c'est là un des grands avantages de son emploi immédiat.

Les caractéristiques d'un des produits Lens sont les suivantes :

Densité : 1,04 à 15° C.

Pouvoir calorique : 9.400 millithermies.

Proportion de charbon pulvérisé : de 40 à 45 %.

Moyenne des cendres : 1,3 %.

Point d'éclair : 120° environ.

Essai de vaporisation à 1 k.100 par mètre carré de surface de chauffe : 10 k.318 d'eau vaporisée par kilo de combustible.

Essai de vaporisation à 2 k.400 par mètre carré de surface de chauffe : 9 k.585 d'eau vaporisée par kilo de combustible.

Les essais de chauffe à la chaudière de l'usine d'essais ayant donné lieu à une formation assez importante de coke pendant la combustion, il fut décidé de les continuer sur une chaudière d'avisio ayant une chambre de combustion plus grande que celle de l'usine. — L'essai au point fixe effectué par l'« Amiens », le 12 juillet 1922, nous permit, durant une de ses phases, de noter les observations suivantes :

a) Trois brûleurs furent mis en fonction sur les sept que possède la chaudière AR.

b) Température de réchauffage : 95°.

c) Pression de refoulement du combustible : 10 k. La pompe alimentait difficilement les trois brûleurs, toutefois il n'a pas été constaté, après plusieurs visites en marche, d'encrassement important des filtres sur les refoulements à froid et à chaud. En passant à la chauffe

au fuel-oil A, le fonctionnement de la pompe est redevenu normal.

d) Pression d'air : $50 \text{ m}^3/\text{m}$. Il faut moins d'air pour brûler ce combustible que pour brûler du fuel-oil A, dans lequel la proportion d'hydrogène est évidemment plus grande, ainsi pour une même dépense de vapeur et en chauffant au fuel-oil A la pression d'air nécessaire à une bonne fumivorté est de $70 \text{ m}^3/\text{m}$.

e) La pression de la chaudière a été maintenue aux environs de 15 k.

f) Après environ trois heures de fonctionnement, il a été constaté une abondante formation de coke sur la sole, à la périphérie des lanternes et sur la façade AR de la chaudière, aux endroits où la nappe conique de combustible projeté par le brûleur vient frapper ces parties. La formation de coke était particulièrement importante avec les brûleurs du bas, par suite de leur rapprochement de la sole. Pas de coke sur les tubes.

g) La pulvérisation étant bonne avec les brûleurs du bord (Kermode), il paraît résulter de cet essai que la chambre de combustion d'une chaudière au mazout est d'un volume insuffisant pour la chauffe au charbon colloïdal. L'emploi de ce dernier combustible exigerait des chambres de combustion suffisamment grandes dans lesquelles les nappes coniques ne viendraient pas frapper la sole, et des lanternes à plus grande base permettant un meilleur centrage des brûleurs. Ceci augm nterait, notamment en hauteur, l'encombrement d'une telle chaudière.

L'installation filtres et réchauffeurs ordinaires ne paraît pas devoir être modifiée, mais la pompe à combustible devra être d'une puissance plus forte.

L'utilisation immédiate du charbon colloïdal, plus économique que le mazout, nous paraît toute des née sur les chaudières à chauffe mixte des gros bâtiments (Belleville ou Niclaussé), où la formation de coke n'est pas gênante.

Il appert de ces essais que, malgré les résultats peu satisfaisants du début, il y a lieu de poursuivre les études commencées sur ce combustible, tant au point de vue de sa constitution qu'au sujet de son utilisation, car il n'échappe à personne que son prix de revient est de beaucoup inférieur à celui du mazout du Texas dont la Marine Française est actuellement tributaire.

XXXVI

UTILISATION DES "FUEL OIL A"
DANS LA MARINE FRANÇAISE

(Bulletin Officiel du 11 Septembre 1921)

NOTA. — Les caractéristiques déterminées ci-après s'appliquent spécialement et exclusivement aux combustibles liquides dont l'achat sera fait en Amérique. En conséquence, les conditions de recette fixées par la Circulaire du 19 mai 1914, modifiée par celle du 18 octobre 1918, resteront en vigueur jusqu'à nouvel ordre, en ce qui concerne les résidus de naphte qui seraient éventuellement achetés dans des pays de production autres que l'Amérique.

PROVENANCE.

Les résidus provenant de la distillation du naphte des provenances agréées par la Marine.

DENSITE.

La densité prise à la température de $+15^{\circ}$ C. sera comprise entre 0.890 et 0.960.

HOMOGENEITE.

On vérifiera par des prélèvements effectués à la partie haute et à la partie basse des récipients et réservoirs si le produit présente une homogénéité convenable.

ACIDITE.

Les résidus ne devront présenter aucune trace d'acidité minérale. Une légère acidité organique sera tolérée.

CONGELATION

Les résidus ne devront se congeler qu'à une température inférieure à -5° C. Pour s'en assurer, on vérifiera qu'une baguette en verre plein, à bouts arrondis, de 24 centimètres de longueur et 5 millimètres de diamètre, et pesant sensiblement 12 grammes, refroidie à -5° pendant 10 minutes, et rapidement essuyée, s'enfonce par son propre poids dans le résidu maintenu à -5° .

INFLAMMABILITE.

Essayés à l'appareil Pensky-Martens, coupe fermée, les résidus ne devront pas émettre de vapeurs inflammables à une température inférieure à 79° C.

FLUIDITE.

La fluidité sera déterminée au moyen de l'ixomètre Barbey. Le volume écoulé de résidus pendant 10 minutes à la température de +15° C. ne devra pas être inférieure à 14 divisions, ce qui correspond à un écoulement du même nombre de centimètres cubes en une heure.

SOUFRE.

La proportion de soufre contenue dans les résidus ne devra pas excéder 2,5 % en poids.

POUVOIR CALORIFIQUE.

La capacité calorifique des résidus, mesurée à l'obus de Mahler ne sera pas inférieure à 10.300 calories par kilogramme brûlé.

EAU ET SEDIMENTS.

La teneur des résidus en eau et sédiments ne sera pas supérieure à 1 % au total, la proportion de sédiments ne devant pas dépasser 0,5 %.

L'essai sera fait à la machine rotative, conformément à la méthode d'essai adoptée par le Comité de Standardisation des spécifications de produits de pétrole aux Etats-Unis. Lorsque les résidus contiendront de l'eau émulsionnée, la teneur en eau devra être déterminée par distillation.

ADMISSION AVEC RABAIS.

Si, sans satisfaire à la totalité des conditions ci-dessus, les résidus livrés s'écartent légèrement de quelques-unes d'entre elles, mais peuvent néanmoins être considérées comme susceptibles d'un bon emploi, l'admission pourra en être prononcée par la commission de recette ou le représentant de la Marine, délégué à cet effet, moyennant un rabais à débattre avec le fournisseur.

Toutefois, les conditions concernant la fluidité, la congélation, l'inflammabilité et la teneur en soufre ne comporteront aucune tolérance.

INSTRUCTION

POUR L'EMPLOI DES RÉSIDUS

DE NAPHTE

TYPE FUEL OIL A

CONDUITE DE LA CHAUFFE ET SOINS D'ENTRETIEN DE L'APPAREIL ÉVAPORATOIRE.

Comme tous les combustibles liquides actuellement utilisés en Amérique pour l'alimentation des chaudières, le « *Fuel Oil A* » est obtenu par des mélanges des résidus de naphte du Texas et de Oklahoma avec les résidus d'origine Mexicaine ; ce mélange permet d'obtenir des produits qu'on trouve abondamment sur le marché à des prix avantageux.

Par contre, les résidus de naphte d'origine Mexicaine, comme les pétroles bruts dont ils dérivent, sont chargés de soufre et d'asphalte.

Il en résulte que les résidus Type « *Fuel Oil A* » présentent par rapport à ceux que la Marine employait jusqu'ici, les différences essentielles d'une teneur en soufre qui peut atteindre 2,5 % et d'une proportion élevée d'asphalte en dissolution dans le pétrole.

Ces deux circonstances doivent guider le personnel dans la conduite de la chauffe et dans l'application des soins d'entretien de l'appareil évaporatoire.

