

Chapitre 11

Combustibles  
Carburants  
Lubrifiants

11.1.	Introduction . . . . .	364
11.1.1.	Combustible . . . . .	364
11.1.2.	Carburant . . . . .	364
11.1.3.	Comburant . . . . .	364
11.1.4.	Indice d'octane . . . . .	364
11.2.	Combustibles solides naturels . . . . .	364
11.3.	Combustibles liquides naturels . . . . .	364
11.3.1.	Pétrole . . . . .	364
11.3.2.	Diverses opérations industrielles du traitement du pétrole . . . . .	364
11.3.2.1.	Distillation . . . . .	366
11.3.2.2.	Cracking ou craquage . . . . .	366
11.3.2.3.	Raffinage . . . . .	366
11.4.	Alcools . . . . .	369
11.4.1.	Alcool propylique . . . . .	369
11.4.2.	Alcool butylique . . . . .	369
11.4.3.	Alcool éthylique . . . . .	339
11.4.4.	Alcool méthylique . . . . .	369
11.5.	Combustibles gazeux naturels . . . . .	369
11.6.	Les lubrifiants . . . . .	372
11.6.1.	Généralités . . . . .	372
11.6.2.	Essais des lubrifiants . . . . .	372
11.6.2.1.	Masse volumique . . . . .	372
11.6.2.2.	Point d'éclair . . . . .	372
11.6.2.3.	Point de congélation . . . . .	372
11.6.2.4.	Point de goutte . . . . .	372
11.6.2.5.	Viscosité . . . . .	372
11.6.2.6.	Spécification SAE . . . . .	373
11.7.	Unités conventionnelles employées pour la viscosité . . . . .	373
11.8.	Choix d'un lubrifiant . . . . .	374
11.8.1.	Huile de graissage . . . . .	374
11.8.2.	Graisses . . . . .	374
11.9.	Viscosimètre empirique de Engler . . . . .	374

11. 1. Introduction

11. 1. 1. Combustible

Matière dont la combustion produit de l'énergie calorifique. Les combustibles sont des composés de carbone et d'hydrogène auxquels viennent s'ajouter parfois de l'oxygène et de petites quantités de soufre et d'azote.

Ils sont classés en trois groupes: **solides, liquides et gazeux**, naturels ou artificiels (voir tableaux 11-3, 11-4 et fig. 11-2).

11. 1. 2. Carburant

Combustible qui contient un carbone d'hydrogène.

11. 1. 3. Comburant

Se dit d'un corps qui par combinaison avec un autre amène la combustion de ce dernier. Exemple: l'oxygène est comburant mais non combustible.

11. 1. 4. Indice d'octane

On a recours à la notion d'indice d'octane pour déterminer la plus ou moins grande aptitude d'un carburant à détoner dans un moteur à explosions (résistance du carburant au cliquetis).

11. 2. Combustibles solides naturels

Plus un combustible a de matières volatiles, plus aisée est sa combustion et plus longue est sa flamme. L'antracite, les différentes houilles et lignites se sont formées à l'époque

primaire. Ils résultent de la transformation des matières organiques, feuilles et troncs d'arbres accumulés à l'époque carbonifère dans des cavités le long des plissements du terrain. Ces matières ont subi de profondes modifications sous l'action de la température et de la pression du sol.

11. 3. Combustibles liquides naturels

11. 3. 1. Pétrole

Origine

Le pétrole a, comme origine, la décomposition d'organismes animaux et végétaux tombés au fond des mers et enterrés dans le sable.

11. 3. 2. Diverses opérations industrielles de traitement du pétrole

(voir fig. 11-1)

