

FORAY Société Anonyme, 101 25  
D'ENTRÉE DE L'ÉCOLE & DE L'ÉPIQUE

A. RICHE ET G. HALPHEN

---

LE

# PÉTROLE



*Encyclopédie de Chimie Industrielle*

---

J.B. BAILLIÈRE & FILS

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

## HUILES MINÉRALES ET VÉGÉTALES — TOURTEAUX

DESMARAIS FRÈRES

29, Rue de Londres. — Paris

### HUILES ET ESSENCES DE PÉTROLE

**ORIFLAMME**, Pétrole blanc ininflammable sans odeur. — Gazoline pour appareils à air carburé.

Pétrole spécial pour moteurs. — Essences pour voitures automobiles. — Paraffine. — Cire minérale à parquet.

*Vaselines (Marque Robert) et Huiles de Vaseline*

**Huiles végétales** pour éclairage et graissage. — Huiles d'arachides et sésames à bouche. — Huiles de lin claires et cuites pour peinture et vernis. — Huiles pour savonneries. —

**Tourteaux** de colza, de lin et autres graines pour nourriture et engrais. — **Savons blancs et bruns.**

**RAFFINERIES** : Havre. — Colombes. — Blaye. — Ivry.

**HUILERIES** : Havre. — Colombes. — Gonfreville.

## LES FILS DE A. DEUTSCH

(DE LA MEURTHE)

50, Rue de Châteaudun. — Paris

### GAZOLINES — BENZINES

Essences minérales rectifiées

Huiles de Pétrole raffinées "LUCILINE"

HUILES VÉGÉTALES ET MINÉRALES POUR GRAISSAGE

PARAFINES, CÉRÉSINES, ETC.

RAFFINERIES DE PÉTROLE  
FENAILLE & DESPEAUX

PARIS - BORDEAUX - ROUEN  
NEW-YORK

~~~~~  
SAXOLÉINE

PÉTROLE DE SURETÉ

**Extra blanc. — Déodorisé**