SOUFRE.

La combustion du soufre contenu dans les résidus, détermine la production d'acide sulfureux.

Celui-ci est susceptible de provoquer par action chimique, l'usure, les piqûres et la perforation du métal des tubes, des tôles du foyer et des conduits de fumée.

Cependant l'expérience Américaine a établi que cette action chimique est très faible.

Néanmoins, puisque cette cause d'avarie existe, il conviendra d'y veiller et de relever avec soin toutes ces manifestations.

Par exemple, on a cru reconnaître que l'action du soufre se produisait dans les réchauffeurs en cuivre où les composés sulfureux déterminent la production de sulfures de cuivre. De même, il est certain qu'une couche de suie humide, chargée d'acide sulfureux, est capable de faire subir pendant les périodes de mouillage une usure considérable au faisceau tubulaire et aux enveloppes.

ASPHALTE.

Les proportions d'asphalte contenues en dissolution dans les combustibles liquides ont pour effet de modifier les conditions de la chauffe.

Elles influent :

1°. Sur l'écoulement, l'injection, la pulvérisation des résidus et l'encrassement des filtres, c'est-à-dire sur la température de réchauffage et la pression de refoulement;

2°. Sur la combustion, c'est-à-dire la forme, la couleur, l'étendue du jet de flamme, le tirage et la fumivoricité.

TEMPÉRATURE DE RECHAUFFAGE.

Pour être suffisamment fluides et susceptibles d'une bonne pulvérisation, les résidus nécessitent en général, un réchauffage d'autant plus énergique que la teneur en asphalte est plus élevée.

Par contre, une température exagérée ou simplement poussée jusqu'au voisinage du point d'éclair, peut provoquer une décomposition analogue au « Cracking » et déterminer la formation de dépôts cokéfiantes.

Les instructions prescrites par la Circulaire Ministérielle du 28 avril 1915, en vue de l'utilisation de combustibles liquides à bord des bâtiments, attiraient particulièrement l'attention sur les caractéristiques de fluidité, et sur les limites de réchauffage des résidus.

Depuis cette date, l'expérience de la chauffe au pétrole a confirmé le principe de ces instructions, c'est-à-dire l'existence, pour un produit donné, d'une certaine température de réchauffage, susceptible de procurer la meilleure pulvérisation et la moindre fumivoricité.

Mais il résulte aussi de l'expérience que le chiffre de 82 Barbey, soit 8 Engler environ, n'est pas à même de représenter, en toute rigueur et pour la généralité des combustibles liquides, dérivés du pétrole, la caractéristique du réchauffage optimum.

Par exemple, pour un échantillon de résidus de naphte d'origine Américaine (type « Fuel Oil A ») dont le point d'éclair est 95° C., c'est à la température $T = 56^{\circ}$ qu'on a observé les meilleurs résultats de chauffe, alors qu'on a constaté des dépôts abondants d'asphalte et même l'extinction du brûleur quand le réchauffage se fait à 45° C. qui correspond à la fluidité de 82 Barbey.

Il conviendra donc de régler la température de réchauffage à une valeur intermédiaire entre le point d'éclair Pensky-Martens et la température correspondant à 82 Barbey. Ces deux données seront réglementairement com-

muniquées aux bâtiments réceptionnaires par le Service qui effectue la délivrance.

En tous cas, et sous réserve de nouveaux dispositifs qui permettraient de le faire utilement et sans danger, il conviendra de ne pas dépasser une température de réchauffage fixée à 10° C. au-dessous du point d'éclair Pensky-Martens. Les limites qui viennent d'être indiquées appellent une remarque spéciale :

On se souviendra que le combustible liquide, suivant la disposition et la longueur du tuyautage, peut se refroidir de 15°, depuis le réchauffeur jusqu'à l'entrée de la chaudière, et qu'un refroidissement du même ordre peut se produire dans le brûleur lui-même placé dans le courant d'air froid et rapide du tirage forcé.

Il existe donc entre le réchauffeur et le jet du brûleur un refroidissement inévitable du liquide, variable suivant la température de la chaufferie et suivant le tirage, qui conduira à régler judicieusement le degré de réchauffage, le but étant d'obtenir une fluidité satisfaisante à la *sortie du brûleur*. On peut atteindre le résultat si l'on recouvre le tuyautage de pétrole chaud de calorifuges minéraux convenables (amiante, kieselguhr) et si l'on protège les brûleurs à l'aide de masques qui les soustraient au balayage par l'air froid du tirage. Une supériorité des chaudières à cendriers clos tient à ce que le brûleur n'est pas refroidi par l'air du tirage forcé qui s'est échauffé au contact des tôles de la chaudière.

INFLUENCE DE LA PULVERISATION.

Il est du grand intérêt que la pulvérisation du combustible soit parfaite et qu'elle se produise dès la sortie du brûleur, il convient pour cela, d'une part, que le pétrole ait une fluidité suffisante obtenue par un réchauffage effectif, comme on vient de le dire, et d'autre part, que l'injecteur assure bien son action mécanique de pulvérisation.

Celle-ci tient à la pression de refoulement, à la vitesse du liquide et à l'état des buses d'injection. Ce dernier point mérite une attention particulière, il est nécessaire que le cône de pulvérisation se forme dès la sortie du brûleur et qu'il s'épande régulièrement en poussières de fines gouttelettes, ce qu'il est facile de vérifier par un essai à l'eau sous pression.

L'expérience a montré que l'excellence de la combustion varie assez peu pour de grands écarts de température de réchauffage au-dessus du point de fluidité critique (82 Barbey), mais qu'elle est considérablement influencée par l'état du brûleur et par le degré de pulvérisation qu'il détermine.

PRESSION.

Par suite de la présence de l'asphalte, le « *Fuel Oil A* » cause un encrassement assez rapide des filtres qui nécessite une augmentation correspondante de la pression de refoulement ; en vue de maintenir le débit et d'assurer la bonne pulvérisation, il faut prévoir un nettoyage plus fréquent des toiles filtrantes.

VENTILATION ET VIBRATIONS.

Lorsque la quantité d'air est insuffisante pour la combustion du pétrole injecté, la fumivorité augmente, on observe en même temps, de fortes vibrations des façades, apparemment dues à de petites explosions à grande fréquence qui se produisent au point où le combustible pulvérisé trouve la proportion d'air convenable pour son inflammation.

On peut, en général, éteindre ces vibrations en augmentant le débit d'air. En pratique, il convient d'accélérer l'allure du ventilateur avant d'accroître le débit des brûleurs.

Les essais de combustion au taux maximum effectués récemment par l'usine d'essais des combustibles à Toulon, ont établi qu'on peut brûler dans d'excellentes conditions, dans une chaudière Du Temple-Guyot à cendriers clos jusqu'à 291 kgs de résidus par mètre-cube de la chambre de combustion, et 229 kgs par brûleur type Du Temple.

Ces essais ont montré l'influence relative des conditions de tirage.

On a pu faire varier le réchauffage dans d'assez fortes limites, de 42° C. (fluidité 150 Barbey) à 80°, sans qu'on ait observé, de répercussion appréciable sur la combustion.

Par contre, la fumivorité se manifestait dès la moindre diminution de tirage qui était de 210^m/m d'eau.

L'utilisation rationnelle de l'air refoulé par le ventilateur, apparaît donc comme la condition la plus importante et la plus efficace d'une bonne combustion.

COMBUSTION EXAMEN DE LA FLAMMÉ.

En dehors de ces premiers éléments, que l'on peut contrôler par la tenue de la pression, le thermomètre, la fumivorité, le tirage, il convient aussi d'apporter une attention particulière à la flamme, à sa couleur, à sa forme et à ses dimensions.

La flamme doit apparaître à quelques centimètres du bec du brûleur et se prolonger en nappe brillante, par-

semée d'étincelles, sans présenter de jets liquides ni de parties sombres ou éclairées par intermittence, qui seraient l'indice d'un réchauffage insuffisant, d'un défaut du brûleur, d'une pression irrégulière et pulsatoire du refoulement, ou encore d'interférences à la frontière des deux cônes d'injection.