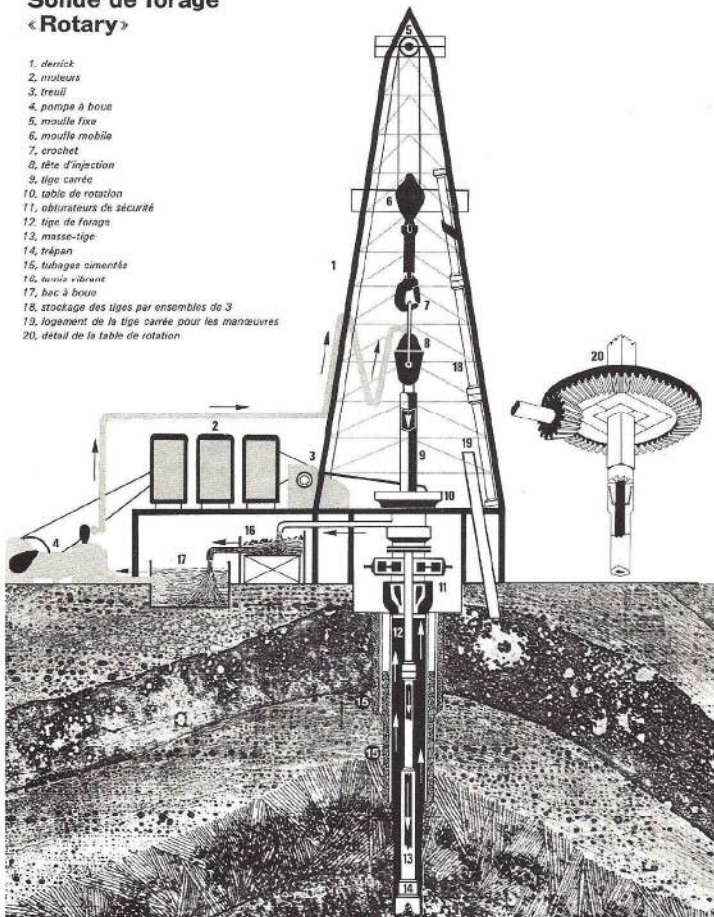
Le pétrole brut tel qu'il sort du sol est un liquide de densité généralement inférieure à celle de l'eau et le plus souvent de couleur sombre. C'est un mélange complexe d'un très grand nombre de carbures d'hydrogène en proportion variable suivant son origine. L'industrie du raffinage se propose de séparer les uns des autres les groupes d'hydrocarbures utilisables, de les transformer pour les adapter au mieux de leur emploi et d'éliminer les impuretés qui s'y trouvent.

Les principales opérations effectuées sur le pétrole brut pour séparer les différents hydrocarbures et en tirer des produits commerciaux sont de trois sortes:

11

Sonde de forage  
« Rotary »

- 1, derrick
- 2, moteurs
- 3, treuil
- 4, pompe à boue
- 5, moule fixe
- 6, moule mobile
- 7, crochet
- 8, tête d'injection
- 9, tige carrée
- 10, table de rotation
- 11, obturateurs de sécurité
- 12, tige de forage
- 13, masse-tige
- 14, trépan
- 15, tubages cimentés
- 16, servis vibrants
- 17, bac à boue
- 18, stockage des tiges par ensembles de 3
- 19, logement de la tige carrée pour les manœuvres
- 20, détail de la table de rotation



11.3.2.1. Distillation

Dans la distillation, le pétrole brut est porté à plus de 300° C dans un four, puis il est envoyé dans une tour de fractionnement où les produits que la chaleur a vaporisé se répartissent du haut en bas suivant leur volatilité, les plus légers en haut.

La distillation sous vide est la méthode employée pour séparer les fuels lourds, obtenus lors de la distillation primaire, en bitumes et en distillats. Les distillats peuvent être utilisés pour le cracking catalytique ou pour la fabrication des huiles de graissage.

11.3.2.2. Cracking ou craquage

Le cracking ou craquage consiste à fabriquer des essences avec des produits plus lourds en brisant leurs molécules sous la double action de la température, supérieure à 500° C, et de la pression, 55 bars. Ces molécules se fragmentent en molécules plus petites, constituant ainsi des produits plus légers que le produit initial et donnant notamment de l'essence. Selon que cette opération s'applique à un gasoil, à un lampant ou à un résidu lourd, elle porte le nom de **cracking reforming reduction**.

Le cracking thermique est essentiellement un traitement à haute température par lequel les molécules lourdes sont fractionnées et reconstituées en molécules plus petites. En « craquant » du fuel lourd, on obtient une production complémentaire d'essence de meilleure qualité.

Le cracking catalytique, supérieur au thermique sous bien des aspects, permet de produire une essence de

qualité encore meilleure sans pression élevée. Ce procédé utilise un catalyseur, substance qui accélère la réaction sans subir elle-même aucune transformation chimique. Le cracking catalytique le plus fréquemment utilisé est le procédé dit « fluid » ou « fluid bed » dans lequel le catalyseur employé est une poudre très fine de silice alumine qui, dans un courant gazeux, se comporte à peu près comme un fluide.

11.3.2.3. Raffinage

Le raffinage a pour but d'éliminer les substances nuisibles contenues dans chaque fraction, par une suite d'opérations généralement chimiques. Pour les essences de craquage, le raffinage comprend en outre une redistillation.