~~~~~  
*En bidons de 5 litres plombés et capsulés*

SOCIÉTÉ ANONYME

DE LILLE ET BONNIÈRES

**10, Rue des Pyramides. — Paris**

~~~~~  
L'OLYMPIENNE

(BREVETÉE S. G. D. G.)

LE SEUL PÉTROLE AYANT UNE ODEUR  
AGRÉABLE

SOCIÉTÉ  
DES HUILES MINÉRALES DE COLOMBES

Usines à la Garennes-Bezons près Paris

---

RAFFINERIE DU PÉTROLE  
ET DE SES DÉRIVÉS

---

ESSENCES ET BENZOLINES DÉODORISÉES

---

STELLA  
PÉTROLE DE LUXE GARANTI ININFLAMMABLE  
au dessous de 60 degrés centigrades

---

STELLINE  
ESSENCE DOUBLE RECTIFICATION  
Préparée spécialement  
POUR MOTEURS ET VOITURES AUTOMOBILES

---

SIÈGE SOCIAL  
20, RUE PARADIS. — PARIS

ENCYCLOPÉDIE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

---

LE

# PÉTROLE

EXPLOITATION — RAFFINAGE — ÉCLAIRAGE — CHAUFFAGE — FORCE MOTRICE

- RICHE et GÉLIS. L'Art de l'essayeur, par A. Riche, directeur des essais à la Monnaie de Paris, et E. Gélis, ingénieur des Arts et Manufactures. — 1 vol. in-18, de 384 pages, avec 94 fig., cart. 4 fr.
- RICHE. Monnaie, médailles et bijoux, essai et contrôle d'or et d'argent, par A. Riche, directeur des essais à la Monnaie de Paris. — 1 vol. in-18, de 396 pages, avec 66 figures, cart. 4 fr.
- HALPHEN. La pratique des essais commerciaux et industriels. — 2 vol.
- I. *Matières minérales*. Analyse qualitative et quantitative. 1892, 1 vol. in-18, de 342 pag., avec 28 fig., cart. 4 fr.
- II. *Matières organiques*, 1893, 1 vol. in-18, de 351 pages, avec 72 fig., cart. 4 fr.
- Couleurs et vernis. 1894, 1 vol. in-18 jésus, 388 pages, avec 29 figures, cart. 4 fr.
- L'Industrie de la soude. 1895, 1 vol. in-18 jésus, 368 pages avec 91 figures, cart. 4 fr.
- PIESSE. Histoire des parfums et hygiène de la toilette, poudres, vinaïgres, dentifrices, fards, teintures, cosmétiques, etc. Edition française par F. Chardin-Hadancourt, H. Massignon. 1889, 1 vol. in-18, de 371 pages, avec 68 figures, cart. 4 fr.
- Chimie des parfums et fabrication des essences. Edition française, par F. Chardin-Hadancourt, H. Massignon. 1896, 1 vol. in-18 de 397 pages, avec 78 figures, cart. 4 fr.
- HALLER (A.). L'industrie chimique. 1895, 1 vol. in-18, de 348 pages, cart. 5 fr.
- LEFÈVRE (J.). L'Électricité à la maison. 1896, 1 vol. in-18 de 396 pages, avec 225 figures, cart. 4 fr.
- Les Nouveautés électriques. 1896, 1 vol. in-18, de 400 pages, avec 150 figures, cart. 5 fr.
- MONTILLOT. L'Éclairage électrique, générateurs, foyers, distribution, applications. 1894, 1 vol. in-18 de 408 pages, avec 190 figures, cart. 4 fr.
- MONT-SERRAT et BRISAC. Le Gaz et ses applications, éclairage, chauffage, force motrice. 1892, 1 vol. in-18, de 358 pages, avec 86 figures, cart. 4 fr.
- TASSART. L'industrie de la teinture. 1890, 1 vol. in-18, avec 55 figures, cart. 4 fr.
- Les matières colorantes et la chimie de la teinture. 1890, 1 vol. in-18, avec figures, cart. 4 fr.
- WITZ. La Machine à vapeur. 1891, 1 vol. in-18, de 324 pages, avec 80 figures, cart. 4 fr.

A. RICHE  
DIRECTEUR DES ESSAIS  
À LA MONNAIE,  
PROFESSEUR À L'ÉCOLE DE PHARMACIE

G. HALPHEN  
INGÉNIEUR CHIMISTE,  
CHIMISTE EN CHEF AU LABORATOIRE  
DU MINISTÈRE DU COMMERCE.

LE  
PÉTROLE

EXPLOITATION — RAFFINAGE  
ÉCLAIRAGE — CHAUFFAGE — FORCE MOTRICE

*Avec 114 figures intercalées dans le texte*

GISEMENTS ET EXPLOITATION  
DISTILLATION — RAFFINAGE  
ÉCLAIRAGE — CHAUFFAGE  
MOTEURS  
à essences et à huiles de pétrole  
LOCOMOTION AUTOMOBILE  
GRAISSAGE

PARIS  
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS  
Rue Hautefeuille, 19, près du boulevard Saint-Germain

1896

Tous droits réservés

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



## PRÉFACE

---

Le livre que nous publions aujourd'hui a eu comme point de départ une mission en Amérique, confiée à MM. RICHE et ROUME, par le Ministère du Commerce et de l'Industrie, en vue d'étudier sur place la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux États-Unis.

Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'un rapport étendu dans lequel nous avons puisé une partie des matériaux du livre que nous publions aujourd'hui.

Le pétrole est devenu de nos jours un produit de grande consommation dont les applications multiples font l'objet d'un commerce très important.

Employé pour l'éclairage, il rend les plus grands services dans les milieux d'habitation modestes comme dans les installations confortables, dans les usines et sur les voies publiques.

Ses produits les plus légers ont trouvé un utile débouché dans certaines branches de l'industrie chimique et mécanique, tandis que les plus lourds, servant au graissage des différents organes des machines, ont été particulièrement appréciés et tendent de plus en plus à se substituer aux corps gras.

En raison de la grande quantité de chaleur qu'il fournit par simple combustion à l'air, le pétrole est utilisé soit pour produire la vapeur, soit pour obtenir

directement les températures élevées que réclament les opérations industrielles, métallurgiques et autres.

La facilité de son transport, de sa manipulation et de son emmagasinage l'ont désigné comme susceptible d'être avantageusement employé pour actionner les moteurs, en particulier ceux de la petite industrie et de l'agriculture, et l'on a vu les applications toutes spéciales de ces moteurs à pétrole à la locomotion automobile.

Un livre résumant ces diverses applications paraît devoir intéresser un certain nombre de lecteurs. Celui que nous présentons a été conçu de la façon suivante :

La **Première Partie** est réservée à la description des gisements et des méthodes d'extraction des produits bruts, dont nous étudions ensuite les caractères et les propriétés physiques et chimiques.

La **Seconde Partie** traite, avec quelques détails, du raffinage ; nous y exposons les différents procédés suivis en Amérique, en Russie, en France et en Autriche-Hongrie, pour la séparation et la purification des essences, huiles lampantes, huiles lourdes, paraffines et vaselines.

Enfin, dans une **Troisième Partie**, nous avons passé en revue les applications les plus importantes : éclairage et chauffage au moyen de divers dérivés du pétrole ; production d'énergie mécanique ; lubrification.

Nous avons en outre donné quelques renseignements sur les qualités des différentes huiles, leur choix et les méthodes d'essai qui leur sont applicables.

Des figures étaient nécessaires. MM. Lesieur et Desmarais d'une part, M. Henry Deutsch d'autre part, ont mis fort obligeamment à notre disposition quelques-unes des gravures qui accompagnent notre texte. Nous les prions de recevoir ici tous nos remerciements.

A. RICHE. G. HALPHEN.

Juin 1896.

# LE PÉTROLE

---

## I.

### Historique.

Le naphte ou pétrole, a été discerné de toute antiquité parce qu'il se rencontre à l'état de sources, de lacs, dans les pays d'Orient qui ont été le berceau du monde. Le pétrole est aussi répandu dans le nouveau monde que dans l'ancien.

On connaît les dégagements gazeux qui, depuis plus de vingt-cinq siècles, constituaient les feux éternels adorés par les Persans dans la péninsule d'Apchéron à Surakhani. Enfin, Pline rapporte que les huiles de Sicile furent employées pour l'éclairage à Agrigente.

En Chine et au Japon, les huiles minérales furent connues de tout temps.

Dès le commencement de ce siècle, la Birmanie exportait en Angleterre le pétrole de Rangoon.

Les huiles minérales, qui accompagnaient l'eau salée et les dégagements gazeux, avaient appelé l'attention des Américains du Nord, et on avait constaté la possibilité de les brûler ; des Compagnies s'étaient même fondées dans le but d'extraire ces huiles et de les employer à l'éclairage ; mais leur odeur, la difficulté de les purifier, avaient découragé les chercheurs, et ce n'est que très exceptionnellement, dans le voisinage des

dégagements des gaz ou des huiles, qu'on les utilisait pour l'éclairage.

On avait cependant commencé à se servir d'huiles minérales pour l'éclairage dans divers pays, mais ce n'étaient pas des huiles trouvées directement dans le sol ; on les retirait de matières minérales particulières désignées sous le nom de *schistes bitumineux*.

En présence de l'extension qu'avait prise l'industrie des huiles minérales retirées des schistes et des *Boghead* d'Ecosse, l'attention des savants et des industriels fut attirée sur les huiles qui se trouvent formées tout naturellement dans le sol et qui sont manifestement douées des mêmes propriétés générales ; leur étude se poursuivit ainsi que leur exploitation. Les Anglais avaient pris la direction des travaux à Rangoon en Birnie, et ils importaient, en 1847, au moins 100,000 litres de pétrole qui, distillés en Angleterre, étaient exportés sur le continent.

En 1857, on vendait en Galicie et même à Vienne, du pétrole pour l'éclairage, provenant des gisements de Galicie ; des essais plus timides étaient exécutés en Alsace à Pechelbronn, à Tegernsee, à Elheim, en Allemagne.

Tout à coup, en 1858, on apprit qu'un Américain nommé Drake qui forait un puits d'eau salée en Pensylvanie, à Titusville, avait failli être englouti avec ses ouvriers par un jet de liquide huileux dont la source intarissable continuait à fournir plusieurs milliers de litres par jour, et que ce liquide, après une purification très simple, brûlait avec une lumière éclatante.

La fièvre de l'or, qui, dix ans auparavant, avait poussé sur les bords du Sacramento une nuée d'émigrants de tous les pays, était en partie calmée, on citait des fortunes, réalisées en quelques années, qui tenaient du prodige. Une fièvre plus violente, peut-être, précipita

dans la vallée de l'Alleghany, en Pensylvanie, des légions de chercheurs, et, quelques années après, la Pensylvanie et les districts voisins étaient criblés de trous de sonde dont un grand nombre avaient un débit extraordinaire d'huiles et de gaz combustibles.

A part quelques exceptions, les fabriques d'huiles de houille de la région se mirent à distiller le pétrole, si bien que la production ne tarda pas à dépasser la consommation et que les prix tombèrent à un taux dérisoire.

Plus tard, les puits s'épuisant et la consommation croissant, les taux remontèrent si bien qu'en 1865 on entreprit le forage d'un certain nombre de puits sur une étendue considérable, entre l'île de Méanitoulin à Alabama et du Missouri à New-York.

Pendant que de nombreux efforts étaient tentés en Amérique, l'industrie du pétrole se développait en Russie et passait par diverses phases.

De 1801 à 1872, l'État accordait à des particuliers le monopole de l'exploitation par des concessions à durées limitées, d'environ quatre années. A partir de cette époque, le monopole fut aboli, et les terres appartenant au gouvernement furent vendues en 1874 aux particuliers, en même temps qu'il en allouait une grande partie, comme récompense, aux généraux de l'armée russe qui avaient participé à la conquête du Caucase. C'est à cette époque que l'impôt fourni par les fermages fut supprimé et remplacé par un droit fixe par alambic en fonctionnement, et par jour. Bien que cette première modification ait déterminé un essor industriel important, aucune tentative sérieuse ne réussit : M. Mirzoeff prince arménien, la société Coquereff et différents indigènes de seconde importance, n'arrivèrent que péniblement, avec un matériel incomplet quoique fort coûteux, à produire des huiles lampantes, les frais généraux de

ces exploitations, leur mauvais outillage et peut-être aussi une gérance défectueuse, épuisèrent bientôt leurs capitaux.

Enfin, le 1<sup>er</sup> septembre 1877, le droit sur les alambics fut supprimé et l'industrie du pétrole fut non seulement délivrée de toute tutelle administrative, mais se trouva protégée par un droit de douane de 55 kopecks par poud de pétrole lampant importé, soit 8 fr. 90 par 100 kilogrammes (en admettant pour le rouble une valeur de 2 fr. 65). A partir de cette époque, la production du pétrole croît d'une façon étonnante aussi, en 1880, le gouvernement russe, prenant en considération cette extension industrielle, ordonne la création d'une ligne de chemin de fer de Tiflis à Bakou qui, continuant la ligne de Poti-Tiflis, met en relation la mer Noire et la mer Caspienne.

## II.

### Gisements.

Le pétrole ou *huile de pierre* est un produit très répandu ; on le trouve, en quantités fort différentes, dans les diverses régions du globe terrestre où il se présente avec des aspects variables : Tantôt il constitue un liquide volatil à la température ordinaire et, dans ce cas, on le désigne sous le nom de *naphte*, d'autres fois on le rencontre sous forme d'un liquide peu volatil qui est le *pétrole* proprement dit, enfin, il prend soit un aspect semi-solide (*bitume malthe*) soit une consistance solide (*asphalte*).

Douées d'une odeur particulière variable d'une région à l'autre, les huiles de pétrole sont ou très foncées ou à peine colorées ; elles possèdent généralement un dichroïsme plus ou moins accentué. Plus légères que

l'eau, leur poids spécifique varie, comme nous le verrons plus tard, dans d'assez larges limites.

On trouve le pétrole dans les couches géologiques de tous les âges. L'inclinaison des terrains joue un rôle prépondérant sur la façon dont l'huile est accumulée. En règle générale, on ne rencontre les puits riches qu'au fond de couches inclinées; c'est ainsi qu'au Canada, où elles sont horizontales, on trouve beaucoup moins de pétrole qu'en Pensylvanie et que dans l'Ohio où les roches à huile plongent sous les dévonien et silurien. La présence de l'huile minérale n'est en rien liée à l'âge géologique des couches oléifères.

La situation des gisements d'huile se trouve toujours au voisinage de grandes chaînes de montagnes; ils sont situés parallèlement aux crêtes principales, comme par exemple en Russie, le long du Caucase, et en Pensylvanie le long des Alleghany.

Formé dans les entrailles de la terre, le pétrole tend à remonter à la surface du sol, soit sous l'influence de la pression exercée par ses propres gaz ou vapeurs, soit sous l'action mécanique de l'eau qui l'accompagne presque invariablement. Lorsque sous ces efforts il arrive à pénétrer les couches superficielles, il abandonne, par évaporation, ses principes les plus volatils et laisse comme résidu des gisements de brai, de bitume et d'asphalte.

Ce n'est que très rarement que le pétrole liquide manifeste sa présence sous forme de sources jaillissantes ou courant à la surface du sol et, pour l'extraire, on est habituellement obligé de forer des puits dans le sol jusqu'à ce que l'on ait atteint la couche pétrolifère. Il arrive quelquefois, notamment au Caucase, qu'il s'échappe, des trous de sonde, des jets de pétrole qui peuvent s'élever jusqu'à 80 mètres au-dessus de l'orifice du puits, ou s'écouler tranquillement sur les terrains

environnants ; mais, très souvent, on est obligé, pour amener l'huile à la hauteur du sol, de faire usage de pompes.

Les méthodes d'exploitation varient d'un pays à l'autre.

La région du pétrole pensylvanien, disent MM. Fuchs et de Launay<sup>1</sup>, s'étend, sur une cinquantaine de kilomètres de largeur, entre le lac Erié et les Alleghany, dans le prolongement de la dépression du Saint-Laurent, parallèle elle-même aux grands plissements de la région. Les puits à huile sont groupés en un certain nombre de districts qui sont du nord au sud :

« Groupe Mac'Kean, groupe de Warren et de Forest, groupe de Venango, de Lawrence, groupe de Buttler. »

« C'est surtout le bassin de l'Alleghany, affluent de l'Ohio, qui est riche en huile minérale ; il traverse successivement les districts de Bradford, de Forest, de Venango et de Buttler. Les sources de gaz naturel sont principalement groupées à l'est et au sud de Pittsburg. »

« Tous les terrains de la région pétrolifère forment des couches très régulières, affectant un plongement général vers le sud-ouest. Les niveaux où le pétrole a été trouvé vont de l'étage dévonien de Portage Chemung au terrain houillier de Pensylvanie d'une façon plus particulière, un sondage fait aux environs de Pittsburg traverse les terrains représentés (fig. 1). Cette coupe établit que le terrain houillier et anthracifère est régulièrement superposé au dévonien constitué par 3 zones pétrolifères séparées par des schistes et que le terrain se divise d'une part en schistes et roches pauvres en pétrole, et d'autre part en sables et grès riches

1. Fuchs et de Launay. *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, p. 72-94.

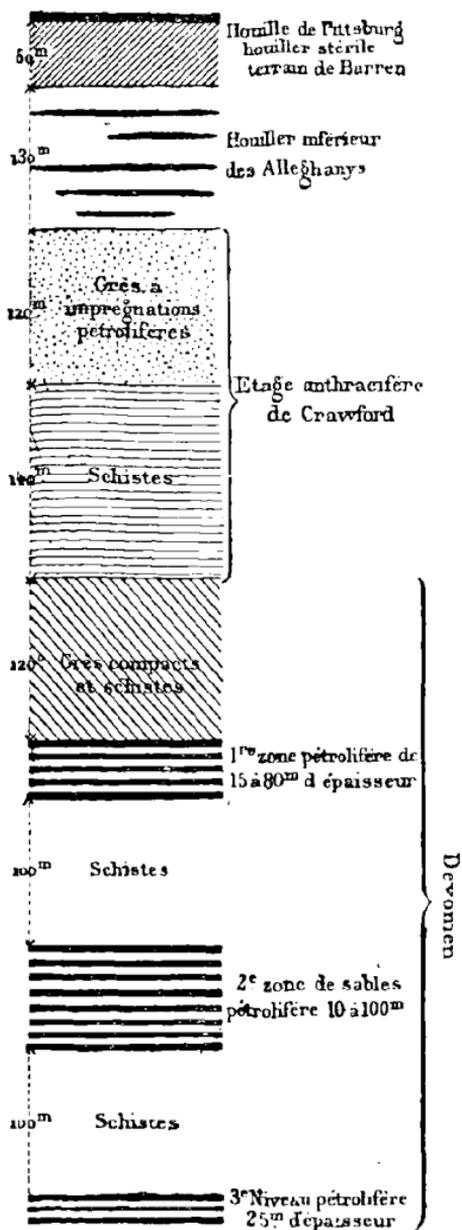


FIG. 1. — Coupe d'un terrain pétrolière.

D'après MM. Fuchs et de Launay.

en hydrocarbures que l'on n'a jamais trouvé ailleurs. Sur le prolongement de l'alignement des pétroles de Pensylvanie, se trouvent ceux du Canada (fig. 2) ; ils sont antérieurs à ceux de Pensylvanie et sont classés, suivant les auteurs, soit dans le silurien inférieur, soit à la base du cambrien. L'huile du Canada renferme à profusion des débris de mollusques et de crustacés et aussi une petite quantité de végétation marine ; elle est renfermée dans les cavités du calcaire. Les principales sources sont situées entre Dereham et Ennis-killen. »



FIG. 2. — Coupe de la région pétrolifère de Pensylvanie et du Canada <sup>1</sup>.

La Pensylvanie est la région des États-Unis où a été foré le premier puits industriel à pétrole, en 1859, et depuis cette époque elle est toujours restée de beaucoup à la tête de la production. Jusqu'en 1875, on n'a exploité le pétrole que dans cet État et dans celui de New-York, et la quantité extraite dans ce dernier est assez faible pour que les statistiques américaines la réunissent à celle de la Pensylvanie.

Depuis 1875, les États de l'Ohio, de la Virginie de l'Ouest, de la Californie, et du Colorado fournissent un appoint considérable ; quelques autres États commencent à exploiter des sources de pétrole depuis ces dernières années.

On peut considérer comme des branches d'un même gisement les terrains à pétrole qui, partant du nord-est, dans l'État de New-York, traversent la Pennsyl-

1. Figure empruntée à Fuchs et de Launay, t. I.

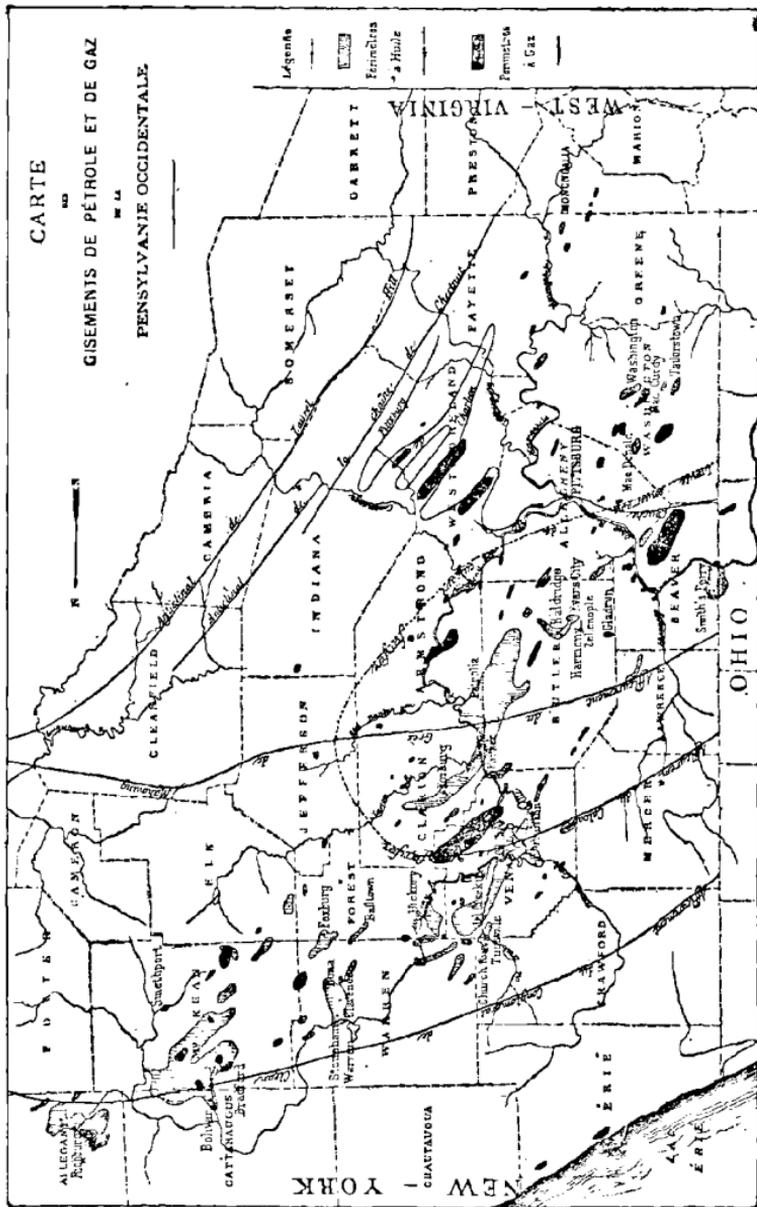


Fig. 3. — Carte des gisements de pétrole et du gaz de la Pennsylvanie occidentale.

vanie vers la direction du sud-ouest pour aboutir à la Virginie de l'Ouest et à l'Ohio.

Nous allons en donner un rapide aperçu ; la carte ci-jointe (fig. 3) permettra de le suivre facilement.

En 1860, de nombreux sondages indiquèrent l'existence de gaz naturel et de pétrole liquide dans diverses régions de l'Etat de New-York, et notamment sur les bords du lac Erié, dont une partie appartient à la Pensylvanie.

Le gaz est utilisé sur plusieurs points, mais l'industrie du pétrole n'a subsisté que vers le sud de l'Alleghany, dans la région de Richburgh.

La production de l'huile dans cette région, peu abondante en 1889, 540,000 barils<sup>1</sup>, a doublé depuis cette époque ; elle a été de 1,121,574 barils en 1891. Cette huile est envoyée, pour la plus grande part, à l'usine de Bayonne que la Compagnie *Standard Oil Company* possède auprès de New-York. Ce transport est effectué dans des tuyaux en fer (pipe-lines) sur lesquels on donnera plus loin quelques détails.

A 8 ou 10 milles vers l'ouest, dans l'Etat de New-York, commence le bassin de Bradford, qui s'étend surtout dans la Pensylvanie. Pendant de longues années il a été le plus producteur de tous les gisements ; il décroît depuis dix ans, néanmoins il tient encore une des premières places :

En 1889, il a fourni 7,158,363 barils sur la production totale, qui était de 21,486,403 barils.

En 1891, il a fourni 5,452,418 barils sur la production totale, qui a été de 35,733,152 barils.

Ces chiffres sont certainement supérieurs à la production réelle ; une partie provient des stocks accumulés dans la région de Bradford dont on parlera plus loin,

1. Le baril est de 145 kilogrammes environ.

D'après des renseignements fournis par certains négociants en pétrole, la densité de cette huile, qui était voisine de 0,800 à l'origine, se serait élevée successivement jusqu'à 0,825. Cette opinion est fort exagérée. L'huile de Bradford dépasse rarement la densité de 0,815 et l'on trouve aujourd'hui des puits dont le pétrole s'écoule à la densité de 0,803, ou même de 0,800 et 0,797. Si sa densité a augmenté, ce qui paraît certain dans une mesure plus restreinte qu'on ne l'a publié, il faut l'attribuer à plusieurs causes, générales d'ailleurs. Ce gisement a, de tous temps, fourni des huiles relativement lourdes à côté des huiles légères, dans les régions de Smethport et de Bolivar notamment. A l'époque où l'huile de Bradford était expédiée en Europe faute de sortes plus rémunératrices, on isolait, pour cette destination, les produits les plus légers. Aujourd'hui, les raffineurs européens, trouvant dans les contrées de Parker, de Washington, de Mac-Donald, des pétroles beaucoup plus riches en essences et en huiles lampantes, on n'a plus d'intérêt à trier pour eux les espèces légères et on les réunit aux autres, ce qui élève la densité moyenne.

D'autre part, et c'est un fait général, ce sont les puits, à huiles faibles en densité, qui se sont épuisés plus rapidement que les autres.

Si un puits, d'un débit d'abord considérable, n'a plus qu'un faible écoulement, l'essence s'évapore et la densité du produit s'élève peu à peu.

Il faut un temps très court au début pour compléter une expédition *run*. Ce temps s'accroît peu à peu pour devenir souvent très long et alors l'évaporation augmente au prorata de la diminution de la production.

Il existe à Bradford, depuis que la production s'accroît dans les régions dont on va parler, un stock considérable d'huiles qui restent des mois, des années, dans

d'immenses réservoirs où elles perdent tout le gaz dissous et les produits essentiels les plus volatils, c'est-à-dire les plus légers.

Enfin, les huiles, même non jaillissantes, contiennent des gaz qui s'échappent rapidement, mais il y reste toujours des produits très légers qui ne disparaissent qu'à la longue, pendant le séjour dans les réservoirs, par les transvasements et les frottements dans les pipe-lines.

L'un de nous<sup>1</sup> a vérifié plusieurs fois ce départ des gaz, et voici deux résultats obtenus :

|                      |   |                                   |       |
|----------------------|---|-----------------------------------|-------|
| Huile de Zelienople. | { | Densité à l'orifice du puits. . . | 0.769 |
|                      |   | Densité après une demi-heure. . . | 0.771 |
| Huile de Glade-Run.  | { | Densité à l'orifice du puits. . . | 0.778 |
|                      |   | Densité après une heure. . . .    | 0.783 |