Enfin, le bon entretien de l'appareil exige que le jet de flamme ne vienne pas au contact direct des maçonneries ni du faisceau tubulaire, de manière à éviter les effets de surchauffe locale connus sous le nom de « coups de chalumeau ».

DEBIT DES BRULEURS.

Des essais actuellement en cours à l'usine d'essais des combustibles liquides de Toulon, semblent montrer que pour une même pression de refoulement, le débit en poids des brûleurs et par suite, la puissance de vaporisation des chaudières peuvent diminuer quand la température de réchauffage du combustible dépasse une certaine valeur.

RECOMMANDATIONS DIVERSES.

Embarquement, conservation, délivrance et conditions d'emploi des résidus de naphte.

1°. A terre et à bord des bâtiments, on séparera les résidus de naphte de spécifications anciennes ou nouvelles, dans des soutes et des réservoirs différents ;

Si l'on est contraint de mélanger les résidus de spécifications différentes dans les grands réservoirs des ports, le service des approvisionnements aura soin de faire relever les nouvelles constantes physiques du mélange, afin de les communiquer aux bâtiments réceptionnaires ;

2°. La filtration des résidus devra se faire lors de toutes les opérations de pompage ;

3°. On décantera avec soin les traces d'eau qui peuvent se trouver dans les résidus de naphte.

L'expérience a montré que les pétroles Mexicains chauffés de 80 à 90° donnent naissance, quand ils contiennent de l'eau, à une mousse persistante qui altère considérablement les conditions d'écoulement, d'injection et de combustion ;

4°. Les délivrances de résidus de naphte se feront par qualités distinctes et en évitant les mélanges dans les canalisations ;

5°. Il conviendra de distinguer dans le temps de fonctionnement des chaudières, le nombre d'heures de chauffe avec différents combustibles liquides, de manière à pou-

voir préciser l'action corrosive qui serait due à l'un d'eux ;

6°. L'alimentation des brûleurs d'une chaudière devra se faire avec le même pétrole, jusqu'à épuisement de la soute ou des soutes qui contiennent le combustible de cette qualité. Ceci permettra de rechercher et d'appliquer les constantes de la chauffe et d'assurer ainsi la plus grande régularité de fonctionnement ;

7°. Toutes les observations de fonctionnement et d'avarie qui seraient imputables à l'emploi des résidus de naphle type « *Fuel Oil A* » seront signalées dans les bulletins mensuels de consommation et feront l'objet d'un rapport semestriel qui sera établi par les soins des forces navales et adressé le 15 janvier et le 15 juillet 1922 à la Direction de l'Intendance Maritime (Inspection des Combustibles).

USINE D'ESSAIS DES COMBUSTIBLES LIQUIDES A TOULON

L'usine d'essais des combustibles liquides qui vient d'être mise en service à Toulon, comporte une chaudière type Guyot-Du Temple de 91 mq de surface de chauffe mouillée à trois brûleurs, système Du Temple.

La chaudière, en cendriers clos, est desservie par les accessoires usuels ; le ventilateur, mù par un moteur électrique à vitesse variable, est capable de réaliser une pression manométrique de 210^{m/m} d'eau.

La chaudière comporte aussi une série d'instruments, qui permettent la mesure de tous les éléments de la chauffe : compteurs d'eau et de mazout, pyromètres, déprimomètres et indicateurs d'acide carbonique dans les fumées.

En dehors de l'étude des conditions de la chauffe, dont les résultats seront communiqués périodiquement aux bâtiments, l'usine d'essais est en mesure de fournir des renseignements directs aux officiers qui en feraient la demande, et de rechercher les meilleures conditions de fonctionnement des brûleurs des bâtiments.

Pour ce dernier cas, une demande d'essais serait à soumettre, au préalable, à l'approbation du Major Général du 5^{me} arrondissement.

E. DAVIN

INGÉNIEUR-MÉCANICIEN DE LA MARINE

LE MAZOUT

(Addenda)



A.-D. CILLARD, ÉDITEUR
49, Rue des Vinaigriers, 49, PARIS (X^e)

E. DAVIN

INGÉNIEUR-MÉCANICIEN DE LA MARINE

LE MAZOUT

(Addenda)



A.-D. CILLARD, ÉDITEUR
49, Rue des Vinaigriers, 49, PARIS (X^e)

LE MAZOUT

UTILISATION DES MAZOUTS AMÉRICAINS A, B & C DANS LA MARINE DE GUERRE FRANÇAISE

CONDITIONS DE RECETTES DU MAZOUT "A"

(Circulaire du 15 février 1924)

Densité. — Elle ne devra pas être inférieure à 0,890 à 15° C.

Acidité. — Le mazout ne devra présenter aucune acidité minérale.

Congélation. — Le mazout devra être fluide à la température de 0° C.

Inflammabilité. — Essayé à l'appareil Luchaire, le mazout ne devra pas émettre de vapeurs inflammables au-dessous de 80° C.

Fluidité. — La fluidité, mesurée à l'ixomètre Barbey, devra être supérieure à 43 divisions à 35° C, ce qui correspond à une viscosité Engler inférieure à 15° à la même température.

Soufre. — Le mazout ne devra pas renfermer plus 2,5 % de soufre.

Pouvoir calorifique. — Le pouvoir calorifique, déterminé à l'aide de l'obus calorifique de Mahler, ne devra pas être inférieur à 10.500 calories.

Eau et sédiments. — La teneur en eau et sédiments, déterminée par centrifugation, ne sera pas supérieure à 1 % au total.

D'autre part, la proportion d'eau, dosée par distillation, ne devra pas dépasser 0,7 %.

MÉTHODES D'ESSAIS

PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Des échantillons seront prélevés à la partie haute et à la partie basse des récipients ou de chaque réservoir et analysés dans les conditions prévues au présent chapitre. Les caractéristiques définissant le produit seront obtenues en prenant la moyenne des résultats de chaque analyse.

On utilisera pour les prélèvements d'échantillons un récipient de forme cylindrique, d'une contenance de 1 litre 500 environ, lesté à la partie inférieure par une embase épaisse et fermé à l'autre extrémité par un couvercle vissé dans lequel est percé un trou central de 12 à 14 millimètres de diamètre ; une anse fixe permet de relier ce récipient avec la ligne de sonde qui servira à le descendre dans le liquide. On opérera en descendant l'appareil au niveau où l'on veut prélever l'échantillon, et en le laissant un temps suffisamment long pour qu'il se remplisse.

DENSITÉ

Sera prise à une température aussi voisine que possible de 15° avec un densimètre contrôlé. Si la température n'est pas exactement de 15°, on appliquera le coefficient de correction de 0,0006 par degré.

ACIDITÉ

Essai qualitatif de la réaction du mazout. — Mélanger 50 grammes de mazout et 50 centimètres cubes d'eau distillée, porter vers 60°, en agitant de temps en temps.

Laisser le mélange se refroidir et la séparation s'opérer.

Verser dans deux tubes à essai quelques centimètres cubes de liqueur aqueuse. Ajouter une goutte de solution à 1 % de phénolphthaléine dans l'un des tubes, et une goutte de solution à 1 % de méthylorange dans l'autre. Aucune coloration rose ne devra se manifester (alcalis libres et acides minéraux).

Dosage de l'acidité. — A titre d'indication, peser 50 grammes de mazout dans un verre à expérience. Ajouter 100 centimètres cubes d'alcool à 95° additionné de 10 gouttes de solution de phtaléine à 10 % et neutralisé ; laisser en contact un quart d'heure en agitant de temps en temps avec une baguette.

Titrer l'acidité avec une solution de potasse N/10 jusqu'à coloration rose persistante. En laissant reposer le mélange un moment après chaque addition de liqueur alcaline, et en décantant au besoin l'alcool surnageant dans un tube à essai, on perçoit la teinte rose. L'acidité sera exprimée par le nombre de centimètres cubes de solution normale nécessaire pour neutraliser 100 grammes de mazout. On indiquera également le pourcentage de l'acidité exprimée en acide oléique.

CONGÉLATION

On s'assurera que le mazout est encore fluide à la température de 0° C. par l'épreuve suivante :

Verser 10 centimètres de hauteur du mazout à essayer dans un tube à essai de 20 centimètres de longueur et de 20 millimètres de diamètre. Prendre une baguette en verre plein,

à bouts arrondis, de 24 centimètres de longueur, 5 millimètres de diamètre et pesant sensiblement 12 grammes.

