

# les fuel oils



GENERALITES  
CARACTERISTIQUES  
SPECIFICATIONS

Parmi les sources modernes d'énergie, les fuel oils extraits du pétrole brut, rencontrent une faveur sans cesse croissante auprès de la clientèle industrielle. Leur facilité de transport et de stockage, leur souplesse d'emploi, leur haut pouvoir calorifique, leur permettent de satisfaire économiquement aux demandes de calories les plus variées et d'apporter une solution simple à tous les problèmes de chauffe. Cette documentation complète, bien que réduite à l'essentiel, donnera aux industriels la possibilité de mieux connaître ce combustible de choix et de l'utiliser dans les meilleures conditions.

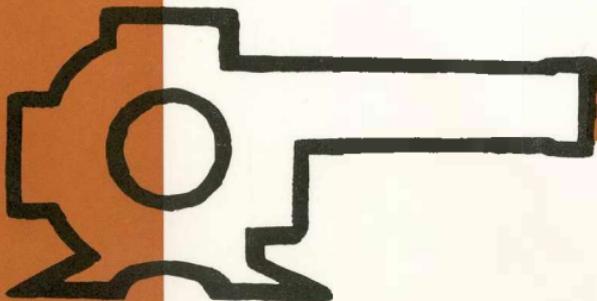
Le terme " huiles combustibles " désigne tous les combustibles liquides, par opposition aux combustibles solides ou gazeux.

Les huiles combustibles sont d'origines différentes, huiles de pétrole le plus souvent et, plus rarement, huiles de houille, de schiste et huiles végétales.

Nous n'examinerons ici que le cas des huiles combustibles d'origine pétrolière.

A noter que les termes " huiles combustibles ", combustibles liquides, fuel-oils, mazouts, huiles lourdes, sont synonymes. Dans le langage courant on emploie même la dénomination " fuel ". Cette appellation n'est pas heureuse car elle peut prêter à confusion, puisque le terme fuel désigne en anglais l'ensemble des combustibles, quelle que soit la forme sous laquelle ils se présentent.

## généralités



## nature et fabrication des huiles combustibles

Les fuel-oils, issus des fractions les plus lourdes de la distillation du pétrole, sont des hydrocarbures dont les molécules sont constituées par des atomes de carbone et d'hydrogène. Ils contiennent en outre du soufre en faible quantité et, dans une très faible proportion, de l'azote et de l'oxygène.

Les teneurs en carbone et hydrogène varient selon les qualités. Elles sont comprises entre 84 et 86% pour le carbone et entre 10,5 et 13,5% pour l'hydrogène.

La distillation du pétrole brut dans une colonne de raffinerie réalise schématiquement le classement des hydrocarbures suivant leur volatilité. Le brut est ainsi fractionné en divers éléments appelés "coupes" dont les compositions sont différentes.

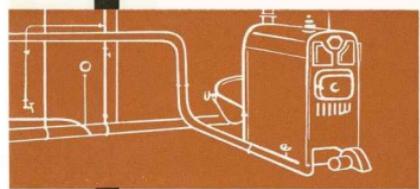
On obtient d'abord, en tête de colonne, les hydrocarbures légers dont on tire le propane et le butane ; viennent ensuite aux étages inférieurs, d'autres produits de distillation : essences, pétrole, gas-oil. On recueille enfin, en fond de colonne, un liquide épais contenant les produits non distillés : les fuel-oils lourds et les bitumes.

# les différentes qualités de FUEL-OILS

Les fuel-oils du marché français comportent 4 qualités classées par ordre croissant de viscosité en 2 groupes :

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| les fuel-oils fluides | { fuel-oil domestique |
|                       | { fuel-oil léger      |
| les fuel-oils lourds  | { fuel-oil lourd n° 1 |
|                       | { fuel-oil lourd n° 2 |

A l'exception du fuel-oil domestique obtenu directement par distillation, les autres qualités sont constituées par un mélange variable de gas-oil et du fuel-oil lourd. Le pourcentage de gas-oil est d'autant plus faible que le produit final est lourd.