Récemment, la *Standard Company* a mis en communication les pipe-lines<sup>2</sup> de Bradford, qui conduisent les huiles à New-York en passant par le gisement de l'Alleghany, avec les pipe-lines de Washington, de Mac-Donald qui dirigent les huiles sur Philadelphie, parce que ces derniers étaient insuffisants depuis l'énorme production de ces nouvelles régions. L'encombrement est assurément la cause principale de cette jonction; mais il y a lieu de penser que la *Standard Company* a réalisé aussi cette combinaison en vue de diminuer la densité des huiles de Bradford, qui a été toujours plus forte que la plupart des autres.

Du témoignage de M. Young, directeur de la *Standard Company*, à Pittsburg, il résulte d'autre part qu'en

1. Riche et Roume, *Rapport sur la production, le commerce et l'industrie des huiles minérales aux Etats-Unis d'Amérique*. Imprimerie nationale, 1892.

2. Les pipe-lines sont des tuyaux en fer qui servent à effectuer le transport du pétrole.

fait l'huile des puits de Bradford n'a pas augmenté de densité dans la proportion qu'on indique, et que l'accroissement existant, beaucoup plus limité dans son étendue, se retrouve dans les autres gisements et s'explique par les raisons qui viennent d'être énumérées.

Bradford est un des centres principaux de l'industrie du pétrole. La *Tyde Water* et d'autres compagnies y ont des approvisionnements considérables, des raffineries, et ce gisement est le point de départ de divers pipe-lines pour New-York, Milton, Pittsburg, Buffalo, Boston, etc., qui appartiennent à plusieurs compagnies.

Les puits ont 1,500 à 2,000 pieds de profondeur dans cette région.

A 20 milles, vers l'Ouest, commencent les territoires réunis sous le nom général de *Middle Country*. Au Nord sont les gisements très riches autrefois de Warren, Clarendon, Stoneham, Tiona. Le débit a diminué; néanmoins il est encore très important, et on trouve des huiles de Warren, de Stoneham assez légères pour qu'on ait intérêt à les expédier quelquefois à l'état brut en Europe. L'huile de Thiona, peu abondante d'ailleurs, est claire et légère; on peut s'en servir directement.

En général, l'huile de cette région est ambrée, de 0,786 à 0,795 de densité.

Les puits n'ont que 800 à 1,000 pieds.

Certains d'entre eux fournissent de l'huile lourde utilisée directement au graissage.

Au Sud de cette région existaient, sur les bords de l'*Alleghany*, des puits épuisés aujourd'hui, où l'huile se rencontrait à 120 ou 150 pieds.

En allant vers l'Ouest, on trouve la région de Crawford dans la partie sud de laquelle sont Titusville et Church-run qui ont fourni des quantités abondantes

de pétrole depuis le forage du puits Drake jusque vers 1884.

Sa densité est voisine de 0,800 à 0,805.

Au Sud des précédents se trouvent les gisements qui bordent la vallée célèbre d'Oil-Creek où le pétrole a été découvert, vallée qui est percée tout entière de sondages à peu près abandonnés aujourd'hui, car la production n'est guère que de 800,000 barils par an.

Le puits Drake n'avait que 69 pieds et demi de profondeur à l'origine et il ne pénétrait que dans les premières couches où l'on trouve l'huile. On l'a creusé plus profondément à deux reprises et on a rencontré (suivant l'expression usitée dans le pays) deux nouveaux sables à pétrole qui ont fourni de forts rendements. Aujourd'hui le puits Drake, sans être absolument épuisé, n'est plus qu'une curiosité historique.

Au Sud de la contrée de Crawford est celle de Venango qui est restée jusqu'à 1884 un gisement très abondant. C'est dans cette région que la rivière d'Oil-Creek vient rejoindre l'Alleghany, à Oil-City qui est encore un lieu de marché pour les huiles. Dans le comté de Venango, on trouve aussi des sources de pétrole très différentes. La plupart fournissent des huiles ordinaires, mais certaines donnent des huiles lourdes; celles-ci sont produites par les puits du territoire situé à l'angle formé par le French-Creek et l'Alleghany. Leur densité atteint fréquemment 0,815, 0,820 et même davantage. L'une d'elles, donnée par les puits de Franklin, est beaucoup plus dense et elle est exploitée depuis de longues années sans que le débit subisse une réduction sensible. Sa densité est de 0,885 à 0,898. On l'emploie souvent sans travail préalable, car elle n'est pas souillée de matières étrangères et ne se solidifie pas à 30 degrés au-dessous de zéro.

La première qualité de cette huile atteint 20 francs

le baril tandis que les huiles d'éclairage des puits de la même région ne valent pas 1 dollar<sup>1</sup>.

Les puits donnant les huiles lourdes sont peu profonds.

Dans le Forest County, à l'est des précédents et au sud de Warren, étaient et sont encore de nombreux gisements de petite production : West-Hickorg, Ballstown, Foxburgh. Ces huiles sont voisines de 0,800, et on les exporte encore en France quoique en petite proportion.

Il existe, en se portant vers le Sud, une longue bande de terrains pétrolifères dirigée du Nord-Est au Sud-Ouest, située dans les districts de Clarion, de Butler et d'Armstrong.

Les puits ont de 900 à 1,300 pieds de profondeur qui croît à mesure qu'on s'approche du Sud-Ouest.

Cette région de faible largeur est celle qui a fourni, de 1865 à 1877, une forte partie de la production pennsylvanienne. Une ville importante, Pétrolia, s'est formée dans la province d'Armstrong.

Parker se trouve vers le centre de cette bande de terrains, et, comme il s'y est établi une bourse importante, centre du marché de la région, on désigne souvent ces pétroles sous le nom de *Parker Oil*. Parker est aussi le lieu d'embranchement des pipe-lines de Pittsburg à Cleveland, Bradford, New-York, etc. L'huile provient de couches de sables différents ; 3<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> couches, sable de 100 pieds. Sa densité descend quelquefois à 0,786 ; le plus souvent elle est un peu supérieure à 0,800 parce qu'elle est pauvre en essence ; mais, comme elle est très peu chargée de produits lourds et, par suite, riche en huile lampante, elle est recherchée pour l'exploitation en France et en Espagne. On

1. Un dollar vaut environ 5 francs.

affirme que certaines de ces huiles ne fournissent pas du tout d'essence, quoique leur densité ne dépasse pas 0,803.

L'huile de Foxburgh qui arrive fréquemment dans nos pays est de cette région et non pas du Forest County où l'on a signalé plus haut un gisement du même nom.

Il existe dans le territoire d'Armstrong quelques puits, de débit très faible, qui sont remarquables par ce fait que l'huile est à peine colorée et qu'elle n'a que 0,780 de densité à l'état naturel. C'est de l'huile brute que sa pureté et sa nature font ressembler à l'huile lampante marchande, et on la consomme directement dans le pays, sans traitement. Son débit est trop faible pour qu'on ait pu introduire des quantités notables de ce produit en France où son rendement eût été de 95 pour 100 au moins.

A l'Est du grand gisement de Parker, on a découvert, aux environs de Smith's ferry, sur la rive nord de l'Ohio, une huile de couleur faiblement ambrée, dont la densité est de 0,778, et qui peut brûler d'une façon convenable dans les lampes.

A l'Ouest des gisements les plus méridionaux dont on vient de parler, dans Butler Country, il existe une région à pétrole léger, dont les principaux centres étaient Baldrige et Wildwood, et qui est sillonnée par plusieurs lignes de chemins de fer.

En 1888, Baldrige et Wildwood, très florissants, avaient produit 1,220,054 barils.

Dans ce dernier pays, on a foré 227 puits ; 27 d'entre eux ont eu, pendant les premiers temps, un débit d'une abondance extrême ; 51 n'ont rien produit. A l'époque actuelle, 3 ou 4 seulement ont subsisté et sont d'un rendement médiocre.

On voit ici un exemple de ce qui a été dit plus haut, à savoir que le débit des puits à huile légère est d'a-

bord très considérable, mais qu'il a souvent peu de durée; le contraire a lieu pour les puits à huiles moins volatiles, comme ceux de Bradford.

Depuis 1888, dans la même contrée, on a foré à Zéliénople, Gladrun, Harmony, Evans City, de nombreux puits qui sont en pleine prospérité.

Leur débit journalier était, en février 1891, de 6,000 à 7,000 barils par jour.

L'un de nous a trouvé pour densité :

|                |   |                        |       |
|----------------|---|------------------------|-------|
| Huile. . . . . | } | de Zéliénople. . . . . | 0.772 |
|                |   | de Gladrun. . . . .    | 0.783 |
|                |   | d'Harmony. . . . .     | 0.771 |
|                |   | d'Évans City. . . . .  | 0.790 |

L'exploitation de ces puits est coûteuse, parce que l'huile est mélangée d'eau salée. Elle provient du quatrième sable et du sable de 100 pieds. Les puits ont 1,200 à 1,600 pieds. Ces dernières régions sont connues sous le nom de *Lower country*.

La contrée de Pittsburg n'est pas productive; cependant il existe, aux environs de Tarente, des puits qui ont alimenté la première raffinerie fondée à Pittsburg.

Si l'on continue à se diriger vers le Sud, on rencontre le Westmoreland, où sont exploités quelques puits à huiles lourdes, et surtout le territoire de Washington. Les premiers puits forés dans cette dernière contrée, vers 1884, ont été d'un rendement nul; ceux qu'on a creusés en 1886 ont produit, au contraire, des rendements prodigieux.

|                   |   |                     |                   |
|-------------------|---|---------------------|-------------------|
| L'huile extraite. | } | en 1887 représente. | 2.859.344 barils. |
|                   |   | en 1888 — .         | 2.322.189         |
|                   |   | en 1889 — .         | 3.848.145         |
|                   |   | en 1891 — .         | 2.997.278         |

Washington et Tailorstown sont les deux principaux centres.

L'année 1891 est celle où a eu lieu la plus forte production, ce qui est dû à la découverte du plus puissant gisement qu'on connaisse, Mac-Donald, dans le territoire de Washington, à une heure en chemin de fer de Pittsburg. Il a fourni, dans les trois derniers mois de 1891, environ 5 millions de barils, soit 27,700 par jour, lesquels, ajoutés à la production antérieure, représentent dans l'année plus de 6 millions de barils. L'huile est très légère, 0,777 à 0,790; 270 puits ont été forés, 1 million et demi de dollars dépensés; la production semble avoir atteint et même dépassé son maximum à Mac-Donald et à Mac-Curdy qui est voisin.

En continuant vers le Sud, on sort de l'État de Pennsylvanie pour entrer dans celui de la Virginie de l'Ouest, où se poursuivent les gisements dont le point de départ est dans l'État de New-York. On les exploite industriellement depuis 1875. Le débit était de 260,000 barils en 1889; en 1892 il atteignait 2,404,218.

Les puits sont, en très grande partie, entre les mains de la *Standard Company*, qui attend, pour engager de plus grands travaux, qu'une baisse sensible se produise dans les régions de Washington et de Mac-Donald. Ils paraissent destinés à un grand avenir.

L'huile est légère, de bonne nature.

Si, quittant la direction du Sud, où le pétrole n'est plus exploité, on se dirige vers l'Ouest, dans l'État de l'Ohio, on rencontre de petits gisements qui bordent ceux de Pennsylvanie. Les principaux sont: Mecca, Belden, Washington et Macksburg.

La production est faible, car la plus abondante, celle de Macksburg, représentait :

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| En 1889. . . . . | 831.000 barils. |
| En 1891. . . . . | 400.000         |

Les puits de Mecca, de Volcano fournissent de l'huile

très lourde : 0,880 à 0,900 de densité ; les puits voisins de ceux de Smith's ferry donnent une huile qui ressemble à cette dernière.

En 1875, on a trouvé dans l'Ohio, loin des immenses gisements que nous venons de grouper, un gisement différent, par sa situation et par sa nature, qui est connu sous le nom de *Lima*, tiré de celui de la ville autour de laquelle il a été trouvé.

Exploité depuis 1875, il ne donne des rendements industriels que depuis 1885.

La production a été :

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| 1888. . . . . | 10 010 868 barils.   |
| 1889. . . . . | 12.741.466           |
| 1890. . . . . | 15.000.000 au moins. |
| 1891. . . . . | 14.500.000 environ.  |
| 1892. . . . . | 13.874.788           |
| 1893. . . . . | 14.451.196           |
| 1894. . . . . | 16.074.350           |
| 1895. . . . . | 18.415.631           |

L'abondance de cette huile est extrême, et si son exploitation a été faible jusqu'en 1888, il faut l'attribuer à la difficulté de son traitement.

Elle est vert foncé, quelquefois de faible densité : 0,786 ; souvent de densité plus forte : 0,835 à 0,850. Elle exhale une odeur désagréable qui est celle des composés sulfurés organiques dilués.

Jusqu'aux années dernières, on ne pouvait en extraire de l'essence et de l'huile lampante, parce que ces produits conservaient leur odeur et qu'en brûlant ils dégagèrent de l'acide sulfureux, charbonnaient les mèches et noircissaient les verres.

A la suite de longues recherches, la *Standard Company* est arrivée à extraire des huiles de Lima des produits inodores et de bonne combustion. Elle a créé d'abord à Lima une première usine d'essai et de traite-

ment ; puis, assurée du succès, elle a établi depuis quatre ans, à Whiting (Indiana), à quelques milles de Chicago, une magnifique et immense raffinerie, dans laquelle l'huile brute arrive de Lima par pipe-lines.

En dehors de ces deux gisements dont la production est si considérable, il en existe plusieurs autres aux États-Unis. Nous les diviserons en deux classes : ceux de Californie et du Colorado, qui sont l'objet d'une exploitation régulière d'une certaine importance, et une foule d'autres, dont les principaux sont dans le Kentucky, le Tennessee, le Missouri, le Texas, etc., qui ne comptent pas sur les marchés.

En Californie, se trouvent plusieurs gisements d'asphalte présentant toutes les variétés de nuances et de pureté. La sorte la plus estimée est celle que l'on rencontre dans les gisements du Rancho de Hill, sur la côte, au-dessus de Santa-Barbara. Ses qualités sont dues à son mélange intime au sable fin qu'elle renferme dans la proportion d'environ 50 0/0 et qui en fait une matière excellente pour le pavage.

Au Texas, dans le comté de Burnet, on rencontre un bitume semi-liquide qu'on utilise pour le graissage des voitures. Cette matière existe aussi à la pointe de Rinçon.

Le pétrole de Californie est exploité depuis 1875.

Le débit a été :

|               |         |
|---------------|---------|
| 1888. . . . . | 690.000 |
| 1889. . . . . | 303.000 |
| 1891. . . . . | 350.000 |

Ces huiles sont encore très peu connues. Il nous en a été remis une dont la densité est 0,835. Elle est brun foncé, opaque, dénuée de fluorescence, d'odeur peu agréable, moins forte que celle de Lima.

L'huile du Colorado n'est connue industriellement que depuis 1889. La production a été :

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1889. . . . . | 316.476 barils. |
| 1891. . . . . | 325.000         |

Les tableaux suivants contiennent les résultats officiels ; ils comprennent la production au Canada.

On évalue à 60,000 au moins la quantité des puits forés depuis l'année 1859 dans les États de New-York et de Pensylvanie.

Voici le nombre de ceux qui ont été percés, année par année, depuis 1876 :

|               |       |               |       |
|---------------|-------|---------------|-------|
| 1876. . . . . | 2.920 | 1886. . . . . | 3.482 |
| 1877. . . . . | 3.939 | 1887. . . . . | 1.644 |
| 1878. . . . . | 3.064 | 1888. . . . . | 1.515 |
| 1879. . . . . | 3.048 | 1889. . . . . | 5.489 |
| 1880. . . . . | 4.217 | 1890. . . . . | 6.358 |
| 1881. . . . . | 3.380 | 1891. . . . . | 3.390 |
| 1882. . . . . | 3.304 | 1892. . . . . | 1.954 |
| 1883. . . . . | 2.847 | 1893. . . . . | 1.956 |
| 1884. . . . . | 2.247 | 1894. . . . . | 3.750 |
| 1885. . . . . | 2.761 | 1895. . . . . | 7.138 |

1,069 puits ont été épuisés en 1890, 664 en 1891.

Ces puits appartiennent à un très grand nombre de propriétaires ; ils livrent les huiles pour une faible partie aux raffineries voisines et aux lignes de chemins de fer qui sillonnent les territoires oléifères, et pour la majeure partie à des compagnies qui les transportent aux grandes raffineries et aux ports d'embarquement d'Europe par des pipe-lines dont la longueur totale dépasse 8,000 milles de 1,609 mètres soit 12,872 kilomètres. La ligne la plus longue, celle de New-York, est de 444 milles, ou 714 kilomètres.

La *Standard oil Company* possède la presque totalité de ces canaux, soit par elle-même, soit par des sociétés affiliées, et elle a successivement annexé toutes les Compagnies qui se sont constituées aux diverses époques pour établir des pipe-lines sur New-York et Philadelphie, etc., ou bien elle a établi avec elle certains accords, notamment avec la *Tide Water Company*.

La maison *Mellon and Company* de Pittsburg, propriétaire d'un grand nombre de puits à Washington et à Mac-Donald surtout, établit en ce moment et en dehors jusqu'à présent de la *Standard oil Company* un pipe-line de ces régions à Philadelphie.

Le nombre des puits forés dans le territoire de Lima (Ohio) était de 1,695 au 1<sup>er</sup> janvier 1890.

Nous avons dit plus haut, à propos des huiles de Bradford, que les compagnies accumulent des stocks considérables.

En voici les quantités pour la Pensylvanie et l'Ohio.

|                            |               |                    |
|----------------------------|---------------|--------------------|
| Au 1 <sup>er</sup> janvier | 1885. . . . . | 37,366,126 barils. |
| —                          | 1886. . . . . | 34,428,841         |
| —                          | 1887. . . . . | 34,156,605         |
| —                          | 1888. . . . . | 28,006,211         |
| —                          | 1889. . . . . | 18,995,814         |
| —                          | 1890. . . . . | 11,562,593         |
| —                          | 1891. . . . . | 9,443,744          |
| —                          | 1892. . . . . | 15,354,233         |
| —                          | 1893. . . . . | 17,396,389         |
| —                          | 1894. . . . . | 12,111,183         |
| —                          | 1895. . . . . | 6,336,777          |
| —                          | 1896. . . . . | 5,161,904          |

PRODUCTION DU PÉTROLE BRUT AUX ÉTATS-UNIS ET AU CANADA  
DE 1880 A 1895.

| ANNÉES         | PENNSYLVANIE<br>et<br>NEW-YORK | OUEST-<br>VIRGINIE | OHIO       | KENTUCKY,<br>TENNESSEE<br>et<br>autres états | CALIFORNIE | TOTAL<br>des<br>ÉTATS-UNIS | CANADA  |
|----------------|--------------------------------|--------------------|------------|----------------------------------------------|------------|----------------------------|---------|
|                | barils                         | barils             | barils     | barils                                       | barils     | barils                     | barils  |
| 1880 . . . . . | 26,027,631                     | 179,000            | 38,940     | »                                            | 40,000     | 26,286,123                 | 350,000 |
| 1881 . . . . . | 27,376,509                     | 151,000            | 33,867     | »                                            | 99,000     | 27,661,238                 | 275,000 |
| 1882 . . . . . | 30,053,500                     | 128,000            | 39,761     | »                                            | 128,636    | 30,349,897                 | 275,000 |
| 1883 . . . . . | 23,128,389                     | 126,000            | 47,632     | »                                            | 142,857    | 23,444,878                 | 250,000 |
| 1884 . . . . . | 23,772,209                     | 90,000             | 90,081     | »                                            | 262,000    | 24,214,290                 | 250,000 |
| 1885 . . . . . | 20,776,041                     | 91,000             | 680,000    | »                                            | 325,000    | 21,842,041                 | 250,000 |
| 1886 . . . . . | 25,798,000                     | 102,000            | 1,782,970  | 225,000                                      | 377,145    | 28,285,115                 | 250,000 |
| 1887 . . . . . | 22,356,193                     | 145,000            | 5,018,015  | 51,817                                       | 678,572    | 28,249,597                 | 868,343 |
| 1888 . . . . . | 16,484,668                     | 119,448            | 10,010,868 | 310,612                                      | 690,333    | 27,615,929                 | 772,392 |
| 1889 . . . . . | 21,487,435                     | 544,113            | 12,741,466 | 316,476                                      | 303,920    | 35,163,513                 | »       |
| 1890 . . . . . | 29,000,000                     | »                  | 15,000,000 | »                                            | »          | 46,000,000                 | »       |
| 1891 . . . . . | 34,000,000                     | »                  | 14,500,000 | 325,000                                      | 350,000    | 50,150,000                 | »       |
| 1892 . . . . . | 32,761,559                     | »                  | 13,874,288 | »                                            | »          | »                          | »       |
| 1893 . . . . . | 30,933,298                     | »                  | 14,451,196 | »                                            | »          | »                          | »       |
| 1894 . . . . . | 30,051,992                     | »                  | 16,074,350 | »                                            | »          | »                          | »       |
| 1895 . . . . . | 30,406,375                     | »                  | 18,415,631 | »                                            | »          | »                          | »       |

La quantité de pétrole brut extrait depuis 1859 est de 515,502,619 barils dans lesquels la Pensylvanie et New-York entrent pour 431,884,546 barils.

D'après le rapport officiel sur les ressources minérales des États-Unis la production annuelle en barils et la valeur en dollars seraient les suivantes :

| ANNÉES.        | BARILS.    | VALEUR EN DOLLARS. |
|----------------|------------|--------------------|
| 1882 . . . . . | 30 053,500 | 23,705,698         |
| 1883 . . . . . | 23,400,229 | 25,740,252         |
| 1884 . . . . . | 24,089,758 | 20,476,294         |
| 1885 . . . . . | 21,842,041 | 19,193,694         |
| 1886 . . . . . | 28,110,115 | 20,028,457         |
| 1887 . . . . . | 28,249,597 | 18,856,606         |
| 1888 . . . . . | 27,346,018 | 24,598,559         |

PRODUCTION TOTALE DE L'HUILE BRUTE AUX ÉTATS-UNIS,  
AVEC LA DIVISION EN CONTRÉES ET EN RÉGIONS.

ANNÉE 1889.