Maintenir dans la glace fondante le tube contenant le mazout pendant une heure et la baguette de verre pendant dix minutes. Vérifier que cette baguette rapidement essuyée s'enfonce par son propre poids en moins de cinq secondes jusqu'au fond du tube dans le mazout ainsi refroidi à 0°.

La baguette sera maintenue au centre du tube par un bouchon percé d'un trou de 10 millimètres de diamètre, le tube étant tenu bien verticalement pendant la durée de l'essai.

INFLAMMABILITÉ

On utilisera l'appareil Luchaire à grandes ouvertures (8 $\frac{m}{m}$), en se conformant à la notice qui l'accompagne. Il est important d'employer un thermomètre à petit réservoir pour que celui-ci soit complètement immergé, sans toucher le fond de l'appareil. On vérifiera fréquemment la graduation du thermomètre.

FLUIDITÉ

Elle sera déterminée à l'aide de l'ixomètre Barbey en se conformant rigoureusement à la notice qui accompagne cet appareil. Le mazout devra être préalablement filtré à travers une toile métallique n° 70 du commerce (26 mailles au centimètre).

Il sera toujours fait trois déterminations successives, en ayant soin entre chaque opération de retirer la tige, de laisser couler quelques centimètres cubes de liquide, d'essuyer et d'enduire la tige avec du mazout à essayer avant de la remettre en place.

Dans le cas où les résultats seraient très différents, l'appareil sera nettoyé à fond et les essais seront repris avec les mêmes précautions.

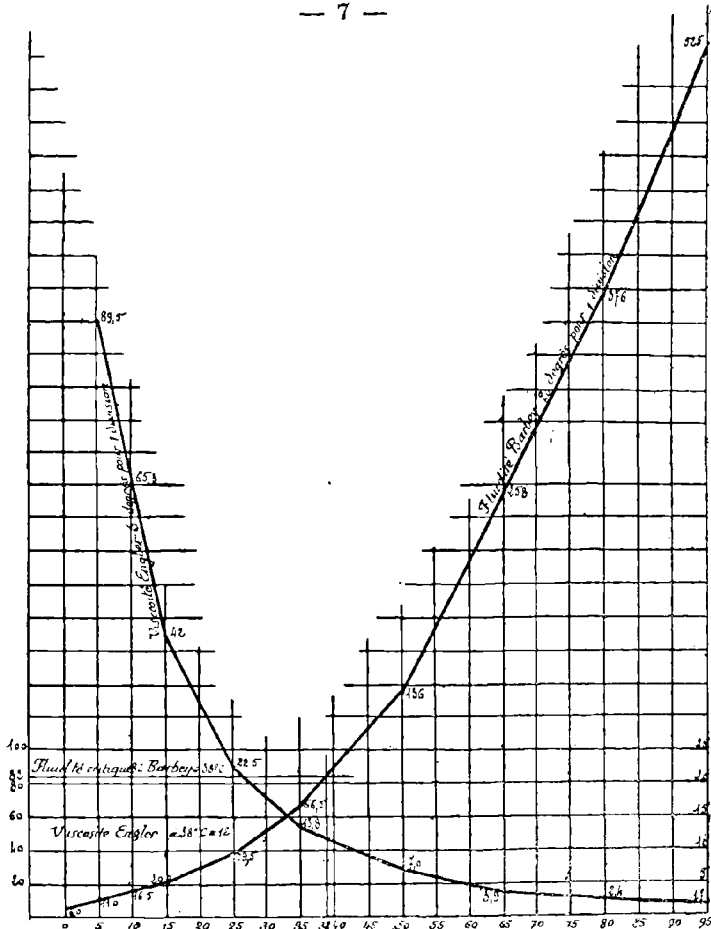


Fig. 1

Fluidité et viscosité du Mazout A.

(Chargement de « Garonne ». Février 1923)

Fournisseur : Texas C^o, Port Arthur, Texas, États-Unis.

Liquide essayé : Échantillon moyen tank de terre n^o 682.

Caractéristiques :

Densité à 60° F. (15°5 C.).....	0.928
Point d'éclair.....	99° C.
Sédiments	0.5 %
Eau	0.2 %
Teneur en soufre	1.80 %
Pouvoir calorifique.....	10650

Composition :

Résidus d'huile brute du Mexique.....	31 %
— — — du Texas et de l'Oklahoma....	69 %

EAU ET SÉDIMENTS

On utilisera une machine rotative composée en principe d'un axe vertical supportant deux ou quatre bras horizontaux, à l'extrémité de chacun desquels est installé un support oscillant autour d'un axe horizontal. Dans ces supports, sont placées des éprouvettes en verre de 125 centimètres cubes de capacité contenant le mazout à essayer. L'ensemble est équilibré par des masses remplaçant les éprouvettes quand tous les supports ne sont pas occupés.

Un moteur électrique imprime à l'axe vertical une vitesse de 1.200 à 1.500 tours par minute.

Les éprouvettes ont leur extrémité terminée par une partie cylindrique de 5 millimètres de diamètre environ ; elles sont graduées jusqu'à 100 centimètres cubes ; la graduation part de l'extrémité effilée et les deux premiers centimètres cubes sont gradués en $1/10^{\text{o}}$ de centimètre cube.

Mode opératoire. — On utilisera au moins deux éprouvettes ; remplir chacune de 50 centimètres cubes du mazout à essayer et de 50 centimètres cubes de benzol de houille à 90 %, préalablement saturé d'eau, agiter et porter à 50° ; placer les éprouvettes sur le support. Faire tourner pendant dix minutes, lire le pourcentage d'eau et des sédiments accumulés à l'extrémité des éprouvettes. Renouveler l'opération pendant cinq minutes chaque fois jusqu'à ce que le pourcentage demeure constant. On fera alors la moyenne des indications relevées sur chacune des éprouvettes et l'on rapportera le résultat à 100 parties de mazout.

DOSAGE DE L'EAU

Le dosage de l'eau sera déterminé par distillation en présence de xylol :

Mélanger dans un ballon d'environ 500 centimètres cubes

100 grammes de mazout avec 200 centimètres cubes de xylol (le xylol retenant une petite quantité d'eau, il est préférable d'employer pour cet essai 200 centimètres cubes de xylol dont 100 centimètres cubes ont été préalablement saturés d'eau). Distiller au bain d'huile et recueillir 100 centimètres cubes de distillat dans un tube jaugé à 100 centimètres cubes, à partie inférieure rétrécie et graduée en centimètres cubes. Laisser déposer vingt-quatre heures et lire le volume occupé par l'eau à la partie inférieure du tube, en réunissant l'eau restée adhérente sur les parois. (Cette opération est facilitée en introduisant dans le tube un peu de mercure).

DOSAGE DU SOUFRE

Le dosage du soufre sera effectué par combustion d'une prise d'essai du mazout dans l'obus calorimétrique de Malher en introduisant au préalable quelques centimètres cubes d'eau distillée. Le soufre sera dosé à l'état de sulfate de baryte dans ce liquide additionné des eaux de lavage de l'appareil et préalablement filtré.