Produits chimiques à partir du pétrole voir page 368

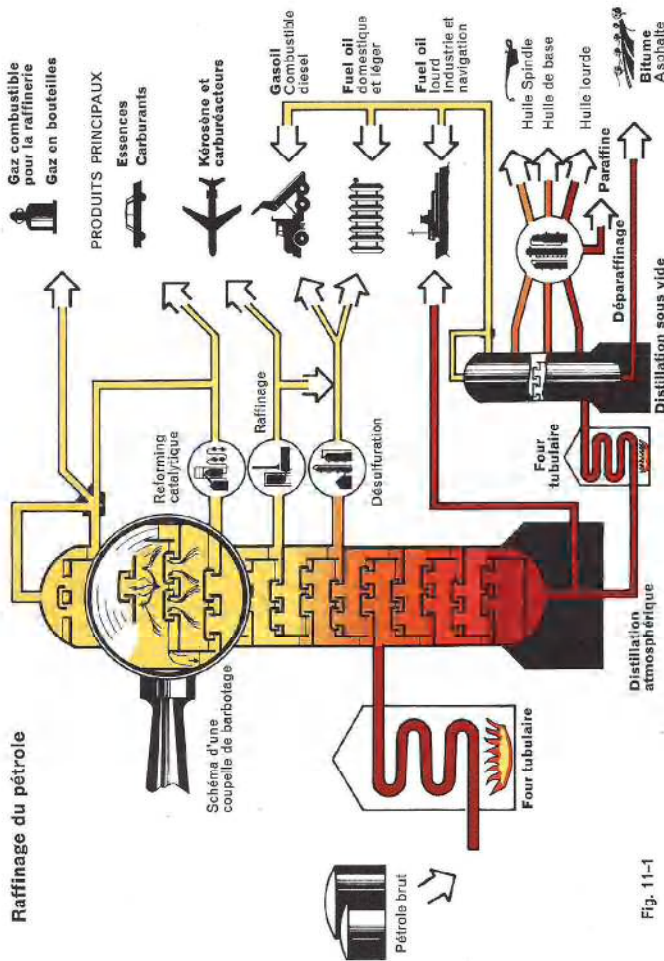


Fig. 11-1

**PRODUITS CHIMIQUES À PARTIR DU PÉTROLE**  
 Autrefois, l'industrie chimique utilisait comme matière première du goudron de houille, qui est une substance naturelle. On utilise maintenant le pétrole comme base pour les produits chimiques synthétiques. Il n'y a plus guère d'objet de la vie courante qui ne contienne l'une ou l'autre substance tirée du pétrole.



**11. 4. Alcools**

**Fabrication**

Les alcools forment une classe de composés organiques. Ils se caractérisent par la présence d'un groupe hydroxyle (HO). Les alcools inférieurs (les plus légers) sont des liquides volatils. On distingue plusieurs sortes d'alcools provenant des gaz de distillation du pétrole ainsi que du bois.

**11. 4. 1. Alcool propylique**

à partir du propane/propylène.

**11. 4. 2. Alcool butylique**

à partir du butane/butylène.

**11. 4. 3. Alcool éthylique**

(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-OH) (Ethanol, alcool ordinaire, esprit de vin)

L'alcool éthylique peut être obtenu lors de la fermentation des fruits.

- liquide incolore à odeur spiritueuse
- densité: (15/4) 0,7936; Eb 78° C; F: - 114,5° C
- se mêle à l'eau, inflammable, toxique

**Emplois:** chauffage et force motrice; vernis; dissolvant; parfums; alimentation; boissons; agent de synthèse; acide acétique, vinaigre; préparation antigel; thermomètres.

**11. 4. 4. Alcool méthylique**

(CH<sub>3</sub> OH) (Méthanol) combustible (esprit de bois) provenant de la distillation du bois.

- liquide incolore à odeur spiritueuse
- densité: 0,814 à 0° C; Eb: 65° C; F: - 97° C
- brûle avec une flamme non éclairante
- se mêle à l'eau. Dissolvant organique
- dissout K et Na (décaçement d'H.), inflammable, vapeur toxique, poison violent

**Emplois:** combustible pour moteur (avec l'essence et le benzène) antidétonant; dissolvant pour laques et vernis.

**11. 5. Combustibles gazeux naturels**

**Définition**

On appelle gaz naturel tout corps gazeux combustible provenant du sous-sol.