|                                  |   | ÉTATS ET DISTRICTS.                                               | BARILS DE 42 GALLONS. |
|----------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Pennsylvania<br>and<br>New-York. | } | Bradford District, Pennsylvania,<br>and Allegany county New-York. | 7.158.363             |
|                                  |   | Forest County. . . . .                                            | 258.955               |
|                                  |   | Warren County. . . . .                                            | 2.347.434             |
|                                  |   | Autler and Clarion counties, etc.                                 | 5.358.403             |
|                                  |   | Tidioute and Titusville. . . . .                                  | 885.119               |
|                                  |   | Allegheny County. . . . .                                         | 541.092               |
|                                  |   | Beaver County. . . . .                                            | 602.736               |
|                                  |   | Washington County. . . . .                                        | 3.848.145             |
|                                  |   | Greene County. . . . .                                            | 392.912               |
|                                  |   | Franklin District. . . . .                                        | 64.244                |
|                                  |   | Smith's, Ferry District. . . . .                                  | 29.000                |
|                                  |   | TOTAL. . . . .                                                    | 21.486.403            |
| Ohio. . . . .                    | } | Lima. . . . .                                                     | 12.153.188            |
|                                  |   | Macksburg. . . . .                                                | 317.037               |
|                                  |   | Mecca and Belden. . . . .                                         | 1 740                 |
|                                  |   | TOTAL. . . . .                                                    | 12 471.965            |
| West Virginia.                   | } | Southwest. . . . .                                                | 284.269               |
|                                  |   | Volcano. . . . .                                                  | 71.500                |
|                                  |   | Burning Spring. . . . .                                           | 2.500                 |
|                                  |   | TOTAL. . . . .                                                    | 358.269               |
| Colorado. . . . .                |   |                                                                   | 316.476               |
| California. . . . .              |   |                                                                   | 147.027               |
| Indiana. . . . .                 |   |                                                                   | 32.758                |
| Kentucky. . . . .                |   |                                                                   | 5.400                 |
| Illinois. . . . .                |   |                                                                   | 1.460                 |
| Kansas. . . . .                  |   |                                                                   | 500                   |
| Texas. . . . .                   |   |                                                                   | 48                    |
|                                  |   | TOTAL. . . . .                                                    | 504.069               |
|                                  |   | TOTAL GÉNÉRAL. . . . .                                            | 34.820.306            |

## ANNÉE 1891.

PRODUCTION DE L'HUILE BRUTE DE NEW-YORK, PEN-  
SYLVANIE, OUEST-VIRGINIE, EST DE L'OHIO ET MACKS-  
BURGH.

| DISTRICTS                       | BARILS<br>de 42 gallons | DISTRICTS                     | BARILS<br>de 42 gallons |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Allegany, N. Y. . . . .         | 1,121,574               | Lower District. . . . .       | 6,952,539               |
| Bradford, Pa. . . . .           | 5,452,418               | Washington County. . . . .    | 2,997,278               |
| Middle district. . . . .        | 1,536,606               | Beaver County. . . . .        | 943,223                 |
| Clarendon et Warren. . . . .    | 360,227                 | Greene County. . . . .        | 341,813                 |
| Tiona. . . . .                  | 544,730                 | Allegheny County, Pa. . . . . | 10,317,258              |
| Tidioute et Titusville. . . . . | 837,287                 | West Virginia. . . . .        | 2,404,218               |
| Grand Valley. . . . .           | 198,954                 | Eastern Ohio. . . . .         | 22,859                  |
| Tarkill et Egypt. . . . .       | 868,275                 | Macksburg, Ohio. . . . .      | 400,024                 |
| Second Sand. . . . .            | 268,855                 |                               |                         |
| Alliday Run. . . . .            | 47,551                  | TOTAL. . . . .                | 35,733,152              |
| Bullion. . . . .                | 117,463                 |                               |                         |

Il faut ajouter à la production de Virginie-Ouest, Ohio-Est et Macksburg, les huiles brutes de Lima qui se sont élevées à 17,381,920 barils dont 9,319,156 ont été extraits par la *Standard Company*.

En France, on rencontre quelques gisements d'asphalte et de calcaires bitumineux que l'on utilise pour en extraire l'asphalte employée au pavage des rues. Quelques-uns d'entre eux sont assez importants. Les principaux sont :

*Asphalte.* — Département de l'Ardèche, Autun, environs d'Alais et de Bastenne.

*Calcaires bitumineux.* — Département de l'Ain.

Mais l'huile de pétrole est fort peu répandue dans notre pays. On cite cependant le gisement de Gabian (Hérault) où l'huile qui s'écoule d'un rocher est foncée,

rouge-brun et possède une odeur forte et désagréable. Jusqu'à présent, on n'en a tiré aucun parti.

Il en est de même en Angleterre où des sources oléifères peu importantes existent dans quelques houillères du Lancashire et du Shropshire, dans les tourbières de Down-Holland.

L'exploitation du pétrole au Portugal se fait près du mont Tréal et de la rivière Liz. On a signalé l'existence de gisements pétrolifères peu intéressants, aux environs de Cadix en Espagne.

En Alsace on rencontre un grand et un petit gisement. Le premier part d'Haguenau (Basse-Alsace), passe par Woerth, Pechelbronn, Lobsam, Schwabweiler et revient à Haguenau. Il fournit des puits très riches tels que ceux de Pechelbronn, de Biblisheim (près Woerth) et d'Ohlungen (près Haguenau).

Les sondages, tant d'exploitation que de recherche, exécutés sur la concession de Pechelbronn<sup>1</sup>, et qui dépassaient au printemps dernier le chiffre de 525, ont fait reconnaître l'existence de quatre formations pétrolifères principales, entre 138, 140 et 243 mètres de profondeur. Le sondage d'Oberkutzenhausen a encore rencontré le pétrole bien plus bas ; une source qui s'est montrée à la profondeur de 334<sup>m</sup>,50 a fourni par le pompage 12 fûts de pétrole par jour. À côté de la grande richesse en pétrole du bassin de Pechelbronn, il y a lieu de mentionner les sources salées qui le plus souvent l'accompagnent. Les pompes actionnées par des moteurs à benzine, que l'on installe sur les sources à pression affaiblie, fournissent des eaux dont la teneur en chlorure de sodium et de potassium, d'après les analyses de M. Ed. Willm, peut s'élever de 4<sup>gr</sup>,734

1. Mathieu Mieg, *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*; Avril 1893, p. 109.

jusqu'à 6<sup>gr</sup>,300 et même jusqu'à 17<sup>gr</sup>,144 par litre. Ces eaux sont également très riches en brome — des plus riches connues — et renferment jusqu'à 0<sup>gr</sup>,1580 de bromure de sodium par litre à Oberkutzenhausen, ainsi que d'assez notables quantités d'iode. Le sondage d'Oberkutzenhausen, dont les eaux se sont montrées particulièrement riches en chlorure de sodium et en brome, a rencontré à 497<sup>m</sup>,10 de profondeur, dans une épaisse couche de sable siliceux intercalée à la base des argiles d'origine keupérienne, une importante source salée, d'effet artésien, qui remontait à la surface à raison de 70 mètres cubes par jour, entraînant du sable. Le débit de l'eau s'est abaissé à 10 mètres cubes; elle était salée à 8 pour 100 avec sulfate de chaux et de magnésie. Fait curieux à signaler: la température constatée à 491 mètres de profondeur était de 40 degrés, alors que l'eau salée à sa sortie n'avait plus que 27 degrés; il est difficile de s'expliquer comment, remontant avec une telle violence, elle peut avoir perdu 13 degrés dans son trajet.

M. Daubrée, membre de l'Institut, dans une note récente présentée à l'Académie des sciences, sur les couches à pétrole des environs de Pechelbronn, a signalé les températures exceptionnellement élevées qui s'y manifestent.

Enfin, un petit gisement se rencontre dans la Haute-Alsace à Illthale près Altkirch.

L'Allemagne possède deux gisements de pétrole dont l'un a une importance suffisante pour permettre une exploitation. Celui du Hanovre est dirigé du Nord au Sud; il s'étend de Werden à Wietze, en passant par Steinförde, Hänigsen, Edemissen et Oedesse avec une bifurcation partant de Diumer, près Hanovre, pour se continuer vers Brunswick par Sehude, Oberg et Oelsburg.

Les sources oléifères que l'on rencontre à l'Est de Tegernsee sont encore mal connues en ce qui concerne leur étendue.

En Italie, on rencontre le pétrole à différents états :

1° A l'état de paraffines et de carbures d'hydrogène homologues dans les laves recueillies à 20 kilomètres du cratère central de l'Etna ;

2° Sous forme d'asphaltes et de schistes asphaltiques dans l'Italie méridionale ;

3° A l'état liquide, constituant les huiles de pétrole dont quelques-unes sont d'une pureté remarquable : telles sont en particulier celles que l'on rencontre dans l'arrondissement de Chieti.

En une des côtes de Dalmatie, on trouve, dans l'île de Brazzo, d'importants gisements d'asphalte ; il en est de même à Raguse que l'on rencontre au Sud de Brazzo.

C'est en Albanie, aux environs de Selenitza que se rencontrent les plus importants gisements d'asphalte de l'Europe entière. A Nymphaum, du bitume chaud jaillit des roches.

La Roumanie possède de nombreux et d'importants gisements qui semblent le point de départ de cette zone qui, longeant les Alpes transylvaniennes et les Carpathes, vient aboutir à Lemberg en Galicie. On y distingue deux régions : la première s'étend de Bakau à Tergovitz dans la direction du Nord au Sud, tandis que la seconde se déploie à l'Est. Le pétrole est exploité à Bacoul, Romnicul, Sarat, Buzaul, Prahova et Dembrovitza. Les gisements de Roumanie donnent d'abondantes éruptions gazeuses, mais ils ne fournissent que très rarement des fontaines jaillissantes.

Le rendement total des puits de Roumanie est d'environ 20,000 tonnes par an dont la majeure partie, sinon la totalité, est exportée comme pétrole lampant.

En 1859, époque à laquelle remonte le forage du puits Drake aux États-Unis, on approfondit jusqu'à 25 mètres un des deux puits à eau salée du district de Hoboda-Rungurska, en Galicie. Ce puits, connu sous le nom de Stanislawa, fut encore creusé de 50 mètres en 1865 et ne fournissait que 5 barils d'huile par jour. Son rendement fut porté à 10 barils lorsqu'à la suite de forages successifs, sa profondeur totale fut de 214 mètres.

Le premier développement systématique de l'industrie du pétrole en Galicie<sup>1</sup> eut lieu dans le district de Bodrka, village situé entre Krosno et Dukla. Ce fut là, qu'après une série d'efforts infructueux, Lukasiewicz et Klobassa établirent en 1861 le premier puits important. Ce puits, d'une profondeur de 14 mètres, fournissait 6,000 kilogrammes d'huile par heure. Le développement actif de la section Hoboda-Rungurska du champ d'huile de Kolomea commença en 1881 et, en 1883, ce district fournissait 550 barils de pétrole par jour sur une surface atteignant 1,500 mètres de longueur sur 350 à 500 mètres de largeur.

En même temps que de nombreux forages étaient effectués aux environs d'Ustrzyki, on creusait à Wietslo quelques puits particulièrement productifs.

La constitution géologique du sol est sensiblement la même qu'en Roumanie où le pétrole provient de suintements. Les puits s'y épuisent donc rapidement et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on y rencontre des puits jaillissants.

La richesse de ce pays, en ozokérite, fait que l'exploitation de ce produit y est plus considérable que celle du pétrole. C'est surtout à Boryslaw que se trouvent les gisements les plus connus. Ils se développent paral-

1. Voyez à ce sujet le *Moniteur scientifique* Quesneville, 1893, p. 147 du *Mercur* scientifique.

lèlement à la ligne des Carpathes et les divers filons sont loin d'avoir une égale puissance.

A Truskawice, près de Boryslaw, à Starunia, près de Stanislace et à Dwiniacz, près de Starunia, on rencontre et on exploite aussi l'ozokérite. La production totale est d'environ 16,000 tonnes par an.

La partie explorée des champs de pétrole de Galicie présente une longueur de 220 milles, sur une largeur variant de 40 à 60 milles : elle s'étend du Nord-Ouest au Sud-Est.

Les huiles de Galicie présentent des propriétés physiques variables ; quelques-unes d'entre elles, très claires, peuvent être employées directement pour l'éclairage ; mais la plupart d'entre elles consistent en liquides foncés, très fluorescents et dépourvus de soufre. Les densités varient de 0,750 à 0,980.

Il y a 15 puits dans le district de Hoboda-Rungurska et 5 dans le district de Ustrzyki.

Des sources de naphte se rencontrent sur les 2 versants du Caucase, depuis les péninsules de Kertch et de Taman, séparant la mer d'Azow de la mer Noire, jusque dans l'île Tcheleken, qui est située près de la côte orientale de la Caspienne, dans le prolongement de la chaîne principale du Caucase. Les gisements de naphte sont disséminés sur une étendue de 2,400 kilomètres, sur une largeur moyenne d'environ 16 kilomètres. Leur direction est rectiligne et passe du Sud-Est au Nord-Ouest, parallèlement au versant Sud du Caucase. Ils traversent le détroit de Kertsch et se prolongent jusqu'en Crimée. On les exploite dans le Daghestan. A Ter, 120 puits fournissent 400 tonnes d'huile. A Tiflis, 28 puits en produisent 2,000. La production du district de Novorossisk est supérieure à 4,000 tonnes.

Toute la région, qui se trouve comprise entre la mer Caspienne et la presqu'île Kradsnovodsk, est tellement

riche en pétrole, que les Russes l'ont surnommée *Californie noire*.

Au Sud de la presqu'île Kradsnovodsk, on rencontre l'île de Tcheleken (île de naphte).

Enfin, à partir de ce point, la couche oléifère, traversant la mer Caspienne, va rejoindre, sur la rive occidentale, la ligne du Caucase, à la péninsule d'Apchéron, en avant de laquelle émergent, du fond de la mer, des rochers, d'où le pétrole jaillit constamment et se répand en vastes nappes sur les eaux. C'est cet endroit que les marins désignent sous le nom de « Rochers de l'huile ».

Les gisements<sup>1</sup> se trouvent dans des couches appartenant aux terrains tertiaires et formées d'argiles, de marnes, de grès, de sables et de calcaires. Ces couches ont été brisées par les soulèvements qui ont produit la chaîne du Caucase, et présentent parfois une forte inclinaison. Les dépôts de naphte les plus abondants se trouvent dans les plis anticlinaux.

Les gisements de la péninsule d'Apchéron sont accompagnés de volcans de boue, de sources d'eau salée ou sulfureuse et dans quelques cas de dégagements de gaz : carbures d'hydrogène, acide sulfhydrique<sup>2</sup>. D'après M. Abich, les gisements du Kouban témoignent que l'existence du naphte est toujours liée à la dislocation du terrain et à la présence d'argiles salées, de marnes gypseuses et de lignites.

A côté du naphte, on rencontre les produits de son altération : une sorte d'asphalte, désignée sous le nom de *Kir* et l'ozokérite, connue dans le pays sous le nom de

1. Rapport de M. l'Ingénieur Louis Salomon.

2. On utilise ces gaz combustibles pour le chauffage des cornues de distillation de certaines usines de Sourakhani, et aussi à la production de la chaux vive que l'on obtient simplement par l'allumage des gaz qui s'échappent par les fissures des bancs de calcaire.

*naphtaguil*. — Les partisans de l'origine plutonienne des pétroles font remarquer l'existence de nombreux volcans éteints le long de la chaîne du Caucase et la persistance des actions volcaniques se traduisant de nos jours par des sources thermales, des volcans de boue et surtout des tremblements de terre.

La contrée du Caucase la plus riche en naphte est la presqu'île d'Apchéron, formée des derniers contreforts orientaux du Caucase, qui s'avance d'environ 100 kilomètres dans la Caspienne et dont la superficie dépasse 3,000 kilomètres carrés. Jusqu'à ce jour, les seuls gisements activement exploités sont ceux des plateaux de Sourakhan et de Balakhany, situés à 13 kilomètres environ du port de Bakou, localité célèbre par ses feux éternels et sacrés, sur lesquels, d'après les traditions locales, des temples étaient déjà construits 600 ans avant l'ère chrétienne. — Plus de 400 puits y sont actuellement concentrés sur une surface d'environ 9 kilomètres carrés.

Le plateau d'où l'on extrait le naphte a une altitude de 52 mètres par rapport au niveau de la mer Caspienne, ce qui permet de profiter de la gravité pour amener aux raffineries l'huile sortant des puits.

En certains points de ces plateaux, l'huile sort naturellement du sol ; pour l'obtenir assez abondamment, il suffit de creuser des puits d'une trentaine de mètres, et il semble établi que la production d'un puits augmente en même temps que sa profondeur. Pour répondre à l'accroissement de la production, on a dû forer de plus en plus profondément. Alors qu'elle était seulement de 47 mètres en 1873, de 82 mètres en 1880, de 107 mètres en 1882, la profondeur moyenne des puits a atteint 137 mètres en 1883. On évalue que le niveau de l'huile baisse à peu près de 7<sup>m</sup>,500 pour chaque million de mètres cubes de naphte extrait.

Le puits cité comme le plus profond à ce jour est celui n° 31 de MM. Nobel, qui avait, il y a quelques années, 251 mètres.

Assez fréquemment, le naphte jaillit pendant plusieurs mois des puits obtenus par le sondage. On compte qu'il s'est produit, dans les environs de Bakou, une soixantaine de puits jaillissants ou *fontaines*, suivant l'expression locale. On cite plusieurs puits ayant projeté respectivement 2,400 et 4,800 tonnes par 24 heures. Le puits n° 18 de MM. Nobel a fourni 5,000 mètres cubes par jour, tant que sa vanne restait ouverte; la production journalière du puits Nobel n° 9 a atteint 10,000 mètres cubes. La pression de l'huile, aux puits Droobja et Nobel n° 9, s'élevait à environ 15 kilogrammes par centimètre carré. Dans ces circonstances, le jet d'huile jaillit avec une violence extraordinaire. — Au puits Droobja, qui mérite une mention particulière, le jet s'éleva jusqu'à 90 mètres de hauteur. En peu de temps, le sable qu'il entraînait usa et mit en pièces la charpente de fort équarrissage établie au-dessus du forage; ce sable forma d'immenses bancs d'une centaine de mètres de longueur qui recouvrirent les constructions des puits voisins. Plusieurs millions de litres d'huile furent perdus avant qu'il ait été possible de capter le puits dont la production journalière fût estimée avoir atteint 8,000 tonnes.

Voici la description qu'en donne Ch. Marvin qui assista à son éruption.

« La veille de ma visite, on avait achevé de forer un puits qui lança aussitôt l'huile à une hauteur double de celle du grand Geysir d'Island avec un grondement qui s'entendait de plusieurs lieues à la ronde. C'était vraiment un spectacle imposant. C'est la fontaine la plus puissante que l'on ait vue jusqu'à ce jour à Bakou. Quand l'éruption se produisit, l'huile emporta

le toit et une partie des côtés du derrick ; au sommet restait une poutre contre laquelle l'huile se brisait avec fracas. Le derrick avait 70 pieds de haut ; l'huile et le sable, après avoir emporté le toit et le côté, jaillissaient au moins trois fois plus haut, formant un jet d'un gris noir ; la colonne, parfaitement dessinée du côté du Sud, se fondait du côté du Nord, en un nuage d'embruns de plus de 30 mètres de large.

« Un fort vent du Sud nous permit d'approcher du cratère, sous le vent, et de regarder dans le bassin de sable formé autour du derrick : l'huile tourbillonnait et s'agitait à la base de la gerbe, comme dans un Geyscr.

« Le diamètre du tube donnant issue au pétrole était de 10 pouces (25 centimètres) ; au sortir de l'orifice, la fontaine formait un jet de 18 pouces de diamètre et se continuait ainsi jusqu'en haut du derrick, où, frappant contre la poutre à demi arrachée du sommet, il s'élargissait un peu, et, continuant sa course à plus de 200 pieds au-dessus, s'arrondissait en une courbe gracieuse, retombant, du côté du nord, en un épais nuage ; le sable avait formé un banc sur lequel l'huile, couleur d'olive, s'écoulait vers les lacs de pétrole en d'innombrables ruisseaux.

« De temps à autre, le sable obstruait le tube, ou bien une pierre arrêtait l'huile dans sa course ; alors, pendant quelques secondes, la colonne diminuait de hauteur et d'intensité, n'atteignant plus guère que 200 pieds, pour s'élever ensuite, avec une nouvelle force et un nouveau fracas, à plus de 300 pieds. La veille, le vent, en soufflant du nord, avait chassé l'huile et le sable dans une direction opposée.

« On pouvait se faire une idée de la masse à la sortie du puits, en examinant les dégâts causés du côté du Sud, en l'espace de 24 heures. Le sable s'était accumulé