*

CARACTÉRISTIQUES DU MAZOUT "B"

(Circulaire du 19 juin 1924)

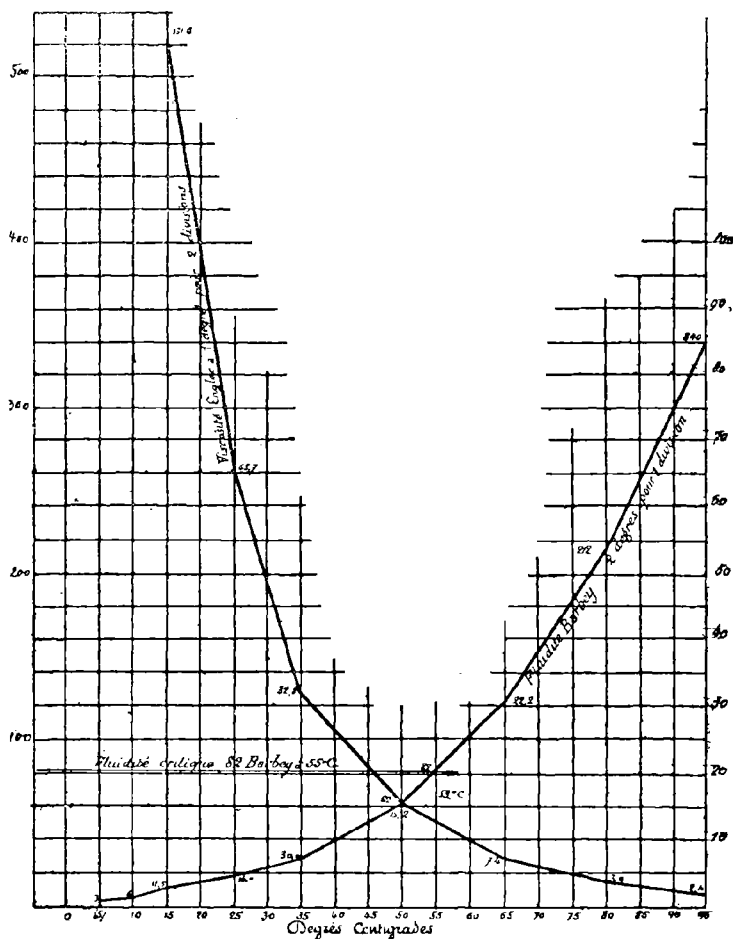


Fig. 2.

Fluidité et viscosité du **Mazout B.**

(Chargement de « Garonne », juin 1924 .

Fournisseur : Gulf Refining Co, Port-Arthur, Texas.

Liquide essayé : Échantillon moyen tank de terre n° 17.

Caracteristiques :

Densité à 60° F. 15°5 C)	0.947
Point d'éclair Pensky-Martens.	98°8
Eau et sédiments.	0.4 %
Teneur en soufre.	1.87 %
Pouvoir calorifique	10509

Composition :

Résidus huiles brutes de Sud-Texas.	56 %
— mexicaines.	44 %

Inflammabilité. — Essayé à l'appareil Luchaire, le mazout ne doit pas émettre de vapeurs inflammables au-dessous de 75° C.

Fluidité. — La fluidité, mesurée à l'ixomètre Barbey, doit être supérieure à 30 divisions à 50° C., ce qui correspond à une viscosité Engler inférieure à 23 à la même température.

Soufre. — La proportion de soufre ne doit pas dépasser 3 %.

Pouvoir calorifique. — Le pouvoir calorifique, déterminé à l'aide de l'obus calorimétrique de Mahler, ne doit pas être inférieur à 10.300 calories.

Eau et sédiments. — La teneur en eau sédimentée, déterminée par centrifugation, ne doit pas être supérieure à 1 % au total ; d'autre part, la proportion d'eau, dosée par distillation, ne doit pas dépasser 0,7 %.

CARACTÉRISTIQUES DU MAZOUT "C"

(Circulaire du 30 juin 1924)

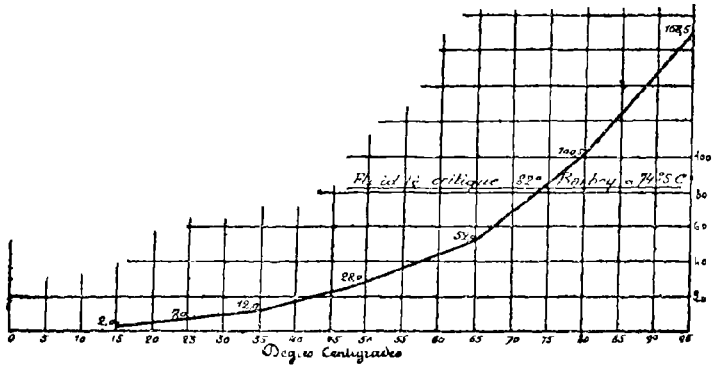


Fig. 3

Fluidité du **Mazout C** (Gulf Refining).

Livraison pour soutes de « Garonne », juin 1924.

Échantillon moyen du tank de terre n° 9.

Caractéristiques :

Densité à 60° F. (15° C)	0.958
Point d'éclair Pensky-Martens	97°7
Eau et sédiments	0.7 %
Teneur en soufre	2.66 %
Pouvoir calorifique	10474

Composition :

Résidus huiles brutes de Sud-Texas	33 %
— — — — — mexicaines	67 %

1° Le mazout C est normalement composé de 100 % d'huile mexicaine débarrassée de ses produits légers.

2° Son point d'éclair peut descendre jusqu'à 65°5 C. (conditions du Shipping Board et spécifications gouvernementales des Etats-Unis).

3° Sa viscosité à froid est grande et il faut en général le réchauffer jusqu'à 45°C. pour obtenir la fluidité 4 Barbey nécessaire à la manipulation aisée des mazouts.

Sa viscosité Saybolt à 50° C. peut atteindre 300 secondes (80 Engler) ce qui correspond à une fluidité de 10 Barbey environ.

La fluidité critique correspondant à 82 Barbey est atteinte vers 85° C.

HUILES DE GOUDRON DE HOUILLE UTILISÉES EN ALLEMAGNE POUR LE CHAUFFAGE DES CHAUDIÈRES

On emploie en Allemagne, pour le chauffage des chaudières, toutes les huiles provenant du goudron de houille (Heizöl), néanmoins, on leur préfère les huiles qui ont de la fluidité à basse température.

En mélangeant aux huiles d'anthracène (anthracenöl), les fractions liquides des huiles lourdes de goudron (schweröl), on provoque la dissolution de l'anthracène brut, qui sans cela tendrait à se séparer, et l'on obtient ainsi une bonne huile de chauffage.

Les conditions d'utilisation données ci-dessous sont celles du syndicat allemand «Verkaufsvereinigung für Teererzeugnisse», d'Essen, qui groupe les principales distilleries de goudron de la Ruhr, dont les cokeries et les fours tournants de distillation à basse température produisent près de 600.000 tonnes de goudron par an.

1. — Huile de chauffage ordinaire, type 1 A.

Densité : entre 1,02 et 1,11. Autant que possible 1,08 seulement.

Point d'inflammation : au moins 65°.

Teneur en eau : au plus 1 %.

Point de disparition de toutes les matières solides en suspension : au plus 15°.

2. — Huile de chauffage pour la Marine, type 1 B/1.

Densité : de 1,0 à 1,1.

Point d'inflammation : au moins 73°.

Teneur en eau : au plus 1 %.

Pouvoir calorifique : au moins 8.500 calories.

Point de disparition de toutes les matières solides en suspension : au plus 8°.

3. — *Mélange d'huiles de chauffage, type 1 B/2.*

Densité : au moins 1,0.

Point d'inflammation : au moins 75°.

Viscosité : au plus 8 E à 20°.

Teneur en eau : au plus 2 %.

Pouvoir calorifique : au moins 8.500 calories.

Teneur en carbone libre : au plus 4 %.

Point de disparition de toutes les matières solides en suspension : au plus 4°.

Cette huile doit être exempte d'impuretés mécaniques.

NOTA. — Le point de disparition de toutes matières solides en suspension est la température minimum à laquelle il convient de réchauffer les huiles de goudron susceptibles de former dans les tuyautages des dépôts de naphthaline ou autres matières cristallisées.

**ÉCHANTILLON DE MAZOUT RUSSE SOUMIS A LA MARINE
PAR LE « NEFTSYNDICATE », EN JANVIER 1925**

Analyse de la Marine (1).

d 15 = 0,900.

Acidité minérale = nulle.

Acidité organique = 2^{cc}3 de solution N %, soit 0,7 %
en acide oléique.

Congélation : à 0° la baguette s'enfonce en une seconde.

Point d'éclair : Au Luchaire à trous de 8 $\frac{m}{m}$ = 98°.

Au Pensky-Martens = 98°.

Fluidité Barbey à 35° = 85.

Viscosité Engler à 50° = 3,7.

Soufre = 0,13 %.

Pouvoir calorique supérieur = 10.750 calories.

Eau et sédiments = 0,4 % en volume.