## FUEL-OIL DOMESTIQUE

Cette qualité, la plus fluide de la gamme des fuel-oils, est un distillat dont les caractéristiques sont voisines de celles du gas-oil.

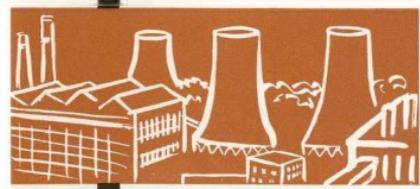
C'est le combustible idéal pour le chauffage des installations domestiques et des fours de boulangerie. Il est également employé pour l'alimentation de certaines catégories de moteurs Diesel, sous réserve de la législation en vigueur. Mais son usage est interdit, pour des raisons fiscales, dans les moteurs Diesel de camions routiers. Dans ce but, il lui est incorporé, pour éviter toute fraude, un colorant rouge et des traceurs chimiques qui permettent de le différencier facilement du gas-oil moteur.



## FUEL-OIL LÉGER

Ce produit de couleur brun foncé, beaucoup moins fluide que le fuel-oil domestique, est obtenu par un mélange de gas-oil et de fuel-oil lourd.

Le fuel-oil léger, par suite de sa viscosité plus élevée, est réservé particulièrement aux installations de chauffage central d'une certaine importance. Il est également très utilisé dans les Industries où la consommation est insuffisante pour justifier des moyens de réchauffage (vapeur ou eau chaude) nécessaires à l'emploi du fuel-oil lourd.



## FUEL-OILS LOURDS N° 1 et N° 2

Ces produits, très visqueux à la température ambiante, nécessitent un réchauffage pour leur utilisation. Pour cette raison ils ne sont pratiquement utilisés que dans l'industrie ou dans les chaufferies de très gros Immeubles à caractère semi industriel.

# caractéristiques densité



La densité d'un corps est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps pris à une température  $T_1$ , au poids d'un même volume d'un corps de référence pris à une température  $T_2$ .

En France, d'une manière générale pour les produits liquides, la température  $T_1$  est de  $15^{\circ}\text{C}$ ; le corps de référence est l'eau prise à la température  $T_2$  de  $4^{\circ}\text{C}$ . On écrit alors : densité 15/4. La densité est donc variable avec la température. Cette variation est d'environ 0,00065 par degré de différence de température.

Dans les pays anglo-saxons, les températures  $T_1$  du produit et  $T_2$  de l'eau sont prises à  $60^{\circ}\text{F}$ . C'est la densité 60/60 $^{\circ}\text{F}$ . Il en découle une légère différence dans les résultats, car la densité de l'eau à  $60^{\circ}\text{F}$  est de 0,9990 contre 1,000 à  $4^{\circ}\text{C}$ .

Aux Etats-Unis on utilise beaucoup l'échelle API qui est définie comme suit : Le point zéro correspond à la densité 1,0760 à 60/60 $^{\circ}\text{F}$  et le point 100 à 0,6112. La formule suivante relie le degré API à la densité :

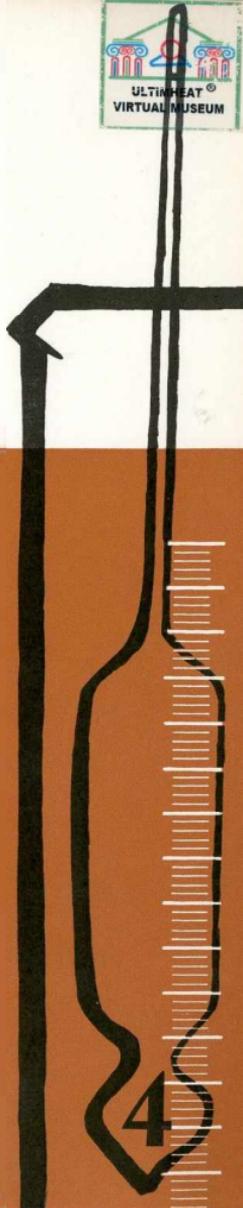
$$\text{degré API} = \frac{141,5}{(\text{densité } 60/60^{\circ}\text{F})} - 131,5$$

La densité présente un intérêt certain dans tous les problèmes de jaugeage des stocks, de livraison et de facturation. Elle permet en effet, connaissant un volume donné, d'en déterminer le poids. Par contre, cette caractéristique est de peu d'importance à l'utilisation.