au point d'ensevelir, jusqu'aux toits, les magasins, les hangars et les boutiques ; tous les derricks environnants étaient, dans un rayon de 50 mètres, entourés de sable jusqu'à une hauteur de 7 ou 8 pieds. Une partie de l'huile, emportée par le vent, avait inondé le toit des maisons distantes de plus de 100 mètres, montrant ainsi l'étendue du nuage qui couronnait le jet. A partir de cette limite extrême, où le pétrole recouvrait la terre d'une couche d'un pouce d'épaisseur, la barre de sable s'élevait graduellement jusqu'à l'orifice du cratère, où elle avait 20 pieds de hauteur ; sa surface dure, solidifiée, était sillonnée de minuscules canaux, par où l'huile s'écoulait dans les lacs. Du côté opposé, une nouvelle barre se formait, et nous pouvions suivre les progrès de l'envahissement du sable s'élevant autour des derricks voisins et ensevelissant toutes les constructions.

« Ça et là, des équipes d'ouvriers armés de pelles de bois creusaient et débarrassaient les canaux autour de l'ouverture du puits, pour donner à l'huile un libre cours ; la tâche n'était ni sûre, ni agréable : leurs têtes et leurs épaules ruisselaient de pétrole et de sable, et il leur fallait la plus grande prudence pour ne pas être entraînés par le tourbillon qui grondait à la base du cratère ; heureusement, le puits ne vomissait pas de grosses pierres.

« Debout, sur le sommet du monticule de sable, nous pouvions suivre le pétrole dans sa course : après avoir coulé dans les innombrables canaux, il allait se répandre dans les bas fonds qu'il transformait en véritables lacs, quelques-uns assez grands et assez profonds pour permettre à un bateau d'y voguer. Bientôt ces lacs débordaient, et, s'engageant dans un grand chenal, l'huile allait se déverser dans la mer. »

Le débit quotidien de cette fontaine fut de plusieurs millions de gallons pendant plusieurs semaines. Le

second mois, elle donnait encore 240 mille gallons et l'on était désespéré des dangers que faisait courir ce flot d'huile librement répandu lorsque, vers le milieu du quatrième mois, la fontaine cessa subitement de couler, le tube formant la paroi intérieure du puits ayant été brisé, mais 3 heures après le jet recommençait et ce ne fut que 10 jours plus tard qu'il fut possible de capter la source.

Les puits percés à quelques mètres de puits existants atteignent rarement l'huile à la même profondeur et ne modifient pas le régime de ces derniers. Ainsi, 4 puits, situés à Bibi-Eibat, distants de quelques mètres les uns des autres, fournissent le naphte aux profondeurs de 171, 107, 85 et 76 mètres.

Deux autres puits voisins de la même localité avaient, l'un 21 mètres et l'autre 43 mètres de profondeur.

A Sourakhan, on dut forer jusqu'à 212 mètres avant de rencontrer l'huile, quoique aux alentours il y eût des puits de 30 mètres, bons producteurs.

D'autre part, la terrible éruption du puits Droobja n'eut aucun effet sur la production des puits situés dans son voisinage immédiat.

De ces remarques, on peut tirer cette conclusion importante au point de vue de la richesse des gisements, que le naphte se trouve dans des cavités ou poches isolées les unes des autres.

Le naphte du Caucase se rencontre à l'état naturel soit sous forme d'un liquide brun visqueux, soit sous forme d'un liquide blanc qu'on ne trouve d'ailleurs qu'en petites quantités.

Cette décoloration du naphte est le résultat de son passage à travers certains terrains qui jouent le rôle de substances décolorantes de la même façon que certains sols jouissent de la propriété de purifier les eaux impropres aux usages journaliers.

La densité des naphtes du Caucase est assez variable. Comprise entre 0,850 et 0,890 pour les sources de Baklakhany, elle tombe à 0,783 pour le naphte blanc de Sourakhan. On a même trouvé, en pratiquant des sondages aux environs de Binagad, un naphte dont la densité s'élevait à 0,895.

En général, pour une même localité, la densité de l'huile diminue au fur et à mesure que croît la profondeur du puits d'où on l'extrait.

Des couches de pétrole couvrent un certain nombre d'endroits et peuvent atteindre quelques mètres d'épaisseur. Ce liquide qui a abandonné, par évaporation, toutes ses parties volatiles, constitue un produit épais souvent désigné sous le nom de *kir*. Parfois même ce kir affecte l'état solide.

L'huile des lacs formés par les fontaines jaillissantes s'épaissit incontestablement au contact de l'air; elle paraît susceptible de se transformer en kir par simple exposition sur le sol.

C'est dans la presqu'île d'Apchéron que se trouve presque exclusivement limité le champ d'exploitation du naphte puisqu'elle fournit à elle seule les 99 centièmes de la production totale de la Russie. En 1891 il existait 150 usines, il y en a à Bakou 13, très considérables, qui représentent les trois quarts de la production.

En 1878, la Société Nobel établissait en Russie le premier pipe-line reliant les sources de pétrole à leur raffinerie; dans la même année ils firent construire le premier navire à vapeur *Le Zoroastre* destiné à transporter le pétrole sur la mer Caspienne.

Le tableau suivant montre l'accroissement de la production de 1879 à 1895.

**PRODUCTION EN Naphte brut sur la Péninsule Apchéron  
DE 1879 A 1895.**

| ANNÉES | QUANTITÉS EN KILOS | ANNÉES | QUANTITÉS EN KILOS |
|--------|--------------------|--------|--------------------|
| 1879   | 376.740.000        | 1888   | 2.785.000.000      |
| 1880   | 409.500.000        | 1889   | 3.366.000.000      |
| 1881   | 491.400.000        | 1890   | 3.918.000.000      |
| 1882   | 737.000.000        | 1891   | 4.730.500.000      |
| 1883   | 983.800.000        | 1892   | 4.886.000.000      |
| 1884   | 1.458.000.000      | 1893   | 5.520.000.000      |
| 1885   | 1.638.000.000      | 1894   | 5.066.000.000      |
| 1886   | 2.129.000.000      | 1895   | 6.409.000.000      |
| 1887   | 2.375.000.000      |        |                    |

**Quantité de naphte brut EMPLOYÉE DANS LES USINES  
DE LA SOCIÉTÉ NOBEL FRÈRES, A BAKOU.**

| ANNÉES | QUANTITÉS<br>DE NAPHTÉ BRUT<br>employées | PRODUCTION  |                     |
|--------|------------------------------------------|-------------|---------------------|
|        |                                          | EN PÉTROLE  | EN HUILE A GRAISSER |
|        | kilogrammes                              | kilogrammes | kilogrammes         |
| 1879   | 20.280.000                               | 5.100.000   | »                   |
| 1880   | 90.665.000                               | 24.000.000  | »                   |
| 1881   | 169.580.000                              | 50.500.000  | 637.000             |
| 1882   | 255.000.000                              | 72.500.000  | 1.654.000           |
| 1883   | 422.500.000                              | 106.000.000 | 10.794.000          |
| 1884   | 620.000.000                              | 159.000.000 | 12.100.000          |
| 1885   | 581.000.000                              | 175.000.000 | 9.760.000           |
| 1886   | 503.000.000                              | 175.400.000 | 7.155.000           |
| 1887   | 674.000.000                              | 235.400.000 | 8.200.000           |
| 1888   | 603.000.000                              | 215.000.000 | 14.000.000          |
| 1889   | 690.000.000                              | 326.000.000 | 15.700.000          |
| 1890   | 865.000.000                              | 328.000.000 | 16.600.000          |
| 1891   | 850.000.000                              | 335.000.000 | 25.800.000          |
| 1892   | 950.000.000                              | 370.500.000 | 36.700.000          |
| 1893   | 940.000.000                              | 372.500.000 | 42.000.000          |
| 1894   | 960.000.000                              | 375.000.000 | 46.500.000          |

non raffinée.

rafinée.

## PRODUCTION DU Pétrole brut au Caucase du Nord.

| ANNÉES | POUNDS  | ANNÉES | POUNDS    |
|--------|---------|--------|-----------|
| 1877   | 150.000 | 1884   | 840.000   |
| 1878   | 112.000 | 1885   | 1.140.000 |
| 1879   | 200.000 | 1886   | 1.170.000 |
| 1880   | 260.000 | 1887   | 1.010.000 |
| 1881   | 180.000 | 1888   | 1.412.000 |
| 1882   | 470.000 | 1889   | 1656.000  |
| 1883   | 370.000 |        |           |

La différence entre les quantités de naphte brut produites et les quantités de pétrole et d'huile de graissage vendues, représente la quantité de mazout, provenant de ces fabrications et employée comme combustible.

## III.

## Exploitation des gisements

## EXTRACTION DU PÉTROLE EN AMÉRIQUE

*Historique*

A l'origine, l'exploitation des gisements de pétrole en Amérique se faisait par une méthode primitive, empruntée aux Indiens, et qui consistait à creuser des puits larges et peu profonds ayant environ 3 mètres de large sur autant de profondeur, et à placer au fond de chacun d'eux des couvertures de laine qui s'imbi-  
baient du pétrole provenant des suintements des parois du puits. Au bout d'un certain temps, on retirait ces couvertures et on les exprimait pour en séparer le pé-

trole que l'on recueillait dans des réservoirs. Peu à peu, on fut amené à augmenter la profondeur des puits et à accroître les surfaces de suintement en perçant des galeries. Ce n'est que plus tard que l'idée de pratiquer des forages fut réalisée par des sondeurs que l'on fit venir de la Virginie. Ces ouvriers, habitués à rechercher les sources salées, apportèrent avec eux tout le matériel que nécessitent de semblables opérations.

Cette époque fut le commencement de la véritable exploitation industrielle des gisements. Depuis, de nombreux progrès ont été réalisés et ont abouti à des procédés d'extraction simples et ingénieux.

Néanmoins, dans un certain nombre de contrées, l'exploitation des gisements se fait encore par des procédés primitifs. C'est ainsi qu'en Galicie la majeure partie des exploitations s'effectue au moyen de puits carrés d'environ 2 mètres de côté, creusés à la pelle par un homme qui travaille jusqu'à ce qu'il ait atteint la couche rocheuse, que l'on fait sauter à la poudre au moyen d'un trou de mine. Lorsque le puits touche le grès très dur, on fore au trépan un trou d'environ 0<sup>m</sup>,40 de diamètre à l'origine, mais qui va en diminuant.

Dans certains pays, comme en Roumanie, la couche oléifère a une disposition, une nature et une étendue telles qu'il ne paraît pas y avoir intérêt à forer des puits profonds comme on le fait en Amérique, mais, au contraire, à leur donner un large diamètre, de façon à permettre au suintement de s'effectuer sur une plus grande surface.

En effet, les gisements étant peu profonds, leur production diminue rapidement et comme le pétrole s'écoule sous la pression des gaz, à travers un *sandstone* excessivement poreux, il arrive, lorsque celle-ci est minime ou intermittente, que le suintement n'est pas continu, de sorte que, quand le pétrole accumulé dans le puits

a été extrait, il faut attendre un certain temps pour qu'il puisse se remplir à nouveau.

Dans ce cas, la profondeur des puits varie entre 50 et 120 mètres, mais il peuvent naturellement être ou plus ou moins profonds. On leur donne 1<sup>m</sup>,50 de diamètre; ils sont creusés comme au Japon et en Birmanie par un homme qui descend dans le puits même où l'on envoie constamment de l'air frais au moyen d'un ventilateur dont la nature change avec le pays.

Pour donner une idée de ce genre d'exploitation, nous nous contenterons de rapporter le travail de forage tel qu'il est exécuté au Japon.

### *Exploitation au Japon*

Les puits établis au Japon par les indigènes, n'atteignent que rarement 200 pieds de profondeur; leur forme est carrée et le côté a 1 mètre. On les creuse à la pelle et à la pioche, c'est-à-dire qu'un homme seul y peut travailler. Chaque angle est garni d'une grosse poutre; les 4 poutres sont réunies entre elles par des traverses qui servent d'échelle aux ouvriers.

Pendant le travail on éclaire l'ouvrier qui creuse le puits au moyen d'un réflecteur consistant simplement en une feuille de papier jaune huilée maintenue dans un châssis de bambou placé au haut du toit, à jour, que présente une hutte établie au-dessus de l'axe du puits. Le châssis est placé de telle façon qu'il forme avec l'horizon un angle de 45°, dispositif suffisant pour permettre un travail de 6 heures par jour qui est exécuté par deux ouvriers se relayant.

Le sommet de la hutte porte une poulie sur laquelle passe un câble supportant un filet à mailles étroites destiné à extraire les déblais. Chaque fois qu'il est rempli, ce filet est remonté à l'orifice du puits où on le vide.

La respiration du puisatier est assurée par un afflux d'air envoyé par une machine qui consiste en une grande boîte longue de 6 pieds et moitié moins large, divisée dans sa longueur en 2 compartiments. Au-dessus de la boîte une planche de même longueur peut basculer autour de la cloison séparatrice ; elle est faite de façon à pouvoir pénétrer exactement dans la caisse.

Un homme marche sur cette planche, alternativement d'avant en arrière et d'arrière en avant, et frappe un coup sec en arrivant à chaque extrémité ; il détermine ainsi non seulement un mouvement de bascule de la planche, mais aussi l'ouverture d'une petite valve qui s'ouvre quand la planche est en l'air. Chaque fois que la planche bascule, l'air est chassé de la boîte ; il s'échappe par 2 tuyaux en bambous fixés aux extrémités de l'appareil et qui se rassemblent en un tuyau unique qui pénètre jusqu'au fond du puits.

L'extraction de l'huile se faisait autrefois par l'introduction de seaux fixés au bout d'une corde ; on les remontait après le remplissage, mais, depuis quelques années, l'usage de la pompe est de plus en plus adopté.

### *Exploitation en Alsace*

A Pechelbronn, l'exploitation des huiles lourdes se fait au moyen de deux puits communiquants, dont l'un sert à l'extraction et l'autre à l'aéragé des galeries de roulage tracées dans l'argile de façon à cotoyer la veine à environ 9 mètres au-dessus de son niveau, et par des galeries d'attaque plongeant dans la veine avec une inclinaison d'environ  $1/5$ . Ces dernières galeries, de 45 mètres de longueur moyenne, se remplissent de gaz, d'huile et de sable dès que le dépôt pétrolifère est rencontré.

On remonte au jour un mélange de sable et de bitume ; ces deux matières sont séparées par décantation. En 1885 la production journalière de l'exploitation par puits était de 4 mètres cubes d'huile brute<sup>1</sup> désignée par le personnel de la mine sous le nom de « graisse épaisse du puits ». La densité de cette huile bitumineuse était en moyenne de 0,950.

### *Exploitation aux États-Unis*

**Machinerie.** — L'installation usitée pour les forages comporte, outre les outils de forage proprement dits, trois organes principaux : le treuil de levage, le balancier et la pompe à sable (fig. 4) ; ils reçoivent le mouvement d'une machine à vapeur installée au moins à 30 mètres de distance du puits futur, dans le but d'éviter les explosions ou les incendies qui pourraient se produire par les dégagements gazeux du puits.

Tous ces organes sont placés sous un hangar établi sans fondations et reposant sur le sol par l'intermédiaire de fortes semelles en bois. On a abandonné les locomobiles très usitées autrefois pour recourir aux machines à chaudières tubulaires. On les choisit d'une force de 12 à 15 chevaux et elles doivent pouvoir fonctionner indistinctement dans les deux sens.

Au-dessus du point qui doit être la partie supérieure de l'axe du puits qu'on se propose de forer, on établit un chevalement A, sorte de chèvre à 4 montants (fig. 4) que l'on appelle communément *derrick*. Le derrick est muni d'une forte poulie P qui servira à manœuvrer la tige de sonde.

Le mouvement de la machine à vapeur est reçu par

1. Soit environ 1.500 tonnes par an ; avant 1867, la production annuelle ne dépassait pas 80 tonnes.

une poulie principale F (*band-wheel*) qui le transmet à tous les autres organes.

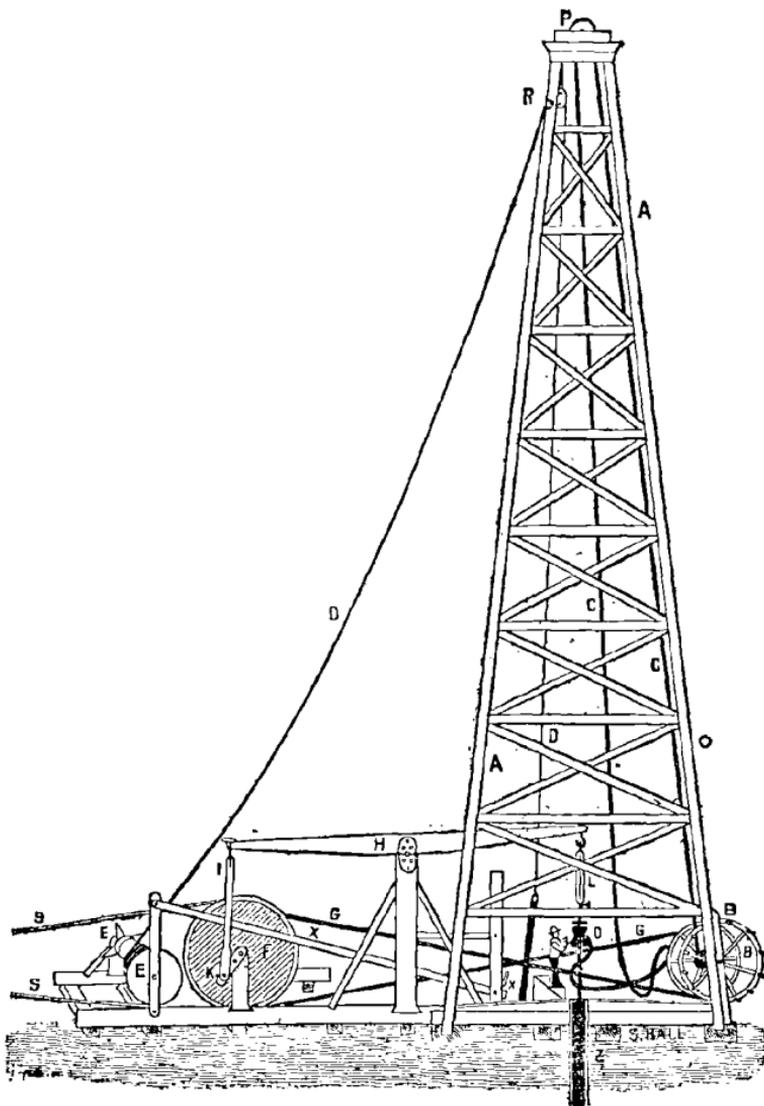


FIG. 4. — Diagramme d'un derrick.

Une poulie à gorge verticale commande le robinet

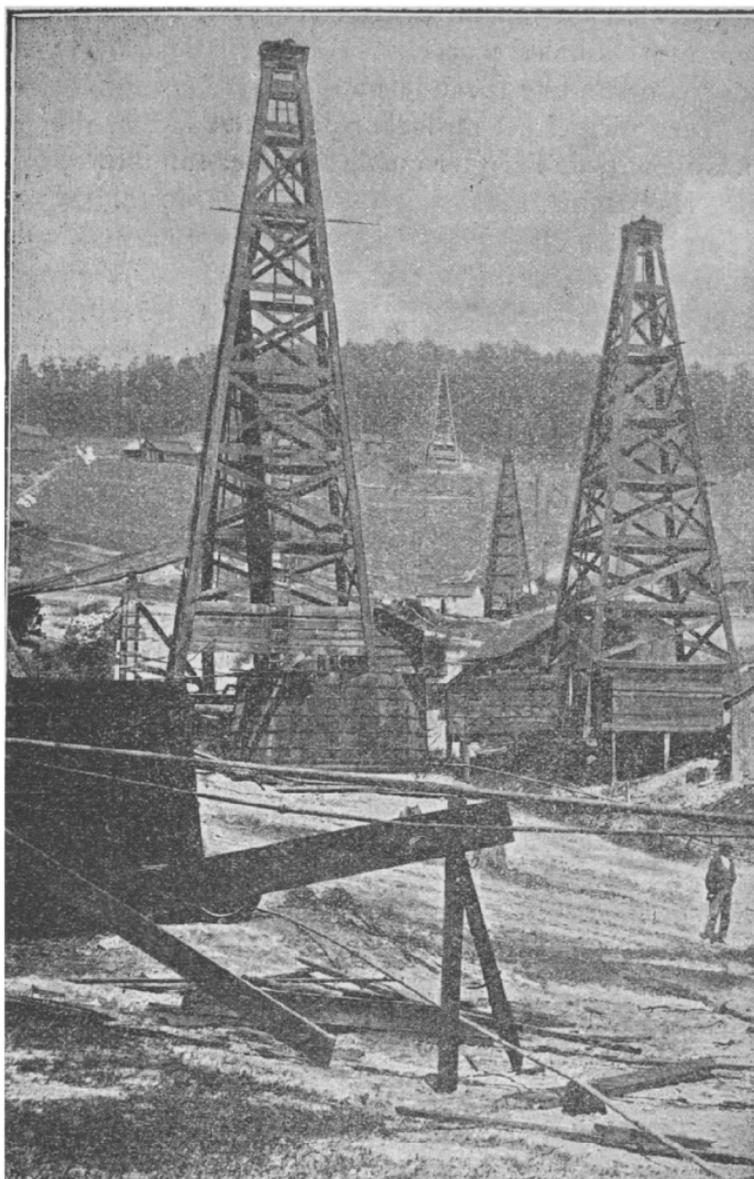


FIG. 5. — Puits à pétrole de la région de Pars Lus,  
d'après une photographie communiquée par MM. Desmarais frères.

d'admission de vapeur de la machine (*throttle-valve*). Sur cette poulie est placée une corde sans fin (*télégraph*) qui passe sur une seconde poulie appartenant au *der-rick*, ce qui permet au foreur de mettre la machine en mouvement, de l'arrêter ou de modifier son allure, suivant les besoins, sans avoir à quitter son poste.

Sur l'arbre du *band-wheel* F se trouve la poulie de commande du treuil de levage (*bull-rope pulley*) commandé par la corde G ; il sert à retirer les outils de forage. C'est sur ce même arbre que se trouve la manivelle IK (*crank*), qui communique au balancier H un mouvement alternatif qui sert pour l'opération du forage proprement dit.

Enfin, la poulie principale peut aussi actionner, par un tambour de friction, l'arbre du treuil de la pompe à sable (*sand pump*) liée à l'extrémité de la corde D qui s'enroule sur la poulie R.

Une courroie (*bull-rope*) transmet le mouvement au treuil de levage tandis que le balancier est actionné par une manivelle IK percée de six trous et reliée à la bielle par un assemblage à broche (*wrist-pin*) que l'on place dans l'un des six trous de la manivelle suivant la longueur de course que l'on se propose d'obtenir. Ce balancier est soutenu par une chandelle pourvue de jambes de force ; son mouvement alternatif permet de soulever ou d'abaisser la tige de sonde.

L'embrayage ou le déembrayage du balancier ne peut s'effectuer que quand la machine est en arrêt.

Un poteau de tête (*headache-post*) sert à protéger l'ouvrier qui se trouve au bord du trou, dans le cas de rupture de l'assemblage à broche ou de la manivelle, rupture qui déterminerait une bascule du balancier sous le poids de la tige de sonde.

Le treuil de levage sert aussi bien pour les travaux préparatoires (jusqu'à 40 mètres de profondeur) que

pour permettre de retirer ou d'abaisser la tige de sondage au cours du forage. Son mouvement est contrôlé par un frein à bandes (*bull-wheel brake*).

Quant à la pompe à sable, on la met en mouvement ou en arrêt au moyen d'un levier X réuni par une bielle au levier vertical qui fait appuyer plus ou moins le tambour de friction sur la poulie verticale F (*band-wheel*). La corde de la pompe à sable est enroulée en E.

Z représente l'orifice du puits.

**Outils de forage.** — Le forage s'effectue au moyen d'une tige métallique supportée par une corde ou un cable. Cette tige qui pèse environ 950 kilogrammes se compose de deux parties distinctes (fig. 6) : 1° La partie supérieure composée d'une fourchette d'attache de la corde (*rope-socket*), d'une allonge dite allonge supérieure ou *sinker bar* et de la pièce supérieure des étriers.

2° La partie inférieure formée par la partie inférieure des étriers (*jars*), par l'allonge inférieure (*auger-stern*) et le trépan ou burin (*bit*) destiné à tailler le roc. C'est un biseau tranchant terminé à la partie supérieure par une vis. Ces outils faits en acier de très bonne qualité ont respectivement les longueurs et poids suivants :

|                               | Longueur         | Poids     |
|-------------------------------|------------------|-----------|
| Fourchette d'attache. . . . . | 3 pieds 6 pouces | 80 livres |
| Allonge supérieure. . . . .   | 18 — » —         | 540 —     |
| Étriers. . . . .              | 4 — 4 —          | 320 —     |
| Allonge inférieure. . . . .   | 30 — » —         | 1020 —    |
| Trépan. . . . .               | 3 — 3 —          | 140 —     |

C'est en 1831 que Billy Morris a inventé les étriers qui rendent de si réels services en amortissant, par leur jeu, les chocs, et prévenant par conséquent la rupture de la tige de sonde.

Toutes les parties de la tige de sonde sont reliées par des assemblages à vis mâles et femelles. Sur le renflement

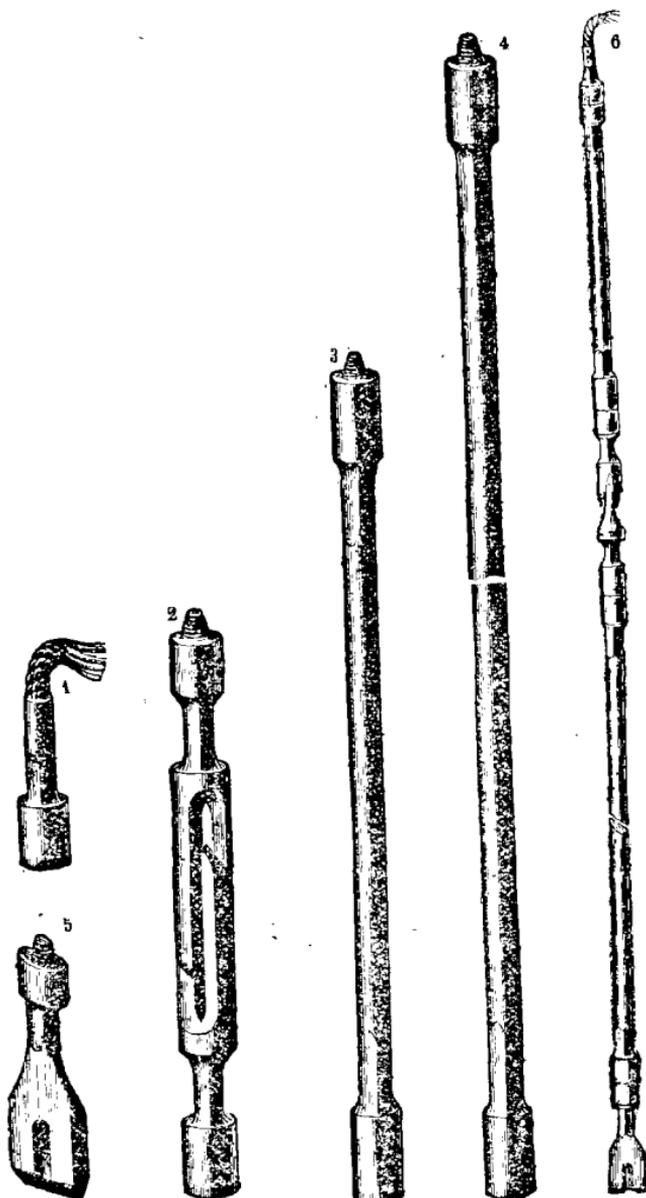


FIG. 6. — Outils de forage.

1. Fourchette d'attache de la corde. — 2. Allonge supérieure ou sinker bar. —  
 3. Etriers ou jars. — 4. Allonge inférieure. — 5. Trépan destiné à tailler le roc.  
 — 6. Trépan complet.

du trépan, se trouvent, suivant 2 diamètres perpendiculaires entre eux, deux paires d'épaulements, saisies dans la clé de retenue (*wrench*) qui maintient le trépan immobile et permet, quand on veut le remplacer, de dévisser l'allonge inférieure. L'extrémité du manche de la clé de retenue est prise dans un ergot fixé sur le plat-bord du trou de sonde, ce qui l'empêche de tourner sur elle-même.

Lorsque l'on pratique le sondage à la corde dans la période préparatoire, la tige de sonde est suspendue par l'anneau d'attache (*ring socket*) (fig. 7). Mais dès qu'on a dépassé 80 mètres, le balancier étant mis en mouvement, la tige est soutenue par un câble qui s'attache à la fourchette (*rope socket*) et est manœuvré par l'intermédiaire de la vis d'avancement (*temper screw*) (fig. 8) qui se compose :

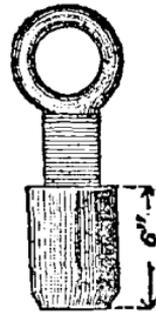


Fig. 7. —  
Anneau d'attache.

1° De griffes qui saisissent le câble au moyen d'une vis de serrage ;

2° D'une vis passant dans un écrou en deux pièces, à la partie inférieure de deux montants verticaux terminés par un anneau. La vis est reliée aux griffes par des anneaux et l'ensemble est attaché par un crochet à l'extrémité du balancier ; il se manœuvre par un petit volant.

### *Forage des puits*

**Sondage à la corde.** — Dans cette première partie du travail, le mouvement de la tige de sonde est produit à la main de la façon suivante :

Dans l'anneau d'attache de la tige qui, à ce moment, n'est composée que du trépan, de l'allonge inférieure et

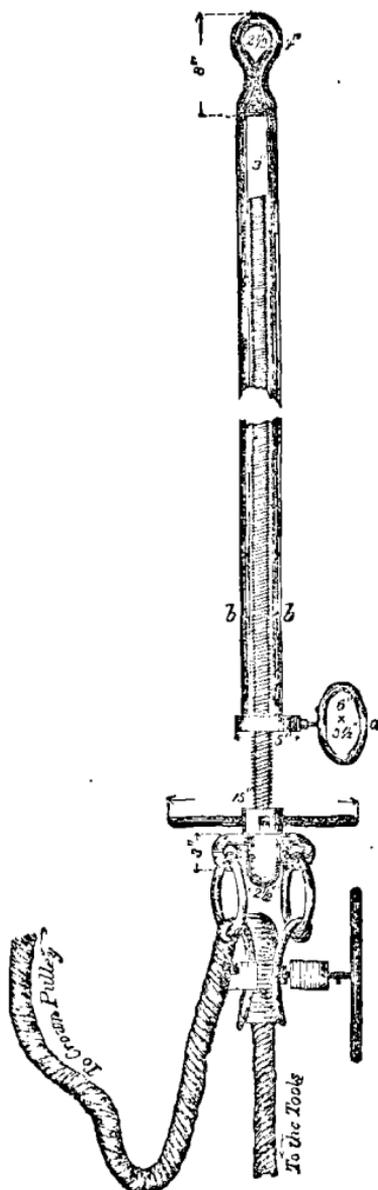


FIG. 8. — Temper-screw.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

de l'anneau d'attache, on fixe une corde assez courte que l'on fait passer sur la poulie placée à la partie supérieure du derrick. On enroule l'extrémité libre de la corde 2 ou 3 fois sur l'arbre du treuil de levage et, mettant la machine en marche, on embraye le treuil. En saisissant à la main l'extrémité libre de la corde et en la tendant suffisamment pour appliquer cette corde sur l'arbre du treuil, elle se trouve entraînée par le mouvement de rotation, ce qui détermine l'élévation de la tige de sonde ; lorsqu'elle est suffisamment élevée, il suffit d'abandonner la corde pour que, se desserrant, elle provoque la chute de la tige.

**Tubage.** — Le tubage est l'opération qui consiste à introduire dans le puits, au fur et à mesure du creusage, un revêtement métallique simple ou double qui se compose de 2 parties :

Une partie supérieure (*drive-pipe*) et le tubage proprement dit (*casing*). Le premier a un diamètre assez grand et une petite longueur : le second, au contraire, est étroit et long.

On force le tubage dans le sol au moyen d'un mouton (*mall*), de l'action directe duquel on protège le tubage par un fort chapeau en fer (*heavy cap*) qui reçoit les chocs et évite les ruptures qu'ils pourraient déterminer. Ce mouton est mis en mouvement par le procédé employé pour mouvoir la tige de sonde dans le sondage à la corde que nous venons d'étudier.