Eau totale dosée pour distillation = 0,25 % en poids,
soit 0,22 % en volume.

(1) *Le Pétrole*, 1-2 25.

CRACKING DES HUILES LOURDES

L'étude ci-après faite dans la *Technique Moderne*, du 15 novembre 1924, par le distingué professeur Mailhe, nous donne une idée succincte, mais parfaitement résumée, de ce qu'est le craquage des huiles lourdes.

Nous ne saurions nous étendre plus longuement dans notre petit ouvrage sur un procédé qui, par son développement, tend à réduire les disponibilités en huiles lourdes de chauffage au profit d'huiles légères pour moteurs.

« En dehors des huiles lubrifiantes, dont la valeur est importante, les huiles lourdes de pétrole ont un emploi bien moins étendu que les essences légères. Aussi a-t-on songé à produire ces dernières à partir des huiles lourdes, par le procédé de « cracking », découvert en 1855 par Silimann, à Newark (Amérique). Il consiste dans une dislocation des hydrocarbures à haut point d'ébullition, en carbures d'hydrogène plus simples, avec formation corrélative de carbures plus condensés.

« Les hydrocarbures forméniques des huiles lourdes du pétrole naturel ne peuvent pas distiller à la pression ordinaire sans subir une destruction partielle que l'on constate déjà pour l'octodécane, $C^{18} H^{38}$.

« L'écicosane ne peut être distillé que sous pression réduite, et le carbure $C^{31} H^{64}$ bout à 302° sous $15 \frac{m}{m}$ en s'altérant.

« Dès lors, les hydrocarbures lourds subiront une décomposition plus avancée si on les distille sous une pression de plusieurs atmosphères.

« C'est effectivement ce qui a lieu dans la pratique industrielle et le procédé de Burton, exploité par la Standard Oil Cy, distille les huiles lourdes de pétrole bouillant au-dessus de 290° , dans des chaudières où l'on maintient une pression de 5 à 6 atm. Le rendement en gazoline ou essence volatile est d'environ 33 %.

« La grande difficulté du cracking réside surtout dans la formation de produits lourds, semblables à du brai, qui se déposent sur les parois des chaudières, et dont l'enlèvement nécessite une interruption fréquente de la fabrication.

« Ce procédé a permis de fabriquer en 1916, 9 millions d'hectolitres d'essence de cracking, et 184 millions en 1921.

« Les réactions qui se produisent dans le cracking des huiles américaines sont de deux sortes : 1° Des dédoublements moléculaires ; 2° Des polymérisations. Par dédoublement moléculaire, les hydrocarbures forméniques C^nH^{2n+2} , se scindent en carbures plus simples, C^pH^{p+2} , ou $p < n$, allant jusqu'à l'unité, méthane, CH_4 .

« Mais, en même temps, sous l'action de la chaleur, ces deux sortes d'hydrocarbures subissent une déshydrogénation partielle, et se transforment en carbure oléfîniques, C^nH^{2n} et C^pH^{2p} .

« Or, on sait que ces carbures éthyléniques ont une grande tendance à se polymériser, même spontanément, à une température peu élevée, par condensation de plusieurs molécules. Il se forme ainsi des produits plus lourds, très visqueux, pouvant atteindre la consistance des brais. Ce sont ces brais que l'on trouve dans les chaudières où l'on effectue le cracking.

« Cette théorie permet de prévoir que l'essence de cracking ne sera pas formée exclusivement de carbures saturés. Effectivement, elle renferme une proportion importante de carbures éthyléniques, qui lui communiquent une légère coloration jaune, une odeur spéciale, et la rendent assez fragile au point de vue de sa conservation. A la longue, elle tend à se polymériser partiellement. Néanmoins, elle est utilisable au même titre que l'essence ordinaire dans les moteurs à explosion.

« On a essayé de modifier le procédé Burton, dans le but de diminuer la formation des brais et d'augmenter la qualité et la quantité de l'essence produite.

« Le nombre des brevets pris dans ce but est considérable. Il serait difficile d'en donner une analyse approchée.

« Les uns font intervenir des pressions de 9 à 11 kgs et même 25 kgs. D'autres préconisent l'agitation de la masse d'huile dans les chaudières, de manière à éviter le dépôt du brai sur les parois.

« L'introduction de vapeur d'eau surchauffée a été envisagée pour effectuer la destruction du brai. Ce procédé rendrait

la fabrication continue, et permettrait une augmentation de la quantité d'essence (Turner, Forwood, etc.).

« Enfin, on a préconisé d'adjoindre aux huiles certains corps de contact pour en favoriser le cracking. Canals et Gerram utilisent le graphite et l'alumine ou des corps susceptibles de donner de l'hydrogène naissant. Ce dernier saturerait les carbures éthyléniques du cracking.

« La méthode du cracking a été étudiée par Aschan sur les huiles de Bakou. Il a obtenu des huiles légères de nature benzénique et éthylénique. Cette réaction se comprend aisément. Les carbures naphthéniques, qui constituent le pétrole de Bakou, se scindent en hydrogène et carbures aromatiques, et si la déshydrogénation n'est pas totale, il se forme en même temps des carbures éthyléniques, genre naphtylène C^6H^{10} ou diéthyléniques, dont le plus simple est le cyclohexadiène C^6H^6 .

« Les méthodes catalytiques et au chlorure d'aluminium employées pour effectuer le cracking du pétrole et l'hydrogénation sous pression, ont été décrites dans la *Technique Moderne*, du 1^{er} mai 1923 ».

EXTINCTION DES INCENDIES DE COMBUSTIBLES LIQUIDES

Moyens employés pour éteindre un incendie de combustibles liquides :

1^o Former une nappe de gaz neutre au-dessus du liquide enflammé pour isoler l'oxygène de l'air comburant ;

2^o Projeter sur le foyer du sable, de la terre ou de la sciure de bois ;

3^o Projeter de l'eau lorsque le liquide combustible est miscible avec elle. Dans le cas contraire, l'effet produit tend à développer le foyer en chassant le liquide enflammé hors du réservoir ;

4^o Projeter sur le foyer un liquide ininflammable, qui soit miscible avec le combustible, du tétrachlorure de carbone par

exemple. Malheureusement ce produit est cher, et ses propriétés anesthésiques rendent son usage parfois dangereux ;

5° Autres produits chimiques utilisés pour l'extinction :

Ammoniaque, oxycyanure de soufre, SO^2Cl^2

6° La formation d'un mélange mousseux est celle qui jusqu'à aujourd'hui a donné les meilleurs résultats pour éteindre les grands foyers d'incendie de pétrole. Soit à l'aide de deux pompes refoulant dans le même jet, soit par simple pression des gaz formés, soit par gravitation et fusion de bouchons de plomb on projette à la partie supérieure du réservoir enflammé une nappe d'écume contenant un gaz neutre qui isole le combustible de l'air et amène l'extinction.

Cette écume est produite par le mélange de deux solutions, mélange qui n'est réalisé qu'au moment de l'utilisation.

Procédé Erwin :

1^{re} solution :

Acide sulfurique.

2^e solution :

Carbonate alcalin.

Procédé Bartels :

1^{re} solution :

Acide sulfurique.

2^e solution :

Bicarbonate de soude et racine de réglisse.

Procédé William :

1^{re} solution :

Sulfate d'alumine	10
Acide sulfurique	0,5
Eau	100

2^e solution :

Colle	1,25
Glucose	0,5
Bicarbonate de soude.....	7
Acide salicylique	0,5
Eau	100

Procédé Foamite Firefoam :

Le Firefoam est une mousse tenace et durable produite par la réaction de deux solutions qui, en se mélangeant, donnent une quantité de mousse huit fois supérieure au volume initial des solutions. La réaction produit de l'acide carbonique retenu par les globules formant la mousse.

Les pompes aspirent les deux solutions dans leurs cuves respectives, et les refoulent par un tuyautage jumelé dans une chambre de mélange fixée à la partie supérieure du réservoir. La mousse se répand alors sur la surface du liquide enflammé.

Une bouche à incendie à deux raccords est branchée sur les tuyautages à proximité de chaque réservoir. Le jet de mousse projeté par la lance permet d'éteindre le liquide enflammé qui pourrait se répandre autour de la cuve.