La mesure de la densité, effectuée avec un densimètre est donnée avec une approximation de  $\pm 0,0005$ .

La densité moyenne des fuel-oils est de :

Fuel-oil domestique .....	0,840
Fuel-oil léger .....	0,900
Fuel-oil lourd n° 1 .....	0,940
Fuel-oil lourd n° 2 .....	0,980



# viscosité

La viscosité constitue la caractéristique fondamentale des fuel-oils.

## viscosité absolue

Elle est définie comme la force nécessaire pour déplacer l'unité de surface d'un liquide, avec une vitesse égale à l'unité, parallèlement à une autre unité de surface du liquide située à l'unité de distance de la première.

L'unité C.G.S. de viscosité absolue est le poise, mais l'unité pratique est le centième de poise ou centipoise.

La viscosité de l'eau à 20° C est d'environ 1 centipoise.

La viscosité absolue est généralement mesurée par le temps nécessaire pour l'écoulement dans un tube capillaire d'un certain volume de liquide à une température déterminée, suivant la formule :

$$\eta = \frac{\pi \times P \times R^4 \times T}{8 \times L \times V}$$

- $\eta$  = Viscosité ;  
P = Pression exercée sur le liquide ;  
R = Rayon capillaire ;  
T = Temps d'écoulement du volume V ;  
L = Longueur du capillaire.

## viscosité cinématique

Comme dans les calculs intervient fréquemment le rapport viscosité absolue/densité, on est amené à définir la viscosité cinématique qui est le quotient de la viscosité absolue par la densité.

Dans le système C.G.S. la viscosité cinématique est exprimée en stokes et l'unité pratique est le centième de stoke ou centistoke.

La mesure de la viscosité dans des appareils à tube capillaire n'est valable que pour des liquides " normaux " ou " newtoniens ", c'est-à-dire des liquides pour lesquels la viscosité reste constante à une température donnée.

Par contre pour les autres liquides appelés parfois " thixotropiques " où l'on peut mettre en évidence une structure qui modifie la valeur de la viscosité il est difficile d'obtenir des mesures valables avec cette méthode. C'est le cas des fuel-oils où la présence de cristaux de paraffine peut troubler l'écoulement. Aussi préfère-t-on utiliser des appareils conventionnels ; ce sont en France les appareils Engler et à l'étranger, en plus des appareils Engler, les appareils Saybolt et Redwood.



## viscosité Engler

Elle est obtenue, à l'aide d'un appareil simple appelé viscosimètre Engler, en mesurant le temps d'écoulement de 200 cm<sup>3</sup> d'un liquide à une température T<sub>1</sub> (20° C pour les fuel-oils fluides et 50° C pour les fuel-oils lourds) par rapport au temps d'écoulement d'un même volume d'eau à 20° C.

## viscosités Saybolt et Redwood

Ces viscosités exprimées en secondes mesurent le temps d'écoulement de 60 cm<sup>3</sup> de produit dans les appareils Saybolt et de 50 cm<sup>3</sup> seulement dans les appareils Redwood. Les résultats sont généralement donnés à la température 100° F (37,8° C).

Les résultats des mesures ne sont qu'approximatifs et leur précision varie avec le type d'appareil utilisé. Avec les appareils conventionnels on ne peut prétendre à une précision supérieure à 10 %.

La viscosité des fuel-oils varie très sensiblement avec la température d'où la nécessité de préciser la température à laquelle la mesure a été faite.

La connaissance des variations de viscosité des différentes qualités de fuel-oils est extrêmement précieuse pour résoudre les problèmes de pompage et de pulvérisation. Nous donnons dans cette intention page 7, un diagramme viscosité-température qui indique les variations de viscosité en fonction de la température des différentes qualités de fuel-oils que nous distribuons sur le marché français ainsi que la correspondance des viscosités entre elles.