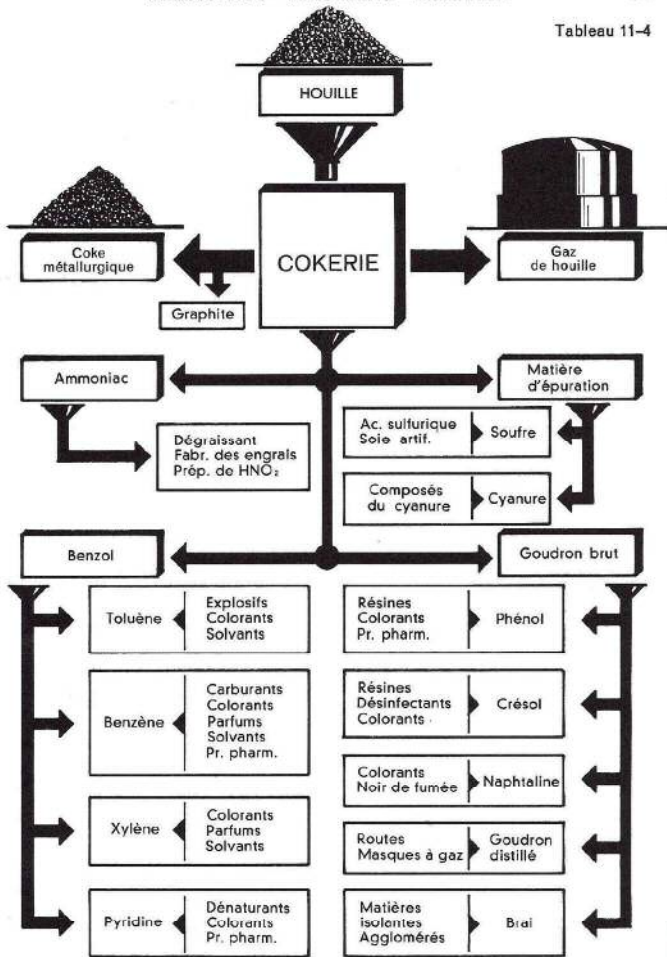
La plupart des gaz naturels sont des mélanges d'hydrocarbures saturés où prédomine le méthane. Ils proviennent d'accumulations souterraines de gaz seuls ou associés au pétrole. La composition de ces gaz est fonction des gisements d'hydrocarbures exploités.

**Provenance**

Le plus souvent, le gaz naturel provient d'un gisement de gaz. Les condensations séparées de gaz, contenant des produits combustibles, sont des sous-produits de l'exploitation du gaz. Dans les puits de pétrole, le gaz naturel obtenu est un sous-produit de l'exploitation du pétrole.

COMBUSTIBLES		Tableau 11-3				
		Pouvoirs calorifiques				
		en kJ/kg		en kJ/m <sup>3</sup>		
SOLIDES	LIQUIDES	GAZEUX	Intérieur	Supérieur	Intérieur	Supérieur
			Anthracite . . . . .	35 274		
Bois . . . . .	15 072					
Houille . . . . .	31 820					
Lignite . . . . .	31 145					
Tourbe . . . . .	16 747					
Agglomérés . . . . .	26 796					
Charbon de bois . . . . .	31 820					
Coke . . . . .	29 309					
	Essence auto . . . . .	42 496	46 683			
	Essence légère . . . . .	42 496	47 520			
	Gasoil (huile diesel) . . . . .	42 915	45 008			
	Pétrole (kérosène) . . . . .	40 821	42 915			
	Alcool éthylique C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH . . . . .	26 963	29 894			
	Alcool à brûler 95% . . . . .	25 309	28 219			
	Benzol (benzène + toluène + xylène) . . . . .	40 235	42 077			
	Essence de synthèse . . . . .	43 543	43 961			
	Gaz liquéfié (mélange Cn Hn) . . . . .	45 845	50 032			
	Pentane C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> . . . . .	45 385	49 048			
	Hexane C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> . . . . .	45 134	48 709			
	Heptane C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> . . . . .	44 954	48 471			
	Octane C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> . . . . .	44 820	48 291			
	Gaz de houille . . . . .			15 910	19 496	
	Saint-Marcet . . . . .			37 129		
	Lacq . . . . .			35 588		
	Hassi-Messaoud . . . . .			55 015		
	Méthane C <sub>1</sub> H <sub>4</sub> . . . . .	50 049	55 538	35 923	39 858	
	Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . . . . .	47 520	51 912	64 477	70 422	
	Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> . . . . .	46 386	50 384	92 989	100 986	
	Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> . . . . .	45 745	49 538	123 511	133 978	
	Benzène C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> . . . . .	40 612	42 287	144 026	150 306	
	Toluène C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> . . . . .	40 792	42 747	171 659	179 614	
	Xylène C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> . . . . .	40 876	42 998	198 873	208 921	
	Hydrogène H <sub>2</sub> . . . . .	120 077	141 891	10 802	12 770	
	Acétylène C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . .	48 567	50 242	56 899	58 908	

Tableau 11-4



11. 6. Les lubrifiants

11. 6. 1. Généralités

Les lubrifiants sont des substances liquides, pâteuses ou solides qui diminuent les résistances passives des machines en substituant au frottement direct des organes le frottement interne des lubrifiants interposés.