Au bout d'un certain temps, on a atteint une profondeur suffisante pour permettre l'emploi de la tige complète. C'est à ce moment que l'on installe la tige de sonde et que l'on cesse les travaux préliminaires de forage à la corde.

**Installation de la tige de sonde.** — Le câble destiné à manœuvrer la tige de sonde est enroulé autour d'une bobine que l'on amène devant le derrick ; son extrémité

libre est attachée au bout de la corde qui était primitivement reliée à l'anneau d'attache, on exerce une traction sur cette corde de façon à faire passer le câble sur la poulie du chevalement et à l'amener à l'arbre du treuil de levage, sur lequel on le fixe. En faisant mouvoir la machine, le treuil tourne et le câble s'enroule autour de lui. L'extrémité libre du câble pendant au-dessous de la poulie du derrick est fixée à la fourchette après quoi on visse les pièces de la tige de sonde les unes aux autres.

On laisse maintenant descendre la tige dans le puits, en se servant du frein à bande, on place la manivelle du balancier, puis on emmanche celle-ci à la broche sur laquelle on la fixe. On suspend la vis d'avancement au crochet du balancier, on fait tourner le treuil de levage jusqu'à ce que les étriers aient pris leur position normale, on saisit le câble dans les griffes de la vis d'avancement, on l'assujettit au moyen de la vis de serrage et l'on détache du treuil d'enlevage.

Cette manœuvre a pour effet de faire porter par le balancier la tige de sonde qui se trouvait préalablement suspendue à la poulie du chevalement.

Pour assurer à la tige une entière liberté, il convient de laisser libre sur le sol du derrick une longueur de câble de 15 à 28 pieds.

**Travail de la tige de sonde.** — Lorsque la machine fonctionnant, communique son mouvement au balancier, celui-ci effectue comme nous l'avons vu un mouvement de bascule qui fait alternativement monter et descendre la tige de sonde ; sous les coups répétés du trépan, la roche ne tarde pas à se briser. On poursuit le travail nuit et jour sans interruption, et, tandis que la tige monte et descend, le foreur fait tourner l'outil au moyen d'un levier engagé dans la vis d'avancement ; il agit en outre, à intervalles convenables, sur la vis d'avan-

cement de manière à faire descendre la tige quand cela est nécessaire.

Dès que la vis d'avancement a reçu tout le déplacement qu'elle pouvait permettre ou lorsque, par suite de la dureté des roches attaquées, le trépan a besoin d'être affûté, on opère la remontée.

On commence par arranger convenablement la corde sur le sol du derrick, de façon à éviter les nœuds puis le foreur, embrayant le treuil de levage, se porte au frein à bandes. Le balancier et le treuil sont alors mis en mouvement mais aussitôt que tout le câble libre est pris on arrête la machine et on maintient le treuil avec le frein. Le poids des outils se trouve ainsi transporté de la vis d'avancement sur la poulie du chevalement.

On relâche les griffes de la vis, qui maintiennent la corde, on desserre la bielle de l'assemblage à broche, et on abaisse celle-ci. Cette manœuvre permet d'enlever l'extrémité du balancier à laquelle la vis d'avancement est suspendue et de placer le tout dans une position telle que le câble et les outils ne puissent être aucunement gênés dans leurs mouvements.

Remettant la machine en marche, on remonte la tige de sonde par l'action du treuil, jusqu'à ce que l'extrémité de l'allonge inférieure apparaisse hors du puits. On maintient l'appareil dans cette position en arrêtant la machine; au moyen de la clé de retenue, dont on arrête le manche par l'ergot placé sur le plat bord du trou de sonde, on saisit l'épaulement du trépan, on prend avec une autre clé l'épaulement de l'allonge inférieure puis, en pressant sur un fort levier, on desserre l'assemblage à vis reliant la vis et le trépan, on enlève la clé de retenue et on remet la machine en marche. Le trépan étant sorti du puits est placé sur le plancher du derrick où la séparation du trépan est effectuée à la main.

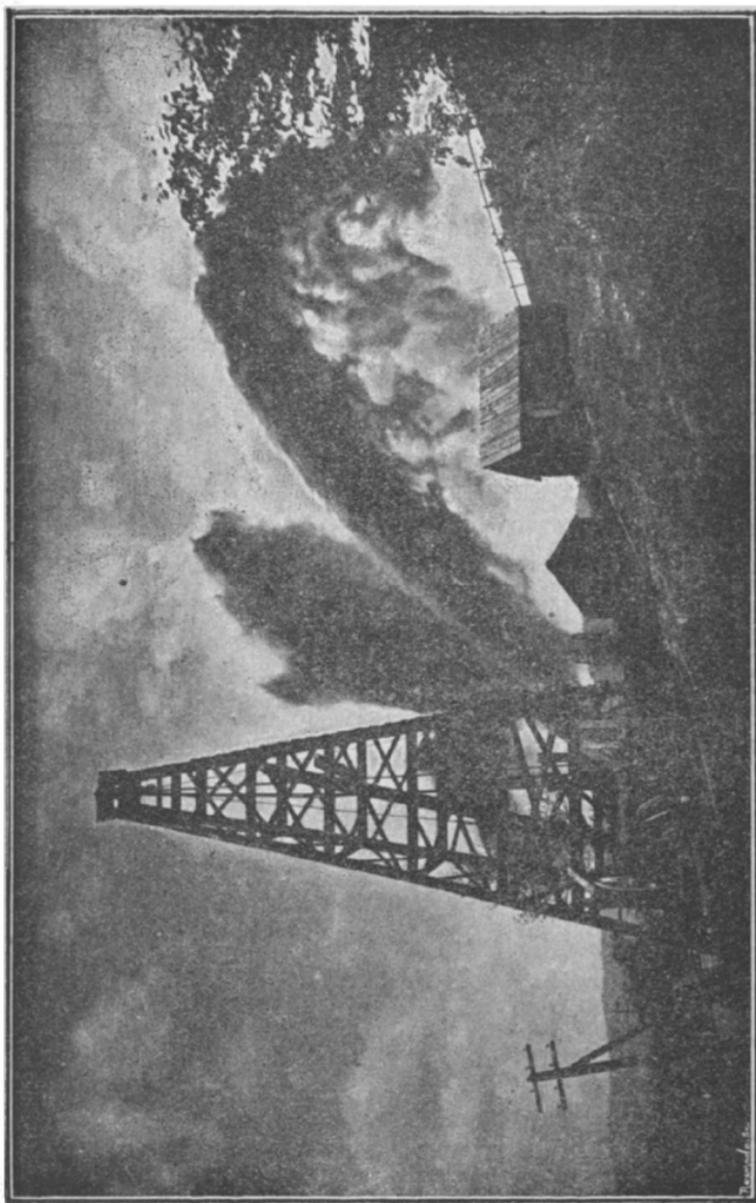
Pendant le sondage il s'est amassé dans le puits du

sable et des débris de roche qui empêchent le trépan d'agir directement sur la roche. Il faut donc, chaque fois que l'on remonte le trépan, procéder au curage du puits de façon qu'à la reprise du travail l'outil puisse agir plus efficacement.

Le curage se pratique au moyen de la pompe à sable ; c'est une sorte de cylindre creux en fer galvanisé, dont la longueur habituelle est d'environ 6 pieds. A sa partie supérieure se trouve un contre-fort ; sa partie inférieure est munie d'une soupape à tige. On suspend ce cylindre à un câble passant sur une poulie spéciale placée au haut du derrick et se rendant au treuil de la pompe qui se manœuvre par des leviers à main et des leviers de transmission.

Il est alors possible d'établir le contact des poulies de friction et de transmission principale, ce qui détermine l'enroulement du câble de la pompe autour du treuil et provoque l'élévation de la pompe à la partie supérieure du derrick. Dès que l'on abandonne le levier, la machine ne transmettant plus son mouvement au tambour de friction, la marche ascendante cesse, puis, sous l'influence de son propre poids, la pompe à sable descend dans le puits. On règle la vitesse de cette descente par la poulie à friction que l'on applique soit contre la poulie principale, soit contre le poteau frein. Pendant ce temps, le sable soulève la soupape du cylindre de la pompe et s'accumule dans la pompe, fermant la soupape par la seule action de son poids. Dès que la pompe a atteint le fond, on met en mouvement la poulie de friction pour déterminer son ascension.

Il ne reste plus qu'à remettre en place le trépan affûté, puis les différentes parties de la tige de sonde étant bien assujetties, on la descend dans le puits, en réglant son mouvement par le frein à bande et on continue en pratiquant comme nous venons de l'indiquer.



**FIG. 9. — Le jet de pétrole prend sous l'action du vent une inclinaison plus ou moins forte. D'après une photographie communiquée par M.M. Desmarais frères.**

Malgré la précaution que l'on prend de donner au trépan un mouvement de rotation, la roche est perforée d'une façon irrégulière et le trou creusé présente tant d'aspérités qu'il est indispensable de l'arrondir, ce que l'on pratique au moyen d'un outil nommé link, sorte de cylindre creux en acier.

Les cavités qui renferment le pétrole présentent à peu près l'aspect de la coupe théorique représentée figure 11. On y voit, superposés par ordre de densité : l'eau salée, le pétrole et les gaz.

Quand l'on fore le puits, si le trépan pénètre au sein de la couche saline ou pétrolifère, ces liquides sont projetés plus ou moins violemment, suivant la pression des gaz qui les surmontent, vers l'orifice du puits ; on obtient alors un puits jaillissant. Le jet de pétrole prend sous l'action du vent une inclinaison plus ou moins forte comme on le verra sur la figure 9. Si le foret n'atteint que la région gazeuse, on a un abondant dégagement de gaz (fig. 10), mais il devient nécessaire d'utiliser les pompes pour faire monter le pétrole.

Parfois, il arrive que le travail est interrompu à la suite de la rupture du trépan dont l'extrémité reste encastrée dans le roc, cet accident très grave nécessite souvent beaucoup d'adresse de la part des ouvriers qui doivent extraire la partie brisée au moyen de fortes pinces que l'on descend dans le puits. Fréquemment, malgré tous les efforts, il est impossible de dégager le trépan et, dans ce dernier cas, le puits doit être abandonné.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, on garnit intérieurement le puits d'un tubage simple ou double et on garnit sa partie supérieure d'un coffrage en bois destiné à permettre le départ des gaz combustibles que l'on utilise pour le chauffage de la machine, l'éclairage, ou même qu'on laisse perdre dans l'atmosphère.

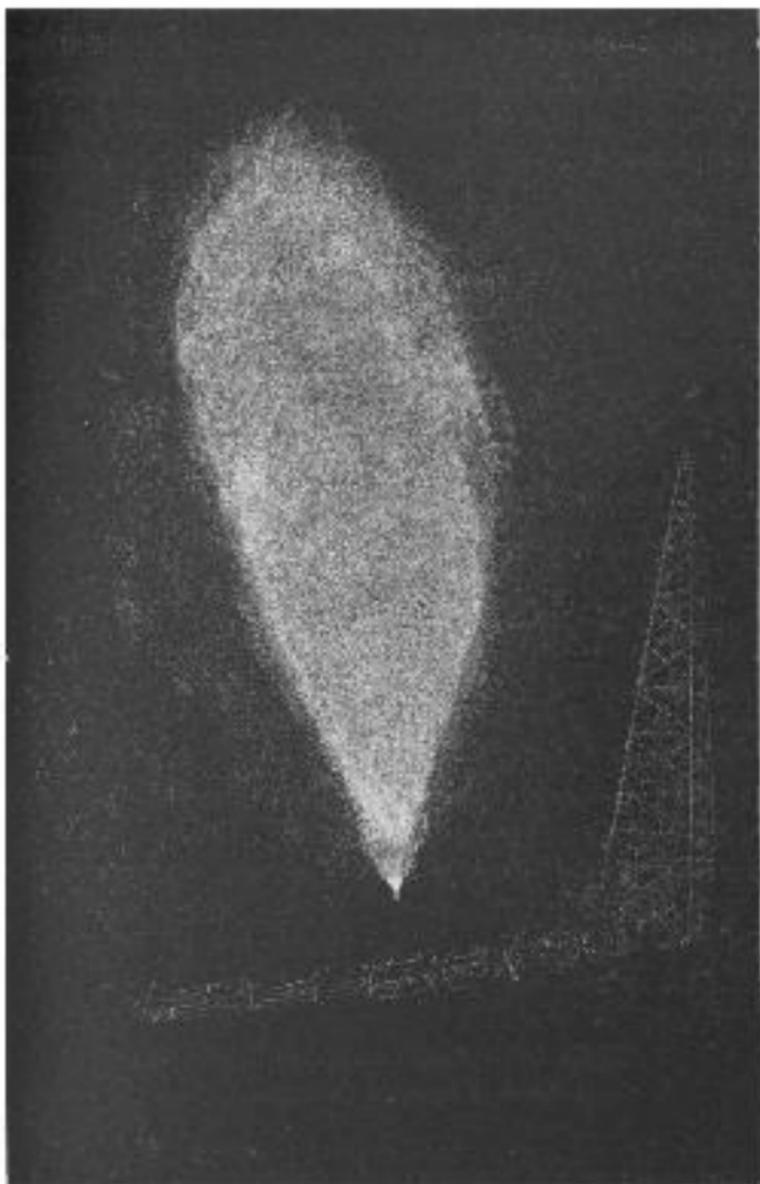


FIG. 10. — Fontaine de gaz naturel aux États-Unis.  
(Figure empruntée au *Génie civil.*)

RICHE et HALPHEN. *Le Pétrole.*



Lorsque l'on a à lutter contre l'action envahissante d'eaux provenant des couches supérieures et qui tendent à pénétrer dans le puits, on emploie soit un fourneau de toile que l'on dispose autour du tubage et que l'on remplit de graines de lin, soit une garniture nommée

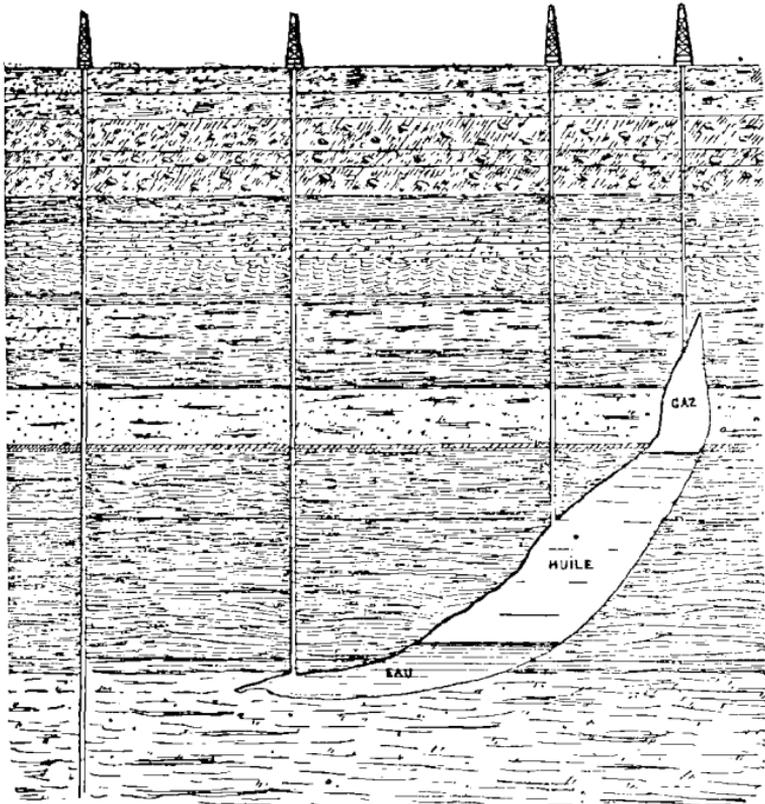
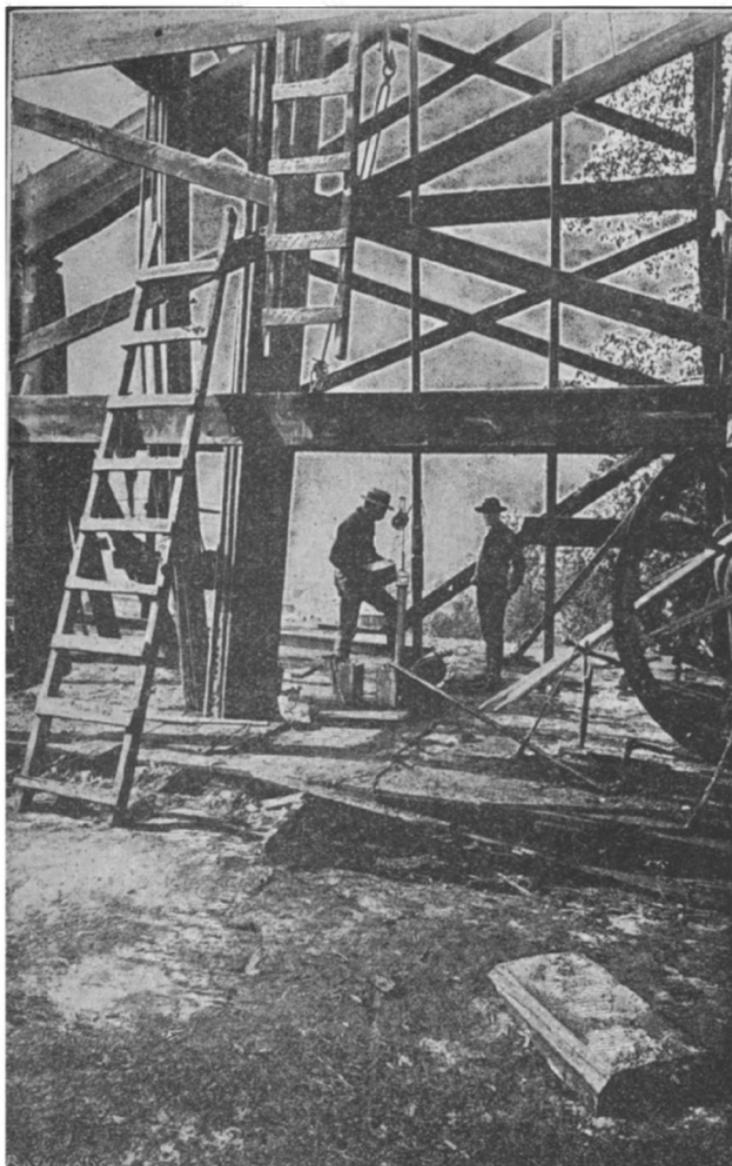


FIG 11. — Cavités renfermant le pétrole.  
Coupe théorique montrant les différents gisements.

-pacher formée d'une sorte de cuir embouti monté sur une bague de fer autour du tubage.

Dans le 1<sup>er</sup> cas, sous l'influence de l'eau, la graine de lin gonfle et forme une fermeture étanche entre les



**FIG. 12. — Vue extérieure d'un derrick aux États-Unis.  
Installation d'une torpille au fond du puits pour déterminer une explosion  
et une augmentation de production.**

parois du trou de sonde et le tube. Le même résultat est atteint dans le second cas par la simple pression de l'eau.

Les travaux ayant été menés jusqu'à ce que l'on ait atteint le niveau du pétrole, on loge à l'intérieur du puits une pompe à piston plongeur qui aspire l'huile et la refoule dans le tube de forage, celui-ci l'amène par un tuyau dans les réservoirs d'emmagasinage.

La partie supérieure du puits forme une chambre complètement close traversée par le tube de sortie de pétrole qui passe par un presse-étoupes ; en divers points, et au niveau du plancher, des tuyaux donnent issue au gaz.

On détermine le mouvement de la pompe à pétrole par le jeu du balancier qui a servi au forage.

C'est en 1862 que le colonel Roberts eut l'idée d'augmenter le débit des puits en les « torpillant », c'est-à-dire à faire détonner à leur base une certaine quantité de nitro-glycérine, qui détermine le déchirement de la roche ; il en résulte la création de nouvelles issues, pour les gaz, et parfois aussi une communication entre le puits et des cavités voisines contenant du pétrole.

La valeur du procédé fut démontrée en 1866 lors de l'expérience de torpillage du puits Wodui et, depuis cette époque, son application a reçu un très réel développement.

Tous les torpillages sont effectués par une compagnie qui en a le monopole et qui jouit du droit de posséder les véhicules et d'employer les substances explosives que nécessitent les opérations qu'elle effectue.

La charge est introduite au fond du puits au moyen de petits tubes d'étain que l'on y fait descendre en les suspendant à une corde passant sur une poulie et enroulée autour d'un treuil (fig. 12).

On détermine l'explosion de la dynamite en laissant

tomber au fond du puits une forte pièce de fonte qui, descendant sans frottement, arrive avec une grande force vive sur les tubes d'étain qu'elle écrase.

Au bout d'un temps variant de trois à dix minutes suivant la profondeur du puits, on entend un bruit sourd qui va croissant, puis l'huile s'échappe avec violence, entraînant avec elle, hors du puits, des débris de roche.

Lorsqu'un puits est abandonné, le propriétaire est tenu de le boucher avec du sable afin d'éviter l'accès de l'eau de la surface dans les terrains pétrolifères.

**Prix d'un forage.** — La valeur d'un forage dépend évidemment de la profondeur du puits. Le rapporteur de l'exposition<sup>1</sup> de 1889 donne à ce sujet les renseignements suivants :

Dans les districts Franklin, Mecca et Belden, où les puits sont peu profonds, la dépense n'est guère supérieure à 1,500 dollars.

Au Canada, les puits de 475 mètres qui, autrefois, coûtaient fort cher, entraînent une dépense variant entre 1,500 et 2,500 dollars.

Enfin, en Pensylvanie, où les puits sont très profonds et nécessitent des outils robustes, leur prix de revient est d'environ 4,500 dollars.

Le tableau suivant fait voir les quantités de puits forés et desséchés pendant les années 1890 et 1891 ; il indique les frais d'entretien de ces travaux pendant la même période.

1. Rapport de M. A. Deutsch. *Procédés et Appareils de l'Industrie du pétrole.*

TRAVAUX DE GISEMENTS EFFECTUÉS PENDANT LES ANNÉES  
1890 ET 1891.

|                    | PUITS FORÉS |       | ENTRETIEN<br>ET BATIMENTS |       | PUITS SECS |      |
|--------------------|-------------|-------|---------------------------|-------|------------|------|
|                    | 1890        | 1891  | 1890                      | 1891  | 1890       | 1891 |
| Janvier . . . . .  | 597         | 407   | 391                       | 245   | 71         | 46   |
| Février. . . . .   | 615         | 410   | 416                       | 195   | 71         | 41   |
| Mars. . . . .      | 645         | 401   | 426                       | 218   | 98         | 52   |
| Avril. . . . .     | 603         | 387   | 400                       | 786   | 102        | 69   |
| Mai. . . . .       | 585         | 380   | 353                       | 208   | 83         | 48   |
| Juin. . . . .      | 617         | 407   | 361                       | 234   | 97         | 72   |
| Juillet. . . . .   | 690         | 420   | 398                       | 182   | 109        | 67   |
| Août. . . . .      | 491         | 406   | 447                       | 188   | 95         | 67   |
| Septembre. . . . . | 632         | 406   | 351                       | 157   | 78         | 66   |
| Octobre. . . . .   | 644         | 390   | 365                       | 155   | 107        | 45   |
| Novembre. . . . .  | 542         | 351   | 278                       | 142   | 94         | 57   |
| Décembre. . . . .  | 445         | 287   | 245                       | 108   | 64         | 43   |
|                    | 7.306       | 4.652 | 4.431                     | 2.208 | 1.069      | 664  |

**Exportation du pétrole des États-Unis.** — Le bureau de statistique de Washington vient de publier le relevé comparatif des exportations de pétrole pendant les mois d'octobre 1894 et 1895. Il résulte de ce document que la quantité totale de pétrole (brut, naphte, raffiné, paraffine et résidus) chargée sur navires au mois d'octobre 1895 est de 83,843,613 gallons (1 gallon = 4 lit., 53), contre 83,875,023 au mois d'octobre 1894. L'exportation totale pour les dix mois finissant au 1<sup>er</sup> novembre 1895 est de 697,390,397 gallons, contre 734,846,623 pour la même période de 1894.

*Extraction du pétrole au Caucase*

Le mode primitif d'exploitation consistait à recueillir le naphte suintant des parois de tranchées et de puits

creusés au moyen de la pelle et de la pioche et dont la profondeur était par suite limitée à quelques dizaines de mètres. La plus grande quantité du naphte est maintenant extraite au moyen de puits obtenus par sondages à un diamètre initial variant de 0<sup>m</sup>,250 à 0<sup>m</sup>,420 et ordinairement de 0<sup>m</sup>,380. Ce mode d'extraction a été appliqué pour la première fois en 1871<sup>1</sup>. Les couches de sable que les forages traversent exigent, en raison de la facilité avec laquelle les éboulements se produisent, le tubage des trous de sonde au moyen de tubes de 3 à 5 millimètres d'épaisseur, et d'environ 2 mètres de longueur. Le diamètre de ces tubes est forcément décroissant et les tubes inférieurs ont parfois moins de 0<sup>m</sup>,200 de diamètre.

De plus, le forage à la corde ne donne ici que de très médiocres résultats parce que les couches étant inclinées, produisent la déviation du trépan et par suite du trou de sonde. Ces conditions amènent les exploitants à utiliser un matériel analogue à celui qui est employé aux États-Unis, mais plus puissant.

Par contre, les travaux de forage sont poussés bien moins avant qu'en Amérique parce que le pétrole y existe à des profondeurs moins grandes. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils dépassent 150 sagènes<sup>2</sup> (825 pieds).

La tige de sonde est composée, comme pour les puits artésiens, d'une série d'allonges en nombre variable,

1. M. Goolishaubarow donne relativement aux puits les nombres suivants :

| Puits ordinaires  | Puits obtenus par sondages |                   |
|-------------------|----------------------------|-------------------|
|                   |                            |                   |
| 1830. . . . . 82  | 1871.. . . . 1             | 1875. . . . . 65  |
| 1862. . . . . 220 | 1872.. . . . 2             | 1876. . . . . 101 |
| 1872. . . . . 415 | 1873.. . . . 17            | 1879. . . . . 301 |
|                   | 1874.. . . . 50            | 1882. . . . . 375 |

2. Un Sagène = 2 m. 135.

portant à leur partie inférieure le trépan, et attachées à leur partie supérieure au balancier par l'intermédiaire d'un crochet à anneau tournant (fig. 13).

Lorsque la tige de sonde ou le trépan viennent à se rompre, on se trouve en présence des mêmes difficultés que celles que nous avons signalées pour le même cas quand nous avons parlé des forages américains. Bien souvent, les tentatives d'extraction, de la partie brisée, sont vaines et le puits doit être abandonné. L'irrégularité des couches traversées rend l'opération plus difficile et plus coûteuse qu'aux États-Unis.

Aussitôt que le dépôt de naphte est atteint, il se dégage ordinairement d'abondants hydrocarbures gazeux qui s'échappent parfois avec une force telle qu'ils projettent en l'air la tige de sonde.

Dès que des gaz s'échappent d'un forage, on en sort en toute hâte la tige de sonde et on ferme l'orifice du tubage avec un robinet-vanne destiné à régler l'écoulement du puits tant que celui-ci sera jaillissant. Cette opération est rendue assez difficile par la grande quantité de sable qu'entraîne le jet d'huile et qui lui donne la propriété de ronger en quelques jours d'épaisses plaques de fonte. Pour éviter la rupture, par la pression du naphte, du tubage ainsi capuchonné, on entoure les tubes supérieurs, sur une profondeur de 6 à 9 mètres, d'une épaisse garniture annulaire d'asphalte ou de béton.

L'instrument qui sert à maîtriser le jaillissement porte le nom de *kalpak*. Il consiste essentiellement en un tronçon de tube en fonte, muni d'un clapet à tiroir qui se manœuvre horizontalement au moyen d'une longue tige. On assemble le *kalpak* sur le dernier tube posé, de façon que, s'il se produit un jaillissement qui projette en l'air la sonde, il suffit de fermer le tiroir pour capter la *fontaine*.

Au-dessus de ce tiroir, on dispose un fort tuyau en fonte dont les parois ne doivent pas avoir moins de 0<sup>m</sup>,07



FIG. 13. — Vue intérieure d'un puits à naphte, à Bakou, Caucase.

(Figure empruntée au *Génie civil*.)

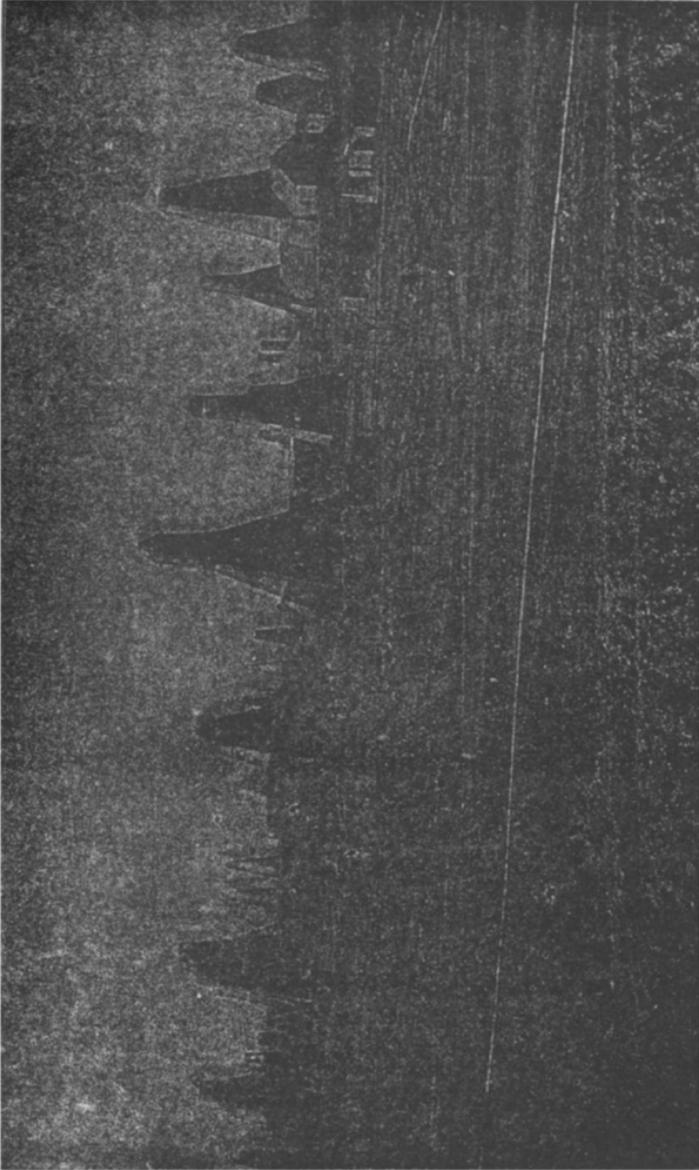
à 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur afin de résister à l'usure énergique du jet d'huile qui entraîne avec lui, comme nous l'avons déjà dit, du sable ainsi que des débris de roches. Ce tuyau est coudé en quart de cercle de façon à diriger horizontalement la veine de naphte ; sans cette précaution, le vent, qui est parfois très puissant, entraînerait, loin du lieu d'exploitation, une proportion notable d'huile qui se trouverait ainsi perdue.

Il suffit alors d'ouvrir plus ou moins le kalpak pour produire l'échappement du pétrole, que l'on recueille ainsi suivant les besoins. Au bout d'un certain temps, ces fontaines finissent par se tarir.

Lorsque l'huile ne jaillit plus, on a recours au pompage. On emploie à cet effet des cylindres de 3 mètres de hauteur sur 250 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre en moyenne. Ces cylindres sont munis, à leur partie inférieure, d'un clapet qui s'ouvre en touchant le fond du puits et se ferme automatiquement dès que le tube est soulevé.

Ces appareils que l'on nomme *jelouka* reçoivent d'une machine à vapeur un mouvement alternatif de descente et d'ascension. Deux minutes suffisent généralement pour la descente et la montée du cylindre, dont chaque course amène à la surface de 150 à 200 litres d'huile, de telle sorte que ce mode de pompage permet d'obtenir de 80 à 100 mètres cubes par jour. Il suffit d'approfondir les puits lorsque leur production diminue, et, jusqu'à ce jour, on n'a pas eu recours à l'expédient du torpillage des puits usité en Amérique.

Il arrive parfois que l'écoulement de l'huile suit de si près le dégagement gazeux qu'il est impossible de placer le *kalpak* ; d'autres fois l'expansion est si considérable que l'appareil de captage vole en éclats. Dans l'un ou l'autre de ces cas, on obtient une *fontaine* et il n'y a qu'à attendre que le jet se tarisse. On perd nécessairement de ce fait une grande quantité de liquide ; l'amé-



**Fig. 14. — Vue d'ensemble des puits de Bakou.**

nagement rapide de bassins permet d'en recueillir une certaine quantité.

Quand on fore un puits et que l'on redoute une fontaine, on donne au puits carré une profondeur de 8 à 10 mètres et on entoure le tube initial d'une maçonnerie formée de pierre et de ciment. La figure 14 représente une vue d'ensemble des puits de Bakou.

Le forage d'un puits revient en moyenne à 50,000 francs.

PUITS EXPLOITÉS SITUÉS SUR LA PÉNINSULE D'APCHÉRON.  
LEUR PROFONDEUR MOYENNE ; LEUR FORCE PRODUCTIVE.

| ANNÉES | NOMBRE<br>de<br>PUITS | PROFONDEUR<br>MOYENNE<br>en sagènes | EXPLOITATION<br>TOTALE | FORCE<br>PRODUCTIVE<br>moyenne<br>par an |
|--------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| 1885   | 194                   | 60                                  | 116.000.000            | 600.000                                  |
| 1886   | 227                   | 75                                  | 145.000.000            | 640.000                                  |
| 1887   | 216                   | 78                                  | 165.000.000            | 763.000                                  |
| 1888   | 239                   | 89                                  | 192.000.000            | 803.000                                  |
| 1889   | 278                   | 95                                  | 205.000.000            | 737.000                                  |
| 1890   | 360                   |                                     | 239.000.000            | 664.000                                  |

QUANTITÉS COMPARATIVES DE SONDAGES EFFECTUÉS  
SUR LA PÉNINSULE D'APCHÉRON PENDANT LES ANNÉES  
1888 A 1890.

| ANNÉES | SONDAGES<br>en<br>SAGÈNES | FRAIS<br>de<br>SONDAGES  |
|--------|---------------------------|--------------------------|
| 1888   | 5.000                     | 850.000 <sup>n 0/0</sup> |
| 1889   | 6.500                     | 1.105.000                |
| 1890   | 14.810                    | 2.517.000                |

DURÉE DE L'EXPLOITATION DES PUIITS EN 1890 SUR  