Il permet de savoir par exemple que pour une viscosité de 4° Engler recommandée pour un type de brûleur, le fuel-oil domestique peut être utilisé jusqu'à environ -5° C, le fuel-oil léger à 25-30° C, le fuel-oil lourd n° 1 à 80-85° C et le fuel-oil lourd n° 2 à 110° C environ.

Dans la majorité des installations, le contrôle de la viscosité d'utilisation ne se fait pas à l'aide de viscosimètres, mais par lecture de la température du fuel-oil et vérification de la viscosité sur le diagramme.

# pouvoir calorifique

Les huiles combustibles ont la particularité d'avoir un pouvoir calorifique à la fois constant et élevé. Il est intéressant de connaître les différentes définitions du pouvoir calorifique, ceci afin de pouvoir plus facilement comparer le pouvoir calorifique des huiles combustibles à celui des autres combustibles.

## POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR A VOLUME CONSTANT (P.C.S.V.)

C'est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète à volume constant de 1 kg de combustible, les éléments de la combustion étant pris à 0°C et les produits de la combustion ramenés à 0°C, l'eau étant condensée.

La détermination du P.C.S.V. s'effectue à la bombe de Mahier avec une précision de  $\pm 0,5\%$  dans le cas où l'opérateur est très entraîné et où les appareils de mesure sont bien étalonnés.

## POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR A PRESSION CONSTANTE (P.C.S.P.)

C'est également la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 kg de combustible, mais avec la différence que la combustion s'effectue à pression constante.

La détermination du P.C.S.P. peut s'effectuer par deux procédés :

- Par mesure : dans des calorimètres à brûleurs et à circulation d'eau, tels que le calorimètre de Junkers,
- Par calcul : en partant du pouvoir calorifique supérieur à volume constant avec la relation approchée :

$$P.C.S.P. = P.C.S.V. + 1,35 H$$

H représentant le % en poids d'hydrogène dans le combustible. Comme la correction 1,35 H. est très faible par rapport au pouvoir calorifique du fuel-oil, on considère les pouvoirs calorifiques supérieurs (P.C.S.) sans autres distinctions et on retient le chiffre déterminé à la bombe de Mahler.

## POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR (P.C.I.)

C'est la chaleur dégagée par la combustion de 1 kg de combustible à la pression atmosphérique, les éléments de la combustion étant pris à 0°C, les produits de la combustion ramenés à 0°C, l'eau produite restant à l'état de vapeur. La notion du pouvoir calorifique inférieur est plus conforme à la réalité, car dans la pratique, l'eau provenant de la combustion du fuel-oil est généralement évacuée sous forme de vapeur.

Produits	Pouvoir Calorifique supérieur (kcal/kg)	Pouvoir Calorifique inférieur (kcal/kg)
F.O.D.	10.800	10.150
F.O.L.	10.600	10.000
F.O.1	10.350	9.750
F.O.2	10.250	9.650

## RELATION ENTRE P.C.I. ET P.C.S.

Cette relation s'exprime par la formule approchée :  $P.C.I. = P.C.S. - (53 H + 6 E)$

H représente le % en poids d'hydrogène dans le combustible.

E représente le % en poids d'eau dans le combustible.

La teneur en hydrogène varie de 13,5 à 10,5 % du fuel-oil domestique au fuel-oil lourd n° 2. Il en résulte que les variations entre P.C.S. et P.C.I. sont plus importantes pour les qualités fluides que pour les qualités lourdes.

couleur

point d'inflammabilité  
ou point d'éclair

point de combustion

## couleur

La couleur des fuel-oils présente peu d'intérêt. Elle est brun foncé pour le fuel-oil léger et noire pour le fuel-oil lourd.

Le fuel-oil domestique, naturellement de couleur jaune paille, est coloré en rose par une addition d'orthotoluène, azobenzène, azobenzène. Cette mesure d'ordre fiscal est prise pour déceler la fraude dans les cas d'utilisation du fuel-oil domestique interdits par la législation actuelle (camions routiers par exemple.)

## point d'inflammabilité ou point d'éclair

Cette caractéristique définit la température à laquelle le fuel-oil doit être porté, dans des conditions bien déterminées, pour que les vapeurs se dégageant à sa surface s'enflamment en présence d'une flamme libre.