Ils ont pour effet :

- de protéger les organes frottants contre l'usure
- dans certains cas d'éviter la corrosion
- de faciliter les échanges thermiques dans les cas de graissage par circulation
- d'assurer ou parfaire l'étanchéité d'organes de machines
- de véhiculer les déchets métalliques microscopiques dus au rodage des pièces en frottement. Ces déchets métalliques sont retenus par un filtre

Les huiles minérales sont des hydrocarbures; les huiles animales et végétales sont des éthers-sels, combinaison d'un acide gras avec la glycérine. Il existe un certain nombre d'additifs pour lubrifiants. Ceux-ci modifient les caractéristiques d'utilisation. On en trouvera quelques exemples dans les tableaux 11-11 et 11-12.

11. 6. 2. Essais des lubrifiants

La détermination des caractéristiques des lubrifiants a fait l'objet de normes dans de nombreux pays. Les essais sont les suivants:

11. 6. 2. 1. Masse volumique

Permet de fixer la provenance du lubrifiant: 0,89 à 0,96 g/cm<sup>3</sup> pour les huiles minérales et environ 1,1 g/cm<sup>3</sup> pour les huiles de houille.

11. 6. 2. 2. Point d'éclair

C'est une caractéristique pour l'inflammabilité d'un lubrifiant utilisé dans des installations à hautes températures (moteurs à combustion interne, machines à vapeur, compresseurs). C'est la température à laquelle il se dégage du lubrifiant des vapeurs d'huile dont le mélange avec l'air devient inflammable au moyen d'une étincelle.

11. 6. 2. 3. Point de congélation

Température à laquelle le lubrifiant atteint une telle consistance qu'il ne coule plus dans un tube de 40 mm sous l'action de la pesanteur. En tenir compte pour les machines travaillant à basse température.

11. 6. 2. 4. Point de goutte

Il sert à déterminer le comportement d'un lubrifiant à l'échauffement. Température à laquelle un lubrifiant dégoutte d'un appareil « ad hoc ».

11. 6. 2. 5. Viscosité

C'est la résistance que le fluide oppose aux glissements internes des molécules. C'est une propriété essentiellement dynamique. On dit aussi ténacité ou frottement interne. Pour la mesure de la viscosité, il existe plusieurs appareils appelés viscosimètres dits absolus ou empiriques, normalisés ou non. En Europe continentale, on utilise le système Engler dont les résultats sont exprimés en degrés Engler (E°).

C'est le temps mesuré pour écouler 200 cm<sup>3</sup> d'huile à 20° C divisé par le temps d'écoulement de 200 cm<sup>3</sup> d'eau à 20° C (50 à 52 sec). Les cotations commerciales s'expriment aux températures de 20 - 50 - 100 et 150° C (E<sub>20</sub>, E<sub>50</sub>,... ) (fig. 11-5).

11. 6. 2. 6. Spécification SAE

Les Etats-Unis ont désigné les lubrifiants pour automobiles par un numéro SAE (Society of Automotive Engineers) sur la viscosité des huiles. Ces numéros vont de 5 à 20 W et de 20 à 90 W pour les huiles de moteurs. Puis de 75 à 250 pour les huiles de boîtes et ponts. Ils sont à peu près universellement adoptés.

11. 7. Unités conventionnelles employées pour la viscosité

a) Viscosité dynamique:

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = \frac{1 \text{ Pa} \cdot \text{m}}{1 \text{ m/s}}$$

b) Viscosité cinématique:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = \frac{1 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1 \text{ kg/m}^3}$$

c) Degré Engler (E°) en Europe continentale

d) Seconde Redwood (R°) en Grande-Bretagne

e) Seconde Saybolt (S°) aux USA

Voir tableau page 376

But et domaine d'utilisation

L'introduction, à l'échelle mondiale, de la norme ISO 3448 doit permettre l'élimination des différentes indications de viscosités avec des références de températures variantes, ce qui porte souvent à des confusions.

Dès juin 1976, la norme DIN 51519 s'est également adaptée à la norme ISO. Il en est résulté, sur le plan international, une uniformité des indications de viscosités en mm<sup>2</sup>/sec. (cSt) à 40° C dans le domaine des huiles industrielles.

Nouvelles classes de viscosités

La nouvelle classification ISO définit dix-huit classes de viscosités dans l'échelle de 2 à 1500 mm<sup>2</sup>/sec. (cSt) à 40° C. Celles-ci sont appelées ISO VG (grade viscosité) 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680, 1000 et 1500. Ces valeurs représentent la viscosité moyenne. Les tolérances acceptables sont de l'ordre de ± 10%. La classification ISO ne tient pas compte de la qualité et ne renseigne que sur la viscosité cinématique à la température de 40° C.