Extincteurs « Knock out » (Bouillon Frères, Paris) :

La formation de mousse est obtenue par mélange d'une solution liquide A à une poudre B dissoute dans l'eau.

Cette firme construit des appareils de 6, 10, 100, 200 et 300 litres, une remorque pompe hydro-chimique, et un petit extincteur pour auto à tétrachlorure de carbone.

Extincteurs Pyrène :

Appareils à pompe projetant un liquide miscible dans le combustible en fusion. Surtout employé sur les automobiles.

STATISTIQUES ÉCONOMIQUES

Nous donnons, ci-dessous, un tableau montrant le progrès réalisé ces dernières années pour la chauffe des chaudières au mazout sur la chauffe au charbon. Il se rapporte à un groupe de bâtiments faisant le trafic des canaux, sur lesquels le système de chauffe a été transformé.

Nombre de voyages en 72 heures :

Chauffe au charbon, 10 ;

Chauffe au mazout, 12.

Embarquement du combustible :

Chauffe au charbon, 15 tonnes à l'heure ;

Chauffe au mazout, 80 tonnes à l'heure.

Nombre de chauffeurs employés :

Chauffe au charbon, 14 ;

Chauffe au mazout, 4.

Vitesse moyenne :

Chauffe au charbon, 18 $\frac{3}{4}$ nœuds ;

Chauffe au mazout, 20 nœuds.

Vitesse maximum atteinte :

Chauffe au charbon, 20 $\frac{1}{2}$ nœuds ;

Chauffe au mazout, 21 $\frac{3}{4}$ nœuds.

Si l'on pose pour la chauffe au charbon le coefficient de consommation 100, pour une égale puissance à développer avec la chauffe au mazout il ne faudra compter que 70 en poids et 53 $\frac{3}{4}$ en volume.

Une notice du « Shipping Board U. S. A. », de 1919, donne les chiffres suivants :

Un cargo de 6.000 tonnes de port en lourd avec 11 nœuds de vitesse brûle en 24 heures 28 tonnes de mazout. Durant ce temps, le service est assuré dans la chaufferie par 3 surveillants et 3 chauffeurs faisant chacun 8 heures de quart (1 surveillant et 1 chauffeur par quart).

Les salaires de la journée de travail s'élèvent à 3,29 et 2,80 dollars, ce qui fait une dépense totale journalière de 18,27 dollars.

Avec la chauffe au charbon, et pour donner la même vitesse, ce cargo brûlait 40 tonnes de charbon par 24 heures. Il employait, à cet effet, 3 surveillants à 3,29 = 9,87 dollars (1 surveillant par quart), 9 chauffeurs (3 par quart) à 2,80 = 25,20 dollars et 3 soutiers (1 par quart), à 2,15 = 6,45 dollars. La dépense totale journalière s'élevait ainsi à 41,52 dollars avec la chauffe au charbon, soit plus du double qu'avec la chauffe au mazout.

Il convient aussi de tenir compte du temps gagné par l'embarquement en soutes du mazout.

Le transatlantique « Olympic » qui mettait auparavant 3 jours pour embarquer son charbon et employait 140 hommes, n'utilise plus actuellement que 6 hommes, et met 6 heures pour faire son plein de mazout.

Le tonnage mondial des navires chauffant au mazout qui n'était que de 10 % en 1914 est passé à 25 % en 1923.

La marine marchande des Etats-Unis a consommé en 1922, 52 millions de barils de mazout, dont 1/3 de provenance indigène et 2/3 importés du Mexique. La même année, la marine de guerre U. S. A. en a brûlé 6 millions de barils.

	Production de pétrole brut en 1923. (En millions de barils)		Estimation des réserves (En millions de barils)
Etats-Unis	735	74 %	7.000
Mexique	150	14 %	4.500
Russie	38	3,8 %	6.000
Perse	25	2,5 %	6.000
Indes hollandaises	15		3.000
Roumanie	11		6.400
Pologne	5		1.100
Amérique du Sud			10.000
TOTAL	979		44.000

La consommation mondiale de pétrole brut en 1923 a été de 130 millions de tonnes, 110 millions de tonnes ont été traitées, et on en a retiré 82 millions de tonnes de dérivés. La différence représente le mazout consommé.

A titre de comparaison, nous donnons, ci-dessous, les réserves de charbon évaluées en milliards de tonnes dans les différentes régions du globe :

Europe	274 milliards de tonnes.	
Amérique du Nord..	415	—
Amérique du Sud..	2	—
Asie	21	—
Australie	4	—
Afrique	0,5	—

TOTAL..	716,5	—

FRÊT PÉTROLIER FRANÇAIS

NOM DU BATIMENT	ARMATEUR	PORT	DATE
		en lourd	de construction ou de mise en service
		Tonnes	
<i>Dordogne</i>	Marine nationale	15.440	1914
<i>Garonne</i>	d°	7 160	1913
<i>Rhône</i>	d°	5.000	1910
<i>Aube</i>	d°	1.500	1921
<i>Nièvre</i>	d°	1.500	1921
<i>Rance</i>	d°	1.500	1921
<i>Durance</i>	d°	1.500	1921
<i>Var (ex Çar-Nicolas)</i>	d°	2.870	1895
<i>Loire (ex Bakou)...</i>	d°	?	?
<i>Melpomène</i>	C ¹ Auxiliaire de Navigation	9.970	1921
<i>Mérope</i>	d°	9.970	1922
<i>Myriam</i>	d°	10.249	1921
<i>Monique</i>	d°	9.970	1921
<i>Nausicaa</i>	d°	7.600	1922
<i>Omphale</i>	d°	8.762	1922
<i>Ophélie</i>	d°	8.762	1922
<i>Pallas</i>	d°	?	?

NOM DU BATIMENT	ARMATEUR	PORT en Jourd	DATE de construction ou de mise en service
		(Tonn.)	
<i>Aragaz</i>	Sté des Pétroles d'Outre-Mer	?	?
<i>Hyrkania</i>	d°	?	?
<i>Massis</i>	d°	?	?
<i>Sunik</i>	d°	?	?
<i>Artabaze</i>	Société des Huiles de Pétroles	620	?
<i>Nicator</i>	d°	620	?
<i>Cyrus</i>	d°	620	?
<i>Tomyris</i>	d°	620	?
<i>Péchelbromm</i>	Association Pétrolière	7.500	1914
<i>Saint-Boniface</i>	d°	11.500	1922
<i>Saint-Jérôme</i>	d°	6.025	1923
<i>Saint-Patrice</i>	Société Navale de l'Ouest	2.845	1919
<i>Président-Sergent</i> ..	Société Purfina-Transport	7.555	1923
<i>Cité d'Athènes</i>	Olivierer	448	?
<i>Argyll</i>	Cie du Boléo	3.547	1892
<i>Jules-Henry</i>	A. Vimont et Cie	3.380	1900
<i>Motrix</i>	Société Mazout-Transport	9.000	1921
<i>C. I. P.</i>	d°	9.000	1921
<i>Capitaine-Damiani</i> .	Société Naphte-Transport	6.500	1921
<i>Radioléine</i>	Cie Industrielle des Pétroles	5.115	1912
<i>Titan</i>	Affréteurs-Réunis	6.000	1918
<i>Francunion.</i>	Cie Venture et Weir	1.321	?
<i>Jules-Cambon</i>	Sté Auxiliaire des Transports	5.083	} Francisés en 1925
<i>Marguerite-Finaly</i> .	d°	?	
<i>Quevilly</i>	Société An. de Quevilly	3.950	1897

Epuration des mazouts. — Pour éviter la pollution des eaux des ports, rades et bassins par le mazout provenant du lavage des tanks, diverses Marines de guerre, Compagnies de navigation et Chambres de Commerce ont fait construire des barges-citernes qui reçoivent les queues de soutes.

Après décantation de l'eau le mazout récupéré est chauffé et traité par centrifugation dans des appareils Sharples ou Hignette pour déshydratation complète.