LE TERRAIN BALAKHANI-SABOUNTSCHI.

| NOMBRE<br>des<br>PUIITS<br>exploités<br>à<br>Balokhani-<br>Sabountschi | NOMBRE DES MOIS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | TOTAL. |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|
|                                                                        | 1               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  |        |
|                                                                        | 29              | 18 | 19 | 21 | 13 | 18 | 21 | 19 | 15 | 17 | 21 | 124 | 335    |

CLASSEMENT DES PUIITS SELON LEUR PRODUCTION.

| PRODUCTION ANNUELLE            | NOMBRE<br>des<br>PUIITS | TOTAL<br>DE LA PRODUCTION<br>en 1890 |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                                |                         | poids                                |
| Jusqu'à . . . . . 500.000      | 230                     | 47.147,935                           |
| De 500.000 à . . . 1.000.000   | 55                      | 36.986,440                           |
| De 1.000.000 à . . . 2.000.000 | 32                      | 44.243,835                           |
| A plus de . . . . . 2.000.000  | 18                      | 78.016,740                           |
| TOTAUX. . . . .                | 335                     | 206.394,950                          |

*Transport du pétrole*

Comme nous venons de le voir, l'huile passe, du puits dans lequel on la puise, dans des réservoirs plus ou moins nombreux et plus ou moins vastes, suivant l'importance du débit du puits. Là, par repos, elle se sépare des eaux douces ou salées, des débris minéraux et végétaux qui la souillent. Son transport peut être effectué de 4 façons différentes :

1° Dans des barils en bois, d'environ 180 litres, aussi étanches que possible, auxquels on a tenté de substituer des fûts en papier. Dans ce but, une com-

pagnie américaine avait fondé 3 usines à Hartford, Cleveland et Toledo. Ces fûts, établis en papier comprimé, n'avaient aucun joint ; étant plus élastiques que les tonneaux en bois, ils se brisaient moins facilement. Comme ces derniers, les fûts en papier étaient munis de cercles de fer ;

2° Dans des wagons-citernes semblables à ceux que représente la figure 15 ;

3° Dans des bateaux-citernes dont la figure 16 donne une idée exacte ;

4° Par pipe-lines.

Les 3 premiers modes de transport ne sont applicables que lorsqu'il s'agit seulement de faibles distances ou de quantités relativement peu importantes, mais, lorsqu'on se propose de déplacer des quantités énormes de pétrole, comme celles qu'on transporte en Amérique et en Russie, il est indispensable d'adopter le 4<sup>e</sup> mode de transport.

Sous le nom de pipe-lines, on désigne un réseau souterrain de conduites métalliques à travers lesquelles on fait circuler le pétrole pour l'expédier d'un point à un autre. Le mouvement du liquide est effectué, soit grâce à l'inclinaison des terrains, soit par l'emploi de pompes spéciales. Ce système, préconisé en 1860 par le général Karns, puis proposé à nouveau par M. Hutchinson, s'est heurté, dès l'application, à des difficultés de toute nature.

Aujourd'hui les pipe-lines constituent un réseau complet dans toutes les régions pétrolifères d'Amérique, et elles se prolongent jusqu'aux raffineries établies dans les centres de Pittsburg, Philadelphie, New-York, Baltimore, Cleveland et Buffalo. En Russie, les pipe-lines ont rendu également de grands services.

Les tuyaux prennent naissance aux réservoirs qui se trouvent à côté des puits d'extraction (fig. 17) ; ils abou-

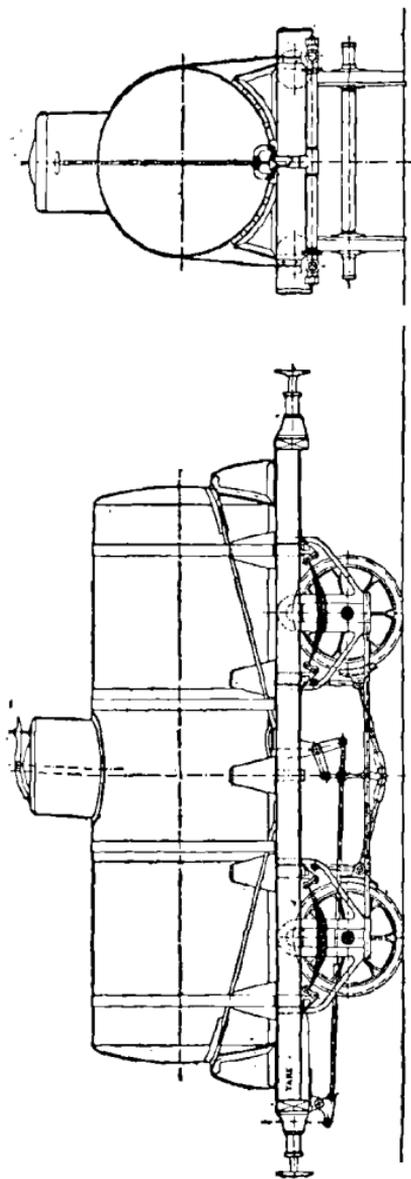


Fig. 15. — Wagon-citerne pour le transport des pétroles.

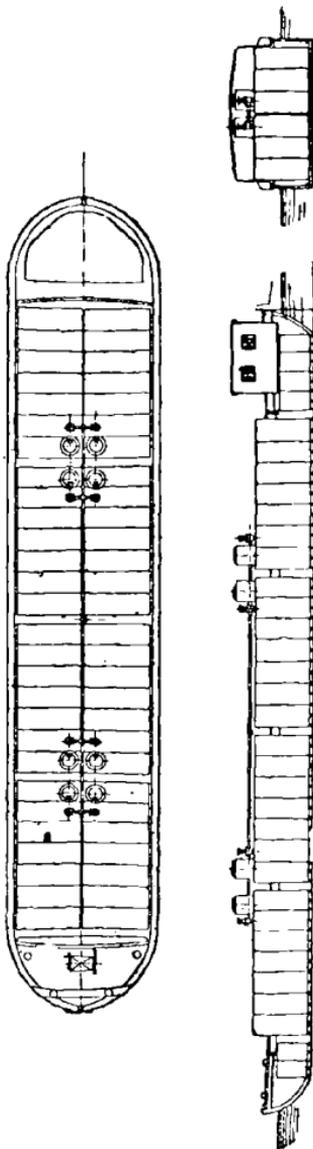


Fig. 16. — Chaland-citerne pour le transport des pétroles par la voie fluviale.

tissent à une première station où le pétrole est reçu dans des réservoirs d'où une pompe le puise pour l'envoyer par une autre série de tuyaux à la seconde station et ainsi de suite (fig. 18) ; après avoir passé dans les diverses stations échelonnées le long de son parcours, le pétrole arrive dans les réservoirs destinés à l'approvisionnement des raffineries du pays et de l'étranger.

La ligne de conduites qui relie les divers puits vers le point central de la région où se trouve une station secondaire est modifiée chaque jour puisqu'il y a lieu de mettre les nouveaux puits en relation avec la station et d'en isoler ceux qui sont taris.

Le diamètre intérieur des tuyaux varie suivant leur importance et oscille en général entre 0,150 et 0,050.

Les stations principales de pompes refoulent le liquide sur les grandes artères de la canalisation. Elles possèdent un générateur de vapeur et des pompes qui sont généralement du système Worthington. Ces pompes sont susceptibles de fournir de 75 à 100 kil. par centimètre carré.

Il arrive parfois qu'une conduite s'encrasse ; dans ce cas, on engage dans le tuyau obstrué une brosse conique, en fils d'acier, que l'on nomme *go-devil* ou passe-diable et qui, se trouvant entraînée par le courant de pétrole, dégage le tube.

Lorsque l'huile doit être ensuite transportée par wagons-citernes on l'envoie aux râteliers de chargement ou *racks*. Là, la ligne arrive parallèlement à la voie ; elle est munie de tuyaux qui lui sont perpendiculaires et dont la distance de l'un à l'autre est juste celle d'un wagon. Ces tuyaux sont munis d'un robinet et d'un coude sur lequel vient se fixer un tuyau mobile en étain, que l'on relie au trou d'homme du wagon-citerne lorsque celui-ci est placé juste en face de lui. Grâce à cette disposition, on charge tous les wagons d'un train dans le

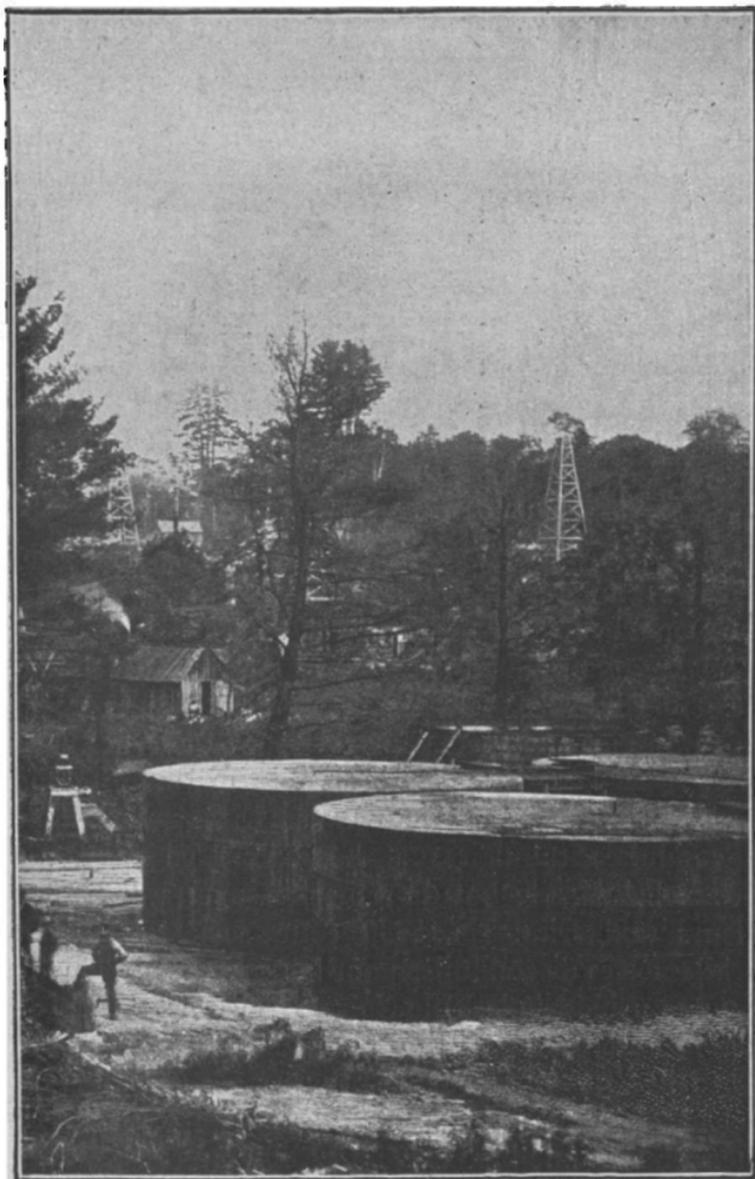


FIG. 17. — Station de pompes à Titusville (Pennsylvanie).  
Sur la gauche un bâtiment abritant les pompes qui aspirent l'huile aux puits de la région et l'emmagasinent dans un groupe de réservoirs.

(Figure empruntée au *Génie civil.*)

même temps qu'il faudrait pour n'en charger qu'un seul. La durée de chargement est d'environ une heure et demie.

On évalue à plus de 12,872 kilomètres la longueur totale des pipe-lines américains. La ligne la plus longue est celle de New-York ; son développement est de 714 kilomètres.

La *Standard oil Company* possède la presque totalité de ces canaux, soit par elle-même, soit par des sociétés affiliées, et elle a successivement annexé toutes les Compagnies qui se sont constituées aux diverses époques pour établir des pipe-lines sur New-York et Philadelphie, etc., ou bien elle a établi avec elles certains accords, notamment avec la *Tide Water Company*.

La maison *Mellon and Company*, de Pittsburg, propriétaire d'un grand nombre de puits à Washington et à Mac-Donald surtout, a établi en dehors de la *Standard oil Company* un pipe-line de ces régions à Philadelphie.

Comme les distances du point d'embarquement et des raffineries aux puits sont moins grandes en Russie qu'en Amérique, les pipe-lines y ont un moins grand développement qu'aux États-Unis. La première ligne de conduites tubulaires a été établie en 1878 par MM. Nobel dans le but de relier les sources de naphte à leurs raffineries. En 1889 cette société possédait 55 kilomètres de conduites pour le transport du naphte brut aux usines de la Ville Noire. Il y a encore lieu de citer la Société industrielle et commerciale de naphte possédant 8,530 mètres de tuyaux de 0,075 et la Société Caspienne dont les pipe-lines de 0,100 à 0,125 s'étendent sur une longueur de 12,800 mètres.

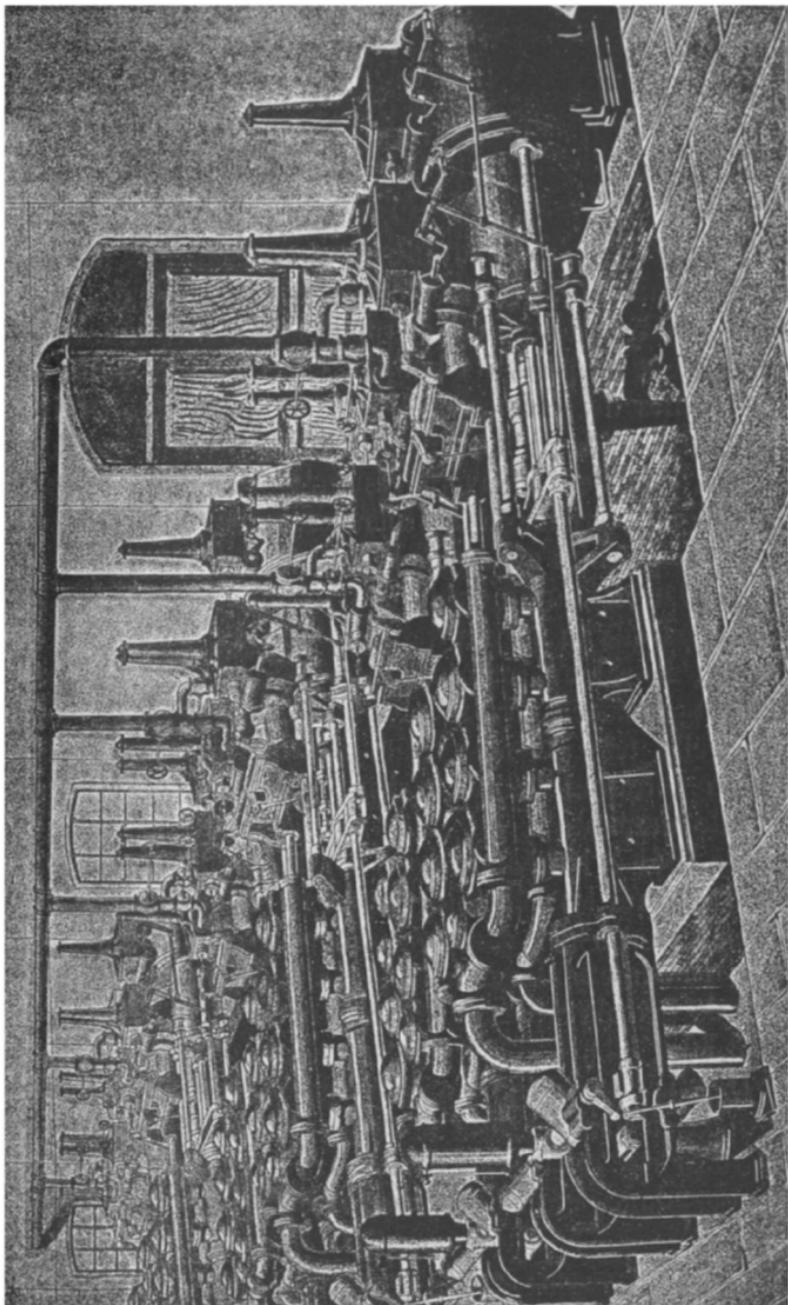


Fig. 18. — Station de pompes Worthington de pipe-lines. (Figure empruntée au *Génie civil*.)

## IV.

## Essai des huiles brutes

Lorsque le pétrole fut introduit en France et soumis à des droits élevés, on se préoccupa d'établir des procédés analytiques exacts et rapides pour déterminer le rendement en produits lampants des pétroles bruts et des huiles de schistes et M. H. Sainte-Claire-Deville fut chargé de les déterminer. Il fit des travaux considérables que l'on trouvera résumés dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, tomes 68 et 72, sur tous les pétroles connus à l'époque.

La détermination de la densité lui a servi à établir des appareils au moyen desquels on évaluait, par distillation, la valeur imposable des huiles minérales, en dosant l'essence minérale dans le pétrole brut. Ces appareils très ingénieux ne sont plus usités depuis qu'on a frappé du même droit l'essence minérale et l'huile lampante<sup>1</sup>.

De 1881 à 1893, on fit payer à l'huile brute un droit de 18 francs les 100 kilogrammes et à l'huile raffinée aussi bien qu'aux essences un droit de 25 francs, ce qui, en admettant que le brut rende seulement 85 pour 100 de pétrole raffiné, établissait encore une protection de 3,60.

Depuis cette époque, on a été amené à diminuer cette protection en se basant sur ce fait que le rendement des pétroles américains est supérieur à 85 pour 100. Il n'existe donc, au point de vue douanier, que trois sortes

1. On en trouvera la description dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1878.

de pétrole : les bruts, les raffinés et les huiles de graissage. Voici d'ailleurs le texte de la loi du 30 juin 1893 :

ART. 1<sup>er</sup>. — Note A. — Sera admise comme brute toute huile qui ne renferme pas plus de 90 pour 100 de produits lampants, et qui n'est pas susceptible, dans l'état où elle est, de brûler dans les lampes d'un usage courant. Dans le calcul de 90 pour 100 les fractions seront négligées.

L'huile minérale ne contenant pas plus de 30 pour 100 de produits lampants sera considérée comme huile de graissage.

Un règlement d'administration publique, rendu après avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures, fixera les conditions dans lesquelles sera déterminé le rendement.

Il y a lieu de distinguer les huiles brutes américaines dont la densité voisine de 0,800 à 15° oscille entre 0,780 et 0,805, lesquelles sont odorantes et inflammables à la température ordinaire, d'avec les huiles importées de Russie comme brutes.

Celles-ci sont généralement constituées par un mélange de produits provenant d'une première distillation du naphte (sans purification ultérieure) avec du mazout ou résidu de distillation que l'on emploie en proportions telles que le produit final pèse 0,830. Souvent, on emploie au lieu de mazout, du naphte brut que l'on mélange dans la proportion d'environ 15 pour 100.

Ces mélanges sont noirs, leur densité est supérieure à 0,830; comme ils ne renferment que très peu d'essence, ils ne s'enflamment pas à la température ordinaire, mais seulement au-dessus de 35°.

### *Mode opératoire*

1° **Huiles d'origine américaine.** — Quand on aura à examiner une huile d'origine américaine présentée comme brute, on constatera d'abord les premiers caractères

tères : couleur, odeur, densité ramenée à 15°, inflammabilité à la température ordinaire.

On vérifiera ensuite qu'elle brûle mal dans les lampes<sup>1</sup> et on déterminera sa consommation en quatre heures. Cette consommation peut s'élever à 90 grammes. Elle dépasse très rarement ce chiffre et en tout cas d'une petite quantité. Ces caractères distinguent immédiatement les pétroles américains présentés comme bruts des pétroles raffinés de même origine. Ces derniers sont incolores ou légèrement jaunâtres, leur odeur est faible, leur densité varie de 0,780 à 0,800. Ils ne contiennent pas d'essence et ne doivent s'enflammer qu'à une température égale ou supérieure à 35°. Ces huiles raffinées brûlent bien dans la lampe type; leur consommation en quatre heures dépasse 120 grammes et atteint d'ordinaire environ 150 grammes. Pour déterminer le rendement en produits lampants d'un pétrole brut, on ne peut le soumettre à des opérations semblables à celles que l'industrie emploie pour le raffinage, parce que lorsqu'on opère en petit, les pertes provenant des diverses manipulations (distillations fractionnées, traitements à l'acide et à la soude, lavage, etc.) s'exagèrent au point de donner des résultats très variables avec les opérateurs et qui, dans aucun cas, ne sont comparables aux rendements industriels qu'il s'agit d'évaluer.

On arrive à de meilleurs résultats en soumettant le pétrole brut à une seule distillation poussée en une demi-heure à 350° et en admettant, pour cette distillation et pour les opérations qu'auraient à subir ensuite le produit distillé et le résidu, des pertes analogues à celles constatées en Amérique par le traitement des produits correspondants.

Des distillations faites dans des vases de nature diffé-

1. Voyez à ce sujet page 86.

rentes ont donné des résultats sensiblement les mêmes pour le verre et le cuivre; la quantité de matière soumise à la distillation n'a pas non plus d'influence sensible, et il faudrait faire varier notablement la durée de la distillation pour obtenir des résultats très différents.

On pourra donc opérer assez rapidement et sur des quantités de matière assez petites pour répéter au besoin

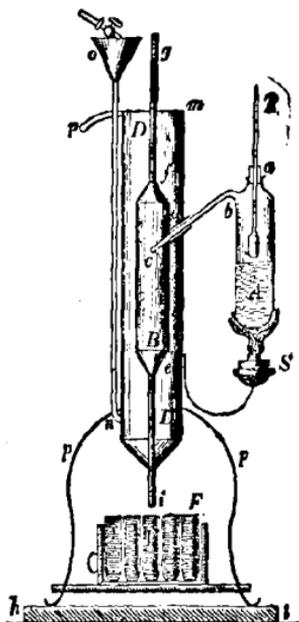


FIG. 19. — Appareil de Regnault pour la distillation fractionnée des pétroles bruts.

plusieurs fois l'expérience sur un même échantillon de 2 litres de pétrole.

On opérera de la manière suivante :

Dans un vase cylindrique en cuivre analogue à celui employé autrefois par Regnault (fig. 19) et ayant environ 0<sup>m</sup>,08 de diamètre sur 0<sup>m</sup>,20 de hauteur, et taré d'avance, on versera 300 grammes de pétrole présenté

comme brut, desséché et rendu clair par filtration à travers du papier à filtre ou de la sciure de bois sèche. On chauffera de manière qu'un thermomètre, ayant son réservoir constamment plongé dans le liquide, arrive à la température de  $350^{\circ}$  au bout d'une demi-heure ; puis on laissera refroidir. Après complet refroidissement on pèsera de nouveau la cornue contenant le résidu. La différence entre le poids ainsi obtenu et le poids initial de la cornue vide donnera le poids du résidu. L'excès de 300 grammes sur ce poids de résidu représentera les produits qui ont passé à la distillation.

On a constaté ainsi, dans une très grande série d'expériences concordantes, que le résidu est toujours d'au moins 36 pour 100 et généralement voisin de 40 pour 100, tandis que les huiles raffinées de même origine ne laissent qu'un résidu de 8 pour 100 au maximum.

Pour déduire de ces résultats le rendement d'une huile présentée comme brute on admettra, comme nous l'avons dit, pour la distillation à  $350^{\circ}$  et pour les opérations subséquentes qu'auraient à subir le produit distillé et le résidu, des pertes et des déchets analogues à ceux constatés en Amérique par le traitement des produits correspondants.

Or, d'après les résultats rappelés par MM. Riche et Roume en divers endroits de leur rapport « sur la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux États-Unis d'Amérique », et en particulier d'après les résultats obtenus par la *Standard Oil Company* pour le traitement de 100 gallons d'huile brute (page 25 du rapport) le déchet est de 5 pour 100 pour les 85 pour 100 les plus volatils et de 20 pour 100 pour le résidu s'élevant seulement à 15 pour 100, ce qui conduit à une perte de 7,25 pour 100 et à un rendement de 92,75 pour 100.

On applique le déchet de 5 pour 100 au produit qui a

distillé à 350° et qui se monte seulement à 60 ou 65 pour 100 de l'huile brute ; mais le déchet de 20 pour 100 appliqué en Amérique aux 15 pour 100 des produits les moins volatils pourra être réduit à un maximum de 18 pour 100 pour le résidu de la distillation à 350°, résidu qui, s'élevant à 36 ou 40 pour 100, contient par suite plus de composés volatils utilisables comme produits lampants que le résidu de 15 pour 100 sur lequel porte la correction en Amérique.

Si on applique ces données aux résultats d'une des nombreuses expériences concordantes faites par ce procédé, on constate qu'à 350° on a eu un résidu de 118<sup>gr</sup>,500, soit 39,5 pour 100 et par suite qu'il a distillé 181<sup>gr</sup>,500, soit 60,5 pour 100.

En retranchant 5 pour 100, c'est-à-dire  $181^{\text{gr}},500 \times 0,05 = 9^{\text{gr}},075$  au produit distillé, ce qui donne  $181,5 - 9,075 = 172^{\text{gr}},425$  et 18 pour 100, c'est-à-dire  $118,5 \times 0,18 = 21^{\text{gr}},330$  au résidu de la distillation, ce qui donne  $118,5 - 21,33 = 97^{\text{gr}},170$ , on obtient deux nombres dont la somme divisée par 3 donnera le rendement :

$$\frac{172.425 + 97.170}{3} = \frac{269.595}{3} = 89.860$$

D'une manière générale, si l'on désigne par A le poids des produits qui ont distillé, et par B celui du résidu, par *a* la correction de 5 pour 100 à retrancher de A, et par *b* la correction de 18 pour 100 à retrancher de B, le rendement R sera égal à

$$\frac{A - a + B - b}{3} = R$$

Les rendements ainsi déterminés concordent avec ceux obtenus industriellement par la raffinerie française.

De nombreuses expériences, faites comparativement avec des pétroles donnant un rendement d'environ 90 pour 100 et avec des pétroles additionnés d'essence ou d'huile raffinée, ont montré qu'avant que cette addition puisse être assez importante pour donner un rendement industriel supérieur à 90,9 pour 100 et pour compenser les frais de la redistillation des essences ou des huiles raffinées ainsi ajoutées au pétrole brut, le résidu de la distillation à 350° descend au-dessous de la limite de 36 pour 100 que laissent au minimum les pétroles bruts contenant jusqu'à 15 à 18 pour 100 d'essence, et la formule accuse un rendement supérieur au rendement maximum admis par la loi.

2° **Huiles d'origine russe.** — Quand on aura à examiner une huile d'origine russe considérée comme brute, on constatera d'abord les premiers caractères précédemment indiqués, couleur, odeur, densité ramenée à 15°. On constatera qu'elle n'est inflammable qu'au-dessus de 35°.

On vérifiera ensuite qu'elle brûle mal dans la lampe type et on déterminera sa consommation en quatre heures. Cette consommation est au plus égale à 110 grammes.

Ces caractères permettront de distinguer immédiatement les pétroles russes, admissibles comme bruts, des pétroles raffinés de même origine. Ces derniers sont incolores et peu odorants, leur densité ramenée à 15° est voisine de 0,825. Ils brûlent bien dans la lampe type et leur consommation en quatre heures est supérieure à 120 grammes, elle se rapproche ordinairement de 140 grammes.

Pour déterminer le rendement en produits lampants d'une huile importée de Russie comme brute, on se servira de l'appareil distillatoire en cuivre déjà décrit, on y versera 300 grammes du pétrole présenté comme

brut, desséché et rendu clair par filtration à travers du papier à filtre ou de la sciure de bois sèche. On chauffera de manière qu'un thermomètre ayant son réservoir constamment plongé dans le liquide marque la température de 350° au bout d'une demi-heure ; puis on laissera refroidir.

Après refroidissement complet, on pèsera de nouveau la cornue qui contient le résidu. La différence entre le poids ainsi obtenu et le poids initial de la cornue vide donnera le poids de ce résidu. L'excès de 300 grammes sur ce poids représentera les produits qui ont passé à la distillation.

On a constaté ainsi dans une longue série d'expériences concordantes que le résidu est d'environ 10 à 11 pour 100, tandis que les huiles raffinées de même origine ne laissent qu'un résidu d'au plus 1 à 2 pour 100; c'est ainsi que 300 grammes d'huile russe importée comme brute ayant donné à 350° un résidu de 33 grammes, soit 11 pour 100, ce qui a passé à la distillation est représenté par 267 grammes, soit 89 pour 100.

Or, d'après les résultats consignés dans le rapport de M. Chesneau, ingénieur des mines, délégué par M. le Ministre du Commerce, pour étudier le régime fiscal et l'industrie des huiles minérales en Autriche-Hongrie (pages 14 et 17), le rendement de ces huiles brutes dans les grandes raffineries de Fiume et de Vienne, concordant avec celui obtenu dans les raffineries françaises, ne dépasse pas 86 à 88 pour 100 en huile lampante.

Pour déduire le rendement industriel des résultats de la distillation faite jusqu'à 350°, il suffira de retrancher 2 pour 100 à ce qui a distillé jusqu'à cette température. En effet, si on retranche 2 pour 100 des 267 grammes qui ont passé à la distillation dans l'expé-

rience ci-dessus mentionnée, on aura le rendement en divisant par 3 la différence.

$$\frac{267-5.34}{3} = \frac{261.66}{3} = 87.22$$

D'une manière générale, si l'on désigne par  $A'$  le poids de ce qui a passé jusqu'à  $350^{\circ}$  et par  $a'$  la correction de 2 pour 100 à en retrancher, le rendement devra évaluer

$$\frac{A' - a'}{3}$$

et les rendements ainsi déterminés concordent avec ceux obtenus par l'industrie.

Le principe de la méthode employée pour reconnaître si une huile peut ou non brûler directement dans une lampe du type ordinaire est le suivant : L'huile à essayer est soumise à une épuration à froid, à l'acide sulfurique. Cette opération faite, on verse un volume ou un poids déterminé d'huile ainsi épurée (500 centimètres cubes) dans une lampe type. On allume et l'on règle la flamme de façon que la combustion se fasse toujours dans les mêmes conditions et l'on abandonne la lampe à elle-même dans un endroit à l'abri des courants d'air. Au bout de 4 heures, on éteint la lampe et l'on mesure ou l'on pèse l'huile restant.

La diminution de hauteur de la flamme pendant la combustion tient à deux causes : d'une part à l'abaissement du niveau du pétrole dans le réservoir, d'autre part à ce que, si le pétrole contient des produits trop lourds ou goudronneux difficilement combustibles, la partie lampante de l'huile brûle seule sur la mèche ; celle-ci se charge donc de plus en plus de produits lourds qui empêchent l'huile du réservoir d'atteindre le haut de la mèche où s'effectue la combustion. La flamme

diminue, par conséquent, très vite de hauteur lorsque l'huile mise en expérience contient à la fois des produits légers et des produits très lourds, ce qui est le cas des huiles brutes.

Ainsi tandis qu'un pétrole lampant raffiné d'une densité de 0,840 (c'est-à-dire ne renfermant que des carbures de densité différant très peu en-dessus et en-dessous de 0,840) donnera dans la lampe d'essai une combustion de plus de 100 centimètres cubes, on n'obtiendra qu'une combustion insignifiante avec des pétroles bruts de même densité, ainsi que le montrent les deux exemples suivants relevés par M. Chesneau sur les registres d'analyse du laboratoire de Vienne :

| TEMPÉRATURE DE DISTILLATION                  | PÉTROLES (ROUMAINS) BRUTS |                  |
|----------------------------------------------|---------------------------|------------------|
|                                              | DENSITÉ : 0,8368          | DENSITÉ : 0,8398 |