11. 8. Choix d'un lubrifiant

11. 8. 1. Huiles de graissage

- Boîte de vitesses de machines-outils, paliers à bagues: 4 à 6° E.
- Transmissions chargées, régime lent 9 à 10° E.
- Engrenages, glissières de machines-outils, jeu important: 8 à 12° E.
- Réducteurs, vitesses lentes: 18 à 20° E.
- Laminoirs: 30 à 65° E.
- Tabliers de tours: 4 à 4,5° E.
- Réducteurs à vis sans fin: 26 à 28° E.
- Températures élevées: 80° E.
- Commandes hydrauliques: 1,8 à 15° E.
- Paliers de broches tournant à grande vitesse.
- Précis: 1,3 à 1,5° E.
- Paliers de moteurs électriques: 3 à 10° E.
- Horlogerie: les valeurs sont données en stocks à +20° C; elles varient en moyenne de 0,6 à 2,7.

11. 8. 2. Graisses

- Roulements à billes: graisse fibreuse.
- Paliers lisses: graisse insoluble.
- Graissage centralisé: graisse molle.
- Matériel lourd: graisse graphitée.
- Paliers de laminoirs: point de goutte: 50°.
- Câbles d'ascenseurs: point de goutte: 50 à 60°.
- Engrenages nus: point de goutte: 75°.
- Températures élevées: graisse avec appoint solide, soit graphite en paillettes ou au bisulfure de molybdène.
- Horlogerie: elles sont à base de graphite, de molybdène ou de silicone suivant l'emploi.

11. 9 Viscosimètre empirique de ENGLER

(fig. 11-5)

Fonctionnement

Le récipient en laiton A contient le liquide dont on veut connaître la viscosité. Le récipient B contient de l'eau. Un corps de chauffe C permet d'amener l'eau à la température désirée, à l'aide du thermomètre D. Le thermomètre E indique la température d'essais du liquide à mesurer. Lorsque cette température est atteinte, on soulève la tige F. Le liquide s'écoule par la buse G dans l'éprouvette I. Deux repères H<sub>1</sub> et H<sub>2</sub> indiquent un volume de 200 cm<sup>3</sup>. Dès que le niveau atteint H<sub>1</sub>, on déclenche un chronomètre, puis on le stoppe lorsque le liquide arrive en H<sub>2</sub>. Les degrés Engler représentent le quotient du temps d'écoulement de 200 cm<sup>3</sup> du liquide considéré par le temps d'écoulement de 200 cm<sup>3</sup> d'eau à 20° C, les deux mesures étant faites à travers une même buse de 2,8 mm de diamètre intérieur.

Ayant ainsi le temps d'écoulement T de 200 cm<sup>3</sup> de liquide à la température de t° C, nous divisons ce temps par le temps d'écoulement T<sub>0</sub> de 200 cm<sup>3</sup> d'eau distillée à 20° C. Ce dernier temps est donné par la fiche du viscosimètre; il est voisin de 51,65, ainsi on a:

$$E_t = \frac{T}{T_0}$$

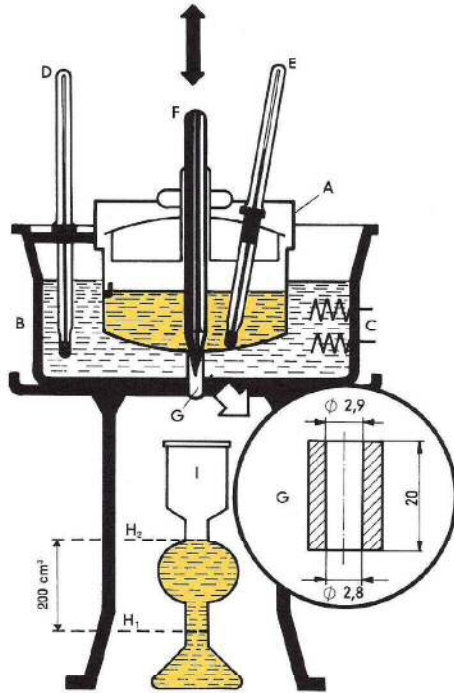


Fig. 11-5

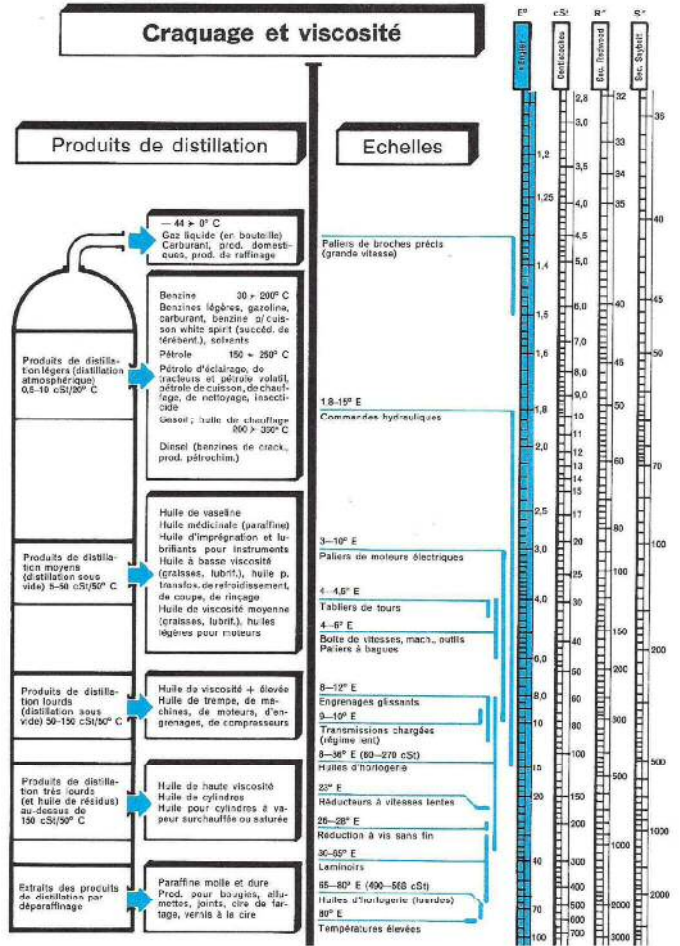


Tableau 11-7

### Classification des lubrifiants

	Règne	Liquides	Pâteux	Solides
LUBRIFIANTS NATURELS	Minéral Page 380	Huiles de pétrole Huiles de goudron Huiles de houille Huiles de lignite	Vaseline	Brai de houille, de schistes Graphite Talc Soufre
	Végétal Page 379	Huiles de ricin, lin, olive, coton, colza	Huile de palmes Palmistes	Colophane
	Animal Page 378	Huiles de suif Huiles de lard	Suif	Stéarine
LUBRIFIANTS ARTIFICIELS Page 381	Graphite colloidal en suspension dans l'eau, l'huile, les graisses Huiles à moteur compoundées à l'huile de ricin ou à l'oléine Huiles à cylindre (addition d'huile de suif, ou de lard, aux huiles de pétrole)			
	Graisses consistantes diverses			

Tableau 11-8

### Lubrifiants d'origine animale

	Origine	Désignation	Application
ANIMAUX TERRESTRES	LIQUIDES	Huile de lard	Huiles de coupe Huiles compound
		Oléines	Huiles de démoulage Huiles compound
		Glycérine	Faible température Compresseur à acide carbonique
	PÂTEUX	Brais de suint et de glycérine	Graisses adhésives
		Suifs - Oléostéarines	Graisses consistantes Tréfilage
	SOLIDES	Stéarine	Graisses dures Huiles compound Laminoirs, fours à ciment
Cires d'abeilles		Emboutissage (émulsions) Antirouille Graisse à roulements	
ANIMAUX MARINS	LIQUIDES	Huiles de poisson	Fabrication des huiles pour broches

Tableau 11-9

**Lubrifiants naturels d'origine végétale**

	Désignation	Application
LIQUIDES	Huile de lin Huiles siccatives	Joints pour métaux en contact Agglomérants pour sable de fonderie
	Huile de colza et de coton	Huiles marines (compound) Antirouille
	Huiles non siccatives Huile de ricin	Maximum 300° C - Conserve sa viscosité - Onctuosité - Corrosive - Constituant des fluides pour transmissions hydrauliques - Pour huiles solubles - Graisses pour pompes à hydrocarbures
	Huile d'olives et d'arachides	S'oxydent Ne résistent pas à la température Fabrication des graisses
PÂTEUX	Huile de palme	Graisses consistantes Huiles compound Antioxydant pour étamage
	Huile de coco Huile de coprah	Matériel roulant - Chemins de fer
SOLIDES	Résines - Cires Colophane	Graisses à souder - Emulsions Huiles pour isolations Savons spéciaux