Par suite de rentrées d'eau de mer aux rivures, ou autres rentrées accidentelles, le mazout des soutes peut être rendu inutilisable parce que provoquant des extinctions de brûleurs. Dans ce cas, la centrifugation donne aussi de bons résultats pour la déshydratation, le dessalage et la clarification des produits souillés.

La maison française Hignette et la firme américaine Sharples ont rédigé d'intéressantes notices sur la question, et leurs appareils fonctionnent pour le plus grand bien des pêcheurs et des baigneurs, car la pellicule de mazout qui recouvre l'eau de mer prive le poisson d'air et répugne au nageur.

MINISTÈRE DE LA MARINE

Paris, le 4 septembre 1926.

CONSERVATION DES MATIÈRES INFLAMMABLES A BORD DES BATIMENTS

MAZOUT

A) CARACTÉRISTIQUES ET FORME DU DANGER QUE FAIT COURIR LE MAZOUT

Les résidus de mazout ne s'enflamment spontanément à l'air libre que vers 430°; cette température n'est atteinte que dans des cas exceptionnels (tôles fortement chauffées).

Le mazout porté à sa température d'inflammation appelée aussi point d'éclair, émet des vapeurs qui, au contact d'un point en ignition, forment avec l'air un mélange explosif. Même au-dessous du point d'éclair, certains mazouts laissent aussi dégager lentement des gaz inflammables. Dans les deux cas, le mazout fait courir des risques d'asphyxie, d'explosion et d'incendie.

B) DISPOSITIONS MATÉRIELLES RÉGLEMENTAIRES
ET PRÉCAUTIONS A PRENDRE

a) *Logement à bord.* — L'étanchéité des soutes, caisses, ballasts, etc., servant à emmagasiner les mazouts doit être parfaite.

Une surcharge des soutes et particulièrement des ballasts peut compromettre cette étanchéité.

Pour l'éviter :

1° S'assurer que les évacuations d'air sont bien ouvertes et efficaces ;

2° Effectuer le remplissage avec précaution et lentement à la fin de l'opération ; pour cela vérifier fréquemment la quantité de mazout embarquée ;

3° Tenir en parfait état les treillis d'extrémité des tuyaux d'air ;

4° Ne pas remplir complètement les soutes ou laisser vides leurs chambres ou puits d'expansion afin que le mazout puisse se dilater librement, en particulier avec les mazouts très visqueux qui nécessitent un réchauffage, pour leur donner la fluidité nécessaire au pompage.

Pratiquement, il faut envisager une augmentation de volume de 1/100 par 14° C.

Tenir compte de cette circonstance lors de l'embarquement de mazout déjà réchauffé ;

5° Dans tous les cas, éviter de laisser déborder les réservoirs et de laisser répandre du mazout pendant les manipulations.

b) *Nettoyage des soutes.* — Le nettoyage des soutes à mazout est une opération délicate en raison du double danger d'asphyxie et d'explosion que peuvent produire les vapeurs de mazout ; ces dernières, plus lourdes que l'air s'accumulent dans les recoins.

Pour opérer le nettoyage :

1° Fermer hermétiquement la soute à nettoyer et faire fonctionner l'extinction à la vapeur, pendant une ou trois heures, suivant le volume, afin de détacher des parois les dépôts de mazout ;

2° Ouvrir les portes d'accès et ventiler énergiquement la soute pendant le temps nécessaire pour que l'on puisse y pénétrer sans danger.

Pour ventiler les soutes ou tanks vides, laisser ouvertes les portes d'accès du haut et aspirer dans le fond de la soute à l'aide d'un ventilateur portatif; afin d'éviter la production d'étincelles dans le courant d'air mélangé de vapeurs de pétrole, la commande de ce ventilateur sera assurée par l'intermédiaire d'une courroie.

3° Laver à grande eau de haut en bas par un jet sous pression;

4° Enlever les résidus accumulés dans le fond, ne laisser ni étoupes ni chiffons;

5° Ventiler pendant tout le travail de nettoyage et avant chaque mise à l'ouvrage;

6° Défendre *expressément* de fumer et de pénétrer dans les soutes avec une lampe à flamme nue;

7° Prévoir les moyens d'évacuation rapides et de sauvetage en cas d'accident.

Ces précautions devront être appliquées avec la plus grande rigueur lorsque certains travaux seront effectués : (usage du chalumeau, rivetage à chaud, etc.).

Dans le cas où des circonstances impérieuses exigeraient de pénétrer dans une soute non ventilée, l'homme sera muni d'un masque respiratoire.

c) *Consignes générales.* — 1° Maintenir en parfait état d'étanchéité tous les joints, robinets, vannes des tuyautages, presse-étoupes des pompes.

2° Prohiber l'emploi de lampes à feu nu et défendre de fumer dans les chaufferies ou dans le voisinage des appareils à pétrole.

3° Interdire dans les chaufferies et dans le voisinage des soutes la présence de matières facilement combustibles et qui ne seraient pas absolument indispensables (toiles, bois, etc.).

4° Installer des récipients pour recueillir les fuites de mazout, en particulier sous les brûleurs.

5° Veiller au bon entretien des manœuvres à distance permettant d'isoler l'arrivée du mazout au foyer.

6° Avoir toujours un approvisionnement de sable dans les chaufferies.

7° Maintenir en bon état de fonctionnement tous les dispositifs d'extinction dont on dispose.

8° Nettoyer, rincer, et assécher, au mouillage, les cales des chaufferies et le vase clos, sans oublier les parties difficilement accessibles sous les soles des chaudières.

9° Surveiller attentivement, pendant le fonctionnement, l'état des cales; tenir propres les crépines d'aspiration; introduire de l'eau dans la cale toutes les demi-heures.

10° Mettre les pompes de cales en fonction dès que la pression le permet et les laisser marcher sans arrêt jusqu'à l'extinction des feux.

11° Laisser tourner lentement les ventilateurs, après l'extinction des brûleurs, tant qu'il existe de la pression dans la chaudière éteinte.

C) MESURES A PRENDRE EN CAS D'INCENDIE

Le seul moyen efficace pour arrêter un incendie de mazout est d'empêcher l'air d'arriver au foyer; le feu est ainsi étouffé et le mazout ne peut plus brûler.

Pour étouffer le feu, utiliser :

a) Des jets de sable ou de terre, des prélaris, des toiles ou couvertures mouillées;

b) Les extincteurs prévus à cet effet.

D MESURES A PRENDRE DANS CERTAINS CAS PARTICULIERS

a) *Incendie dans une soute à mazout.* — Isoler la soute en fermant les vannes et les robinets qui la desservent.

Refroidir par arrosage les cloisons de la soute.

Eteindre le feu qui sort par les tuyaux de dégagement des gaz en appliquant un faubert mouillé sur la bouche de l'évent.

b) *Incendie dans une chaufferie en fonction.* — Suivant l'importance de l'incendie exécuter *rapidement* les opérations suivantes :

1° Jeter du sable sur le mazout enflammé :

2° Supprimer toute arrivée de mazout aux brûleurs et fermer les vannes de communication avec les soutes;

3° Stopper les ventilateurs, fermer les arrivées d'air;

4° Mettre en action les extincteurs dont on dispose.

c) *Incendie dans les caissons d'une chaudière en vase clos.*

1° Stopper toute arrivée ~~de mazout~~ aux brûleurs.

2° Supprimer les arrivées ~~d'air au vase clos~~, assurer le le dégagement des flammes et de la fumée par les tambours des brûleurs.

3° Faire fonctionner les rampes ~~d'eau~~ ^à eau pulvérisée ou à vapeur des parties basses ~~des lampes~~ d'air.

4° Arroser abondamment les parties basses du vase clos avec une manche à incendie et jeter du sable sur la partie enflammée que l'on peut atteindre.

5° Mettre en action les extincteurs dont on dispose.

d) *Incendie grave entraînant l'évacuation de la chaufferie.* — Exécuter autant que possible les manœuvres prévues en cas d'évacuation du compartiment.

Fermer hermétiquement toutes les ouvertures, portes, manches à air, capot de la cheminée.

Faire fonctionner les extincteurs à vapeur s'il en existe.

IMPRIMERIE

de la Revue « Les Matières Grasses, le Pétrole et ses dérivés »

49, rue des Vinaigriers, PARIS (10^e)