Elle se mesure, soit dans des appareils dits à "vase ouvert", soit plus généralement dans des appareils dits en "vase clos" dont le type AFNOR est la version normalisée de l'ancien appareil Luchaire.

Les résultats obtenus ne sont qu'approximatifs et peuvent varier sensiblement selon le type de l'appareil utilisé. La précision est de l'ordre de 3° C pour des températures inférieures à 120° C et de 4° C pour des températures inférieures à 180° C.

Le point d'inflammabilité permet donc de déterminer la température maximum à laquelle il est possible de réchauffer sans danger un combustible liquide en présence d'air. Elle détermine la sécurité de stockage et de manutention des fuel-oils. Aussi la base de la réglementation du stockage et de l'emploi des liquides inflammables repose sur le degré d'inflammabilité des fuel-oils. Les fuel-oils sont classés dans la 2<sup>e</sup> catégorie des liquides inflammables dont le point d'éclair est supérieur ou égal à 55° C et inférieur à 100° C.

## point de combustion

Le point de combustion exprime la température à laquelle le fuel-oil doit être porté pour qu'après inflammation la combustion se poursuive sur toute la surface du liquide.

Le point de combustion se situe toujours au-dessus du point d'inflammabilité. L'écart de température entre les deux points peut être de plusieurs dizaines de degrés centigrades.



## teneur en eau et en sédiments



Ces deux caractéristiques définissent la propreté du produit. Il est évident que ces valeurs doivent être aussi faibles que possible.

Les fuel-oils sont anhydres à la sortie des colonnes de fabrication. Ce n'est qu'au cours des différentes manipulations et par la respiration des réservoirs que des traces d'eau peuvent apparaître.

Cette eau abaisse le pouvoir calorifique du fuel-oil et risque, si elle se trouve en trop grande quantité, de provoquer le colmatage des filtres et dans les cas extrêmes, l'extinction de la flamme.

La teneur en eau se détermine en laboratoire par distillation en entraînant l'eau par un solvant hydrocarboné. On ne peut prétendre à une précision supérieure à 0,1 %.

Les sédiments, toujours en très faible quantité, sont surtout constitués par des particules métalliques, du sable, des fragments de peinture, des fibres de matière végétale. Ces sédiments se déposent dans le fond des réservoirs mais une certaine quantité risque d'être entraînée vers les brûleurs et d'occasionner des ennuis de fonctionnement.

On procède fréquemment en laboratoire à la mesure du B.S.W. (Bottom Sediments, Water). Il s'agit de la mesure globale de la teneur en eau et sédiments par centrifugation.

## indice Conradson

L'essai consiste à carboniser une petite quantité d'huile dans une coupelle et à doser le résidu ainsi obtenu. Cet indice donne une estimation de la quantité des produits difficiles à brûler. Il offre peu d'intérêt pour les brûleurs à pulvérisation, par contre l'expérience montre qu'il y a une corrélation entre l'indice Conradson et le comportement d'un fuel-oil dans les brûleurs à gazéification utilisés dans les applications domestiques de petite puissance, les dépôts étant plus importants lorsque l'indice Conradson est élevé.

Toutefois signalons qu'avec l'emploi du fuel-oil domestique, qui est un distillat présentant un indice Conradson très faible, la formation de ces dépôts ne se pose pratiquement pas.



## teneur en soufre

Comme pour les combustibles solides, le soufre contenu dans les fuel-oils constitue une impureté.

La présence de soufre dans le pétrole brut se retrouve dans les fuel-oils sous la forme de composés organiques complexes.

Au cours de la combustion, le soufre du combustible se transforme en anhydride sulfureux  $SO_2$  et, pour une très faible part, variable avec les conditions de fonctionnement, en anhydride sulfurique  $SO_3$ .

La mesure de la teneur en soufre s'effectue en laboratoire suivant une méthode pondérale. On exprime les résultats en % du poids du combustible.