Tableau 11-10

**Lubrifiants d'origine minérale**

	Désignation	Application
LIQUIDES	Huiles de pétrole	Les plus utilisées, moteurs, mécanismes
	Huiles de goudron de houille	Utilisées comme huiles de remplacement, car il subsiste toujours de l'anthracène cristallisable
	Huiles de schistes	Huiles de trempes Renferment de la paraffine
	Solutions aqueuses de soude	Fabrication de la soude - Savons Détergents
	Eau	Compresseurs à oxygène (auto-inflammation de l'huile en présence d'oxygène)
PÂTEUX	Vaselines	Antirouilles
SOLIDES	Talc Mica	Graisses pour concasseurs
	Brais de pétrole, de schistes, de houille	Graisses à point de fusion élevé Laminaires
	Paraffines - Cires	Antirouille - Vaselines industrielles
	Graphite à l'état colloïdal	Graisses et huiles graphitées Tréfilage
	Soufre à l'état libre	A l'état colloïdal - Grippeage
	Soufre à l'état combiné	Huiles solubles - Travail des métaux

Tableau 11-11

**Huiles spéciales dites artificielles**

Constituants	Désignation	Application
Mélange d'huile minérale fluide avec de l'huile d'olives	Huiles pour broches	Machines-outils Filatures (spindle 2,5° E)
Emulsions, huiles minérales, huiles de schistes	Huiles solubles	Huiles de coupe
Huiles de colza, de schistes, spindle	Huiles de trempes	Traitements thermiques
Mélange d'huile minérale, végétale et de poissons avec corps gras sulfonés	Huiles de démoulage	Fonderie
Solvant (alcool propylique ou butylique, éthers de glycol, etc., 40 à 80%) Épaississant (huile de ricin, polyesters, etc., 20 à 60%)	Transmissions hydrauliques	Freins - Amortisseurs Servomoteurs Commandes - Coupleurs
Huiles minérales avec huiles de lard et colza	Huiles pour moteurs et compresseurs	Idem
Huiles graphitées		Estampage - Forge
Graphite colloïdal dans l'eau		Tréfilage des filaments de lampes
Huiles compound visqueuses à l'huile de lard, de palmes ou d'oléines	Huiles à cylindres	Machines à vapeur saturée (Pe < 285° C) Machines à vapeur surchauffée (Pe > 285° C)

**Additifs et dopes pour lubrifiants**

Tableau 11-12

Rôle de l'additif	Constitution chimique	Propriétés chimiques
MODIFIE LA VISCOSITÉ	Polysobutyènes Polymères des esters métacryliques	Améliorent l'indice de viscosité Résistent à l'oxydation
ANTI-CONGELANTS	Paraffines chlorées Condensats de phénols sur paraffines par chlorures pyritiques	Les cristaux de paraffine sont maintenus en suspension Abaissent le point de congélation de 10 à 20° C
ONCTUOSITÉS ADHÉSIVITÉS	Phosphites de phénols alkylés Corps gras	Maintiennent un film d'huile monomoléculaire stable Engrenages, câbles Diminuent grippeage et usure
HAUTES PRESSIONS ET TEMPÉRATURES	Graphites; bisulfites de molybdènes Paraffines chlorées Naphthalènes de plomb	Évitent le grippeage aux hautes pressions et températures (450° C) Améliorent le contact huile-métal Engrenages hypoides
ANTI-OXYDANTS	Paraffines sulfurées Terpènes sulfurés Oléfines sulfurées Sulfures, phosphites Esters sulfurés	Éliminent la corrosion due à une réaction électrolytique entre les métaux et l'acide de l'huile Forment une couche sur les métaux, promoteurs de l'oxydation (passivation)

ANTI-ROUILLES	Sels de baryum divers Oléfines sulfonées Lécithines	Composés formant une couche protectrice sur les surfaces métalliques Détergents Passivateurs de surface
ANTI-FRICTION	Esters d'acides gras oxydés Tricrésylphosphates	Augmentent la stabilité des films d'huile très minces Rodage de moteurs Mouvements de précision
ANTI-SEPTIQUES	Produits détergents Cétylpyridiums	Évitent les troubles cutanés provenant des huiles de coupe
ÉMULSIONNANTS	Produits tensio-actifs Sulfonates Naphthénates sulfonés	Stabilisent les émulsions d'eau et d'huile minérale Abaissent la tension superficielle de l'eau Huiles de coupe Huiles solubles Huiles de trempe
CONTRE LE GOMMAGE	Produits métalliques Détergents Oléates de Ca et Al Naphtholénates et phényléstéarates de Ca, Mg ou Zn	Éliminent la formation des gommages par action antioxydante et détergente
DÉTERGENTS	Savons de Ba, Ca, Na, Al Naphthénates d'Al Sels de Ca et Ba divers	Empêchent la formation de dépôts solides sur les surfaces métalliques (pistons et tuyauteries) Huiles de moteurs Huiles et heavy duty pour diesels
INHIBITEURS	Thiophosphoramide complexe	Diminuent la tendance au vieillissement Favorisent la viscosité Pour gros efforts thermiques