## point de trouble point de congélation point d'écoulement

Quand on refroidit lentement un combustible liquide placé dans un tube à essais, il y a d'abord apparition d'un trouble. C'est ce que l'on désigne sous le nom de point de trouble (ou « cloud point »). Si l'on continue de refroidir, le produit cesse de pouvoir se déplacer dans le tube, c'est alors le point de congélation (ou « pour point »). Inversement lorsqu'un combustible liquide préalablement refroidi est ensuite réchauffé, il arrive un moment où le produit peut à nouveau se déplacer dans le tube. C'est ce que l'on nomme le point de fluage.

En fait, les essais de tenue au froid sont très difficiles à interpréter. La résistance à l'écoulement peut être causée par le développement d'un réseau de cristaux de paraffine ou par un accroissement considérable de la viscosité sous l'action du froid.

Les recherches effectuées dans nos laboratoires ont permis de mettre au point une formule et un mode de préparation particuliers des fuel-oils légers pour qu'ils conservent, même soumis à de fortes variations de température, une bonne homogénéité.

En plus du contrôle habituel de conformité aux spécifications administratives, nos fuel-oils légers sont soumis systématiquement à des contrôles supplémentaires de comportement au froid avant livraison à la clientèle.

Cet ensemble de mesures nous permet ainsi d'assurer dans tous les cas le bon fonctionnement des installations.

Les spécifications administratives définissent les limites légales des caractéristiques des différentes qualités vendues sur le marché français. Elles sont imposées par les Pouvoirs Publics sous forme d'arrêtés.

Nous donnons page 13 un tableau des spécifications auxquelles doivent satisfaire les fuel-oils ainsi que les arrêtés qui les ont définies.

## SPÉCIFICATIONS ADMINISTRATIVES

# SPÉCIFICATIONS ADMINISTRATIVES DES FUEL-OILS

CARACTÉRISTIQUES	FUEL-OILS				NORME D'ESSAI AFNOR
	DOMESTIQUE	LÉGER	N° 1	N° 2	
ORIGINE .....	Mélanges d'hydrocarbures provenant du traitement des pétroles et des schistes.				
COULEUR .....	Rouge	Noire			T 60-104
VISCOSITÉ à 20° C / Centistokes / Engler..... à 50° C / Centistokes / Engler.....	max. 9,5 max. 1,8	inf. à 49 inf. à 6,5	inf. à 110 inf. à 14	110 à 380 14 à 50	T 60-100
INFLAMMABILITÉ LUCHAIRE Min. Max.	56° C 140° C	70° C 140° C	70° C 140° C	70° C 190° C	T 60-103
EAU .....		inf. à 0,5 %	inf. à 0,75 %	inf. à 1,5 %	T 60-113
EAU SÉDIMENTS .....	max. 0,10 %				96-52 T
SOUFRE .....	max. 0,7	max. 2 %	max. 2 %	inf. à 4 %	T 60-108
POINT D'ÉCOULEMENT : du 15/4 au 14/10 .....	max. -3° C				
du 15/10 au 14/4 .....	max. -6° C	max. 0° C			T 60-103 (1)
DISTILLATION : à 250° .....	moins de 65 % en volume y compris les pertes				
avant 270°, max. ....		50 %	50 %	50 %	M 07-009
RÉSIDU DE CARBONE CONRADSON (sur 10 derniers p. 100 dist <sup>on</sup> )	max. 0,35 %				T 60-116
INDICE DE CÉTANE .....	min. 40				

(1) C'est le " pour point " minimum qui sera déterminé en cas de contestations.

Arrêté du 21-10-1947 Journal Officiel du 29-10-1947  
 Arrêté du 13- 7-1949 Journal Officiel du 19- 7-1949  
 Arrêté du 24- 7-1953 Journal Officiel du 25- 7-1953  
 Arrêté du 3- 8-1954 Journal Officiel du 28- 8-1954  
 Arrêté du 31- 5-1956 Journal Officiel du 2- 6-1956

Arrêté du 2- 9-1957 Journal Officiel du 14- 9-1957  
 Arrêté du 23-10-1959 Journal Officiel du 1-11-1959  
 Arrêté du 12- 4-1960 Journal Officiel du 21- 4-1960  
 Arrêté du 13- 5-1961 Journal Officiel du 17- 5-1961  
 Arrêté du 31- 1-1982 Journal Officiel du 1- 2-1982