|                                              | en poids                  | en poids         |
| Jusqu'à 150 degrés. . . . .                  | 22,7 p. 100               | 18 0 p. 100      |
| De 150 à 270 degrés. . . . .                 | 37,5                      | 30.0             |
| De 270 à 300 degrés. . . . .                 | 6.3                       | 7.5              |
| Résidu. . . . .                              | 38 5                      | 44.5             |
| <b>TOTAL.</b> . . . .                        | <b>100.0</b>              | <b>100.0</b>     |
| Combustion à la lampe (sur 200 cent. cubes). | 10 cent. cubes            | 11 cent. cubes   |

On a également constaté à ce laboratoire que, si l'on fait des mélanges de pétrole lampant avec des quantités croissantes d'huile lourde non lampante, et qu'on essaie ces mélanges à la lampe, les consommations d'huile décroissent beaucoup plus rapidement que la quantité de lampant contenue dans le mélange. Les essais à la lampe constituent donc un moyen réellement précis de s'assurer si une huile peut, ou non, être employée à l'éclairage sans distillation préalable, et en subissant seulement au besoin une épuration chimique à froid.

*Pratique de l'Essai à la lampe***I. — Épuration à froid de l'huile minérale**

600 grammes d'huile minérale sont versés dans un flacon en verre bouché à l'émeri, d'une contenance de 1 litre, puis mélangés avec 30 grammes d'acide sulfurique pur et concentré, renfermant 98 pour 100 de monohydrate ( $H^2SO^4$ ). Ce mélange d'huile minérale et d'acide sulfurique est alors agité fortement pendant cinq minutes sans interruption, puis abandonné au repos pendant dix-huit à vingt-quatre heures. Ce temps écoulé, on décante avec précaution l'huile minérale surnageant le dépôt formé, sans remuer celui-ci, puis on filtre l'huile minérale sur un filtre en papier blanc ordinaire.

L'huile ainsi épurée à froid est alors soumise à l'essai d'éclairage.

**II. — Essai d'éclairage**

Pour faire l'essai d'éclairage, on emploie des lampes types<sup>1</sup>. 500 centimètres cubes de l'huile filtrée sont versés dans la lampe ; on utilise une mèche neuve de 20 centimètres de longueur et préalablement desséchée à 100° ; on l'adapte au bec et on coupe le niveau supérieur bien horizontalement. On fixe ensuite sur la gaine du bec la boîte carrée en fer-blanc qui accompagne la lampe. Cette boîte est munie, au centre de chacune de ses faces, d'une fenêtre divisée suivant sa hauteur en deux parties égales par un réticule horizontal. Les fenêtres et les réticules servent d'indicateurs pour la hauteur de la flamme.

1. Ces lampes sont construites par M. Luchaire, 27, rue Énard, à Paris.

La lampe ainsi préparée est bien exactement pesée. On la place dans un endroit à l'abri des courants d'air, on l'allume et on y adapte le verre.

On règle la flamme de façon qu'elle ne dépasse que très peu le capuchon du bec. Deux minutes après, on remonte la mèche de manière que la flamme arrive à la hauteur du réticule et, quand trois minutes se sont encore écoulées, on donne à la flamme une hauteur telle que la limite supérieure de sa partie éclairante se trouve dans le plan tracé entre les bords supérieurs des deux échancrures opposées de la boîte en fer-blanc.

A partir de ce moment on abandonne la lampe à elle-même dans un local dont la température doit être de 20 à 25° environ, pendant 4 heures comptées à partir du moment où la lampe a été allumée.

Au bout de ce temps, on note la hauteur de la flamme par rapport au plan passant par les réticules des deux ouvertures opposées, et on éteint la lampe en fermant, à l'aide d'un petit carreau, l'ouverture supérieure du verre.

Quand ce verre est refroidi, on l'enlève et on pèse de nouveau la lampe. La différence entre les deux pesées donne le poids de l'huile consommée pendant les 4 heures d'essai.

Avec les huiles brutes, la flamme de la lampe, à la fin de l'expérience, a notablement baissé et la mèche est en partie chargée de noir de fumée; en opérant avec les huiles raffinées (dans ce cas on supprime le traitement à l'acide sulfurique), on a une flamme de hauteur constante et il ne se forme pas de dépôt de noir de fumée sur la mèche.

En Autriche, l'essai se fait en volume, au moyen de lampes spéciales.

Le réservoir, en verre, de la lampe (dont la forme est indiquée fig. 20) doit avoir 7 centimètres de haut et un diamètre maximum de 9 centimètres; sa contenance

jusqu'à une hauteur de 6 centimètres (c'est-à-dire jusqu'au bord inférieur de la garniture métallique) doit être approximativement de 230 centimètres cubes.

Avant d'employer ces lampes pour un essai d'éclairage, on doit graver sur le réservoir de verre, sur tout son pourtour, deux traits à une hauteur telle que la capacité du réservoir comprise au-dessous de ces traits soit respectivement de 100 et 200 centimètres cubes.

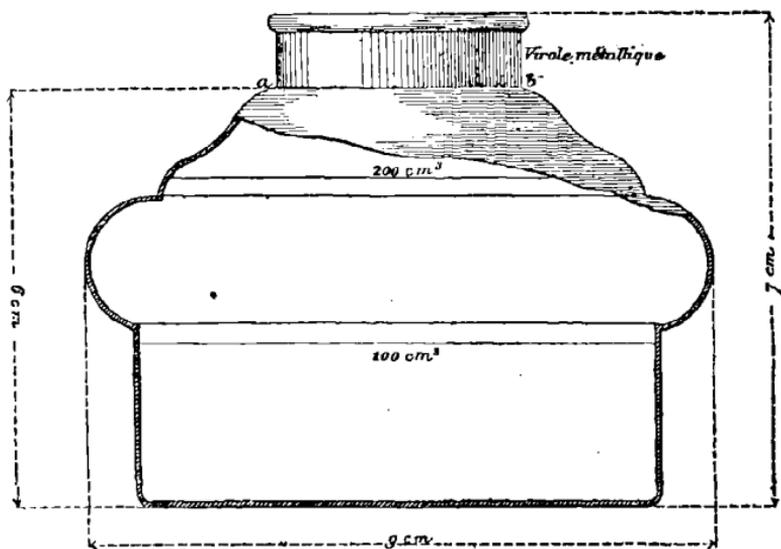


FIG. 20. — Réservoir contenant jusqu'à *a b*, 230 centimètres cubes.

On mesure d'abord 200 centimètres cubes de l'huile minérale purifiée d'après la méthode ci-dessus décrite, et on les verse dans le réservoir de la lampe qui, à moins d'une perte, doit être ainsi rempli exactement jusqu'au trait de 200 centimètres cubes.

Après quoi, on plonge dans le reste de l'huile purifiée à essayer, un morceau long de 15 centimètres de la mèche neuve, et on laisse s'imbiber complètement; puis on l'égoutte, et on l'introduit dans le bec, on la visse

et l'on coupe la mèche ras. La lampe ainsi préparée est placée dans un endroit complètement abrité contre les courants d'air, et aussitôt allumée. Après l'allumage, on visse de nouveau la mèche jusqu'à ce que la flamme, après qu'on a placé le verre, ne dépasse le capuchon qu'imperceptiblement. En vue d'obtenir le maximum de combustion, on laisse la flamme dans cet état pendant cinq minutes; à l'expiration de ce délai, on élève lentement la mèche assez haut pour que la flamme, mesurée au milieu, s'élève de 1 3/4 à 2 centimètres au-dessus du capuchon, ce qui est la hauteur prescrite pour les lampes d'essai. A partir de ce moment, on ne doit plus, pendant toute la durée de l'essai, changer quoi que ce soit à la position de la mèche ou de la flamme, et l'on doit se contenter d'observer de temps en temps la lampe abandonnée à elle-même.

L'essai doit durer jusqu'à ce que la flamme soit devenue assez petite pour qu'on ne puisse plus distinguer au-dessus du capuchon qu'une flamme imperceptible et vacillante. Dès que la flamme a atteint cet état, on doit, sans changer la position de la mèche, déterminer si le niveau de l'huile restant dans le réservoir dépasse la ligne de 100 centimètres cubes, l'atteint exactement ou au contraire est situé au-dessous.

Toute huile minérale qui, purifiée et essayée d'après les règles précédentes, donne, au moment où la flamme a l'aspect ci-dessus décrit, un volume d'huile restant moindre que 100 centimètres cubes (c'est-à-dire dont le niveau reste en-dessous de la ligne de 100 centimètres cubes), peut être employée à l'éclairage sans distillation préalable combinée avec un raffinage.

Mais si, dans les mêmes conditions, le niveau supérieur de l'huile restant dans la lampe atteint le trait de 100 centimètres cubes ou le dépasse en-dessus, l'huile en question doit être considérée comme ne pouvant

être employée à l'éclairage sans une distillation et un raffinage préalables.

Dans l'appréciation de la position du liquide restant dans le réservoir de la lampe, on doit viser non pas le niveau inférieur, mais le niveau supérieur du ménisque. Les lectures doivent être faites à partir de ce niveau.

### *Essai industriel*

Dans l'industrie, on évalue le rendement des huiles minérales en distillant de 300 à 600 centimètres cubes de pétrole dans des cornues en cuivre ou en fer, dont le couvercle est boulonné. Lorsque l'on opère sur 300, on fractionne en 10 volumes égaux tandis que lorsque l'essai porte sur 600 centimètres cubes on fractionne en 20 parties.

On fait durer la distillation de 600 centimètres cubes environ 7 heures en conduisant l'opération de façon que :

| le 1 <sup>er</sup> fractionnem <sup>t</sup> passe en 10 minutes |   |   |           | le 11 <sup>e</sup> fractionnem <sup>t</sup> passe en 60 minutes |   |   |            |
|-----------------------------------------------------------------|---|---|-----------|-----------------------------------------------------------------|---|---|------------|
| 2 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 10 —      | 12 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 60 —       |
| 3 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 10 —      | 13 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 25 à 40 —  |
| 4 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 10 à 12 — | 14 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 20 —       |
| 5 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 10 à 12 — | 15 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 20 —       |
| 6 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 10 à 12 — | 16 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 10 à 12 —  |
| 7 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 15 —      | 17 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 10 —       |
| 8 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 15 —      | 18 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 10 —       |
| 9 <sup>e</sup>                                                  | — | — | 15 à 20 — | 19 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 10 à 15 —  |
| 10 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 25 à 30 — | 20 <sup>e</sup>                                                 | — | — | 20 à indé- |
|                                                                 |   |   |           |                                                                 |   |   | terminé    |

et l'on détermine les limites de température entre lesquelles passe chaque fractionnement dont on évalue ensuite la densité soit au moyen de densimètres sensibles, soit par la balance de Mohr.

Ce mode d'essai est particulièrement employé aux États-Unis. Les résultats se traduisent soit sous forme de courbes, soit en tableaux semblables au modèle ci-dessous.

| NUMÉRO<br>du<br>FRACTIONNE-<br>MENT | TEMPÉRATURES<br>EXTRÊMES<br>de distillation | DENSITÉ<br>du<br>FRACTIONNEMENT | OBSERVATIONS     |
|-------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 1                                   | 65-116                                      | 0.698                           |                  |
| 2                                   | 116-130                                     | 0.714                           |                  |
| 3                                   | 130-145                                     | 0.728                           |                  |
| 4                                   | 145-155                                     | 0.736                           |                  |
| 5                                   | 155-167                                     | 0.746                           |                  |
| 6                                   | 167-177                                     | 0.754                           |                  |
| 7                                   | 177-178                                     | 0.762                           |                  |
| 8                                   | 178-180                                     | 0.768                           |                  |
| 9                                   | 180-192                                     | 0.776                           |                  |
| 10                                  | 192-204                                     | 0.783                           |                  |
| 11                                  | 204-215                                     | 0.790                           |                  |
| 12                                  | 215-244                                     | 0.800                           |                  |
| 13                                  | 244-264                                     | 0.810                           |                  |
| 14                                  | 264-290                                     | 0.820                           |                  |
| 15                                  | 290-294                                     | 0.821                           |                  |
| 16                                  | 294-300                                     | 0.820                           |                  |
| 17                                  | 300-310                                     | 0.812                           |                  |
| 18                                  | 310-300                                     | 0.808                           |                  |
| 19                                  | Au-dessus de 360                            | 0.813                           | paraffine<br>id. |
| 20                                  | id.                                         | 0.836                           | id.              |

Lorsque l'on prend la densité des fractionnements à une température différente de 15°, il faut la ramener à ce qu'elle serait à 15°. Dans ce but, nous donnons les 2 tableaux suivants. Les corrections qui sont indiquées dans le 1<sup>er</sup> de ces tableaux, bien que n'étant pas rigoureusement exactes, suffisent dans la pratique.

TABLE DE CORRECTION POUR RAMENER A 15° LES DENSITÉS

| DENSITÉ<br>de<br>L'ÉCHANTILLON | DIFFÉRENCE EN DEGRÉS CENTIGRADES ENTRE LA TEMPÉRATURE |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 14°                                                   | 13°5  | 13°0 | 12°5 | 12°0 | 11°5 | 11°0 | 10°5 | 10°0 | 9°5  | 9°0  | 8°5  |
| De 600 à 780.                  | 11,2                                                  | 10,8  | 10,4 | 10,0 | 9,6  | 9,2  | 8,8  | 8,4  | 8,0  | 7,6  | 7,2  | 6,8  |
| De 780 à 815.                  | 10,5                                                  | 10,12 | 9,75 | 9,37 | 9,0  | 8,62 | 8,25 | 7,87 | 7,5  | 7,12 | 6,75 | 6,37 |
| Au delà de 815.                | 9,80                                                  | 9,45  | 9,10 | 8,75 | 8,4  | 8,05 | 7,7  | 7,35 | 7,0  | 6,65 | 6,3  | 5,95 |

TABLE DE CORRECTION POUR RAMENER A 15° LES DENSITÉS  
DES PÉTROLES RUSSES PRISES A DIVERSES TEMPÉRATURES.

| TEM-<br>PÉRA-<br>TURE<br>en<br>CENTIGRADES | DENSITÉS OBSERVÉES |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |
|--------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|                                            | 750                | 760  | 770  | 780  | 790  | 800  | 810  | 820  | 830  | 840  | 850  | 860 | 870 | 880 | 890 |
|                                            | A RETRANCHER       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |
| 0°                                         | 11.7               | 11.5 | 11.3 | 11.1 | 10.9 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 9.9 | 9.8 | 9.7 | 9.6 |
| 1.25                                       | 10.7               | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 10.0 | 9.8  | 9.6  | 9.5  | 9.4  | 9.3  | 9.1  | 9.0 | 8.9 | 8.9 | 8.8 |
| 2.50                                       | 9.7                | 9.5  | 9.4  | 9.2  | 9.0  | 8.9  | 8.8  | 8.6  | 8.5  | 8.4  | 8.3  | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8.0 |
| 3.75                                       | 8.7                | 8.6  | 8.4  | 8.3  | 8.1  | 8.0  | 7.9  | 7.8  | 7.7  | 7.6  | 7.5  | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.2 |
| 5.00                                       | 7.7                | 7.6  | 7.5  | 7.3  | 7.2  | 7.1  | 7.0  | 6.9  | 6.8  | 6.7  | 6.6  | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 6.4 |
| 6.25                                       | 6.8                | 6.6  | 6.5  | 6.4  | 6.3  | 6.2  | 6.1  | 6.0  | 5.9  | 5.9  | 5.8  | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.6 |
| 7.50                                       | 5.8                | 5.7  | 5.6  | 5.5  | 5.4  | 5.3  | 5.2  | 5.2  | 5.1  | 5.0  | 5.0  | 4.9 | 4.9 | 4.8 | 4.8 |
| 8.75                                       | 4.8                | 4.7  | 4.6  | 4.6  | 4.5  | 4.4  | 4.3  | 4.3  | 4.2  | 4.2  | 4.1  | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 10.00                                      | 3.8                | 3.8  | 3.7  | 3.6  | 3.6  | 3.5  | 3.5  | 3.4  | 3.4  | 3.3  | 3.3  | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| 11.25                                      | 2.9                | 2.8  | 2.8  | 2.7  | 2.7  | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 12.50                                      | 1.9                | 1.9  | 1.8  | 1.8  | 1.8  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 13.75                                      | 1.0                | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 15.00                                      | 0.0                | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                                            | A AJOUTER          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |
| 16.25                                      | 0.9                | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 17.50                                      | 1.9                | 1.9  | 1.8  | 1.8  | 1.8  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.6  | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 18.75                                      | 2.8                | 2.8  | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.6  | 2.6  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 20.00                                      | 3.8                | 3.7  | 3.7  | 3.6  | 3.5  | 3.5  | 3.4  | 3.4  | 3.4  | 3.3  | 3.3  | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| 21.25                                      | 4.7                | 4.6  | 4.6  | 4.5  | 4.4  | 4.4  | 4.3  | 4.2  | 4.2  | 4.1  | 4.1  | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 22.50                                      | 5.7                | 5.6  | 5.5  | 5.4  | 5.3  | 5.2  | 5.2  | 5.1  | 5.0  | 5.0  | 4.9  | 4.9 | 4.8 | 4.8 | 4.8 |
| 23.75                                      | 6.6                | 6.5  | 6.4  | 6.3  | 6.2  | 6.1  | 6.0  | 5.9  | 5.8  | 5.8  | 5.7  | 5.7 | 5.6 | 5.6 | 5.5 |
| 25.00                                      | 7.5                | 7.4  | 7.3  | 7.2  | 7.1  | 7.0  | 6.9  | 6.8  | 6.7  | 6.6  | 6.5  | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.3 |
| 26.25                                      | 8.5                | 8.3  | 8.2  | 8.1  | 7.9  | 7.8  | 7.7  | 7.6  | 7.5  | 7.4  | 7.4  | 7.3 | 7.2 | 7.2 | 7.1 |
| 27.50                                      | 9.4                | 9.2  | 9.1  | 8.9  | 8.8  | 8.7  | 8.6  | 8.4  | 8.3  | 8.2  | 8.2  | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 7.9 |

## DES PÉTROLES AMÉRICAINS, PRISES A DIVERSES TEMPÉRATURES.

DE 15° ET LA TEMPÉRATURE A LAQUELLE LA DENSITÉ A ÉTÉ DÉTERMINÉE 1

| 30 0 | 70 5 | 70 0 | 60 5 | 60 0 | 50 5 | 50 0 | 40 5 | 40 0 | 30 5 | 30 0 | 20 5 | 20 0 | 10 5 | 10 0 | 00 5 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6.4  | 6.0  | 5.6  | 5.2  | 4.8  | 4.4  | 4.0  | 3.6  | 3.2  | 2.8  | 2.4  | 2.0  | 1.6  | 1.2  | 0.8  | 0.4  |
| 6.0  | 5.62 | 5.25 | 4.87 | 4.5  | 4.12 | 3.75 | 3.37 | 3.0  | 2.62 | 2.25 | 1.87 | 1.5  | 1.12 | 0.75 | 0.37 |
| 5.6  | 5.25 | 4.9  | 4.55 | 4.2  | 3.85 | 3.5  | 3.15 | 2.8  | 2.45 | 2.1  | 1.75 | 1.4  | 1.05 | 0.7  | 0.35 |

*Distinction entre les pétroles russes et américains  
bruts et raffinés*

Les expériences de Sainte-Claire Deville ont montré que les pétroles étaient presque exclusivement composés d'hydrocarbures, et il résulte des déterminations faites par un certain nombre d'auteurs que les fractions homologues des différentes huiles minérales ne diffèrent pas sensiblement, sous le rapport de leur composition centésimale, en carbone et hydrogène.

Il n'en est pas de même pour la densité : celle-ci varie non seulement avec les pays dans lesquels on rencontre les diverses sortes d'huiles minérales, mais encore avec la situation des puits desquels on les extrait<sup>2</sup>. La densité des huiles de Pensylvanie et de l'Ohio atteint quelquefois 0,898<sup>3</sup> et même 0,936 d'après Höfer<sup>4</sup>.

1. Les corrections sont exprimées en millièmes, c'est-à-dire qu'un produit dont la densité serait par exemple de 675 à 17°, aurait pour densité  $0.675 + 0.0016 = 0.6766$  à 15°. La correction doit être ajoutée quand la température est supérieure à 15°. Elle doit être retranchée dans le cas contraire.

2. Riche et Roume, *Rapport sur la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux États-Unis*. Imprimerie nationale, Paris, 1892.

3. *Idem*.

4. Rapport sur l'exposition de Philadelphie, 1874.

Bien que d'une façon générale les pétroles russes soient plus denses que les pétroles américains, quelques-uns des premiers sont cependant plus légers que certains des derniers. On a trouvé par exemple aux environs de Bakou des huiles de Balakhany-Sabuntshi, dont la densité variait de 0,850 à 0,885 et des huiles de Bibi-Eybat variant de 0,855 à 0,958 (Engler).

Dans les pétroles russes, comme dans les pétroles américains, et pour un même produit, la densité des diverses fractions croît en général en même temps que le point d'ébullition; cependant quelques exceptions ont été signalées à ce sujet par M. Mendélejeff, notamment en ce qui concerne les pétroles du Caucase.

En même temps que la densité s'accroît, l'indice de réfraction augmente, tandis que le coefficient de dilatation diminue.

Le plus souvent, à densité égale, les hydrocarbures provenant du pétrole russe ont un point d'ébullition inférieur à celui des produits correspondants retirés des pétroles américains. Le tableau suivant montre ces différences<sup>1</sup> :

| ORIGINE DE L'HUILE   | POIDS SPÉCIFIQUE DES FRACTIONS BOUILLANT |              |              |                   |
|----------------------|------------------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
|                      | jusqu'à 150°                             | jusqu'à 250° | jusqu'à 300° | Au-dessus de 300° |
| Pensylvanie. . . . . | 0,735                                    | 0,811        | 0,820        | 0,850             |
| Russie . . . . .     | 0,762                                    | 0,810        | 0,825        | 0,903             |
| Tegernsee. . . . .   | 0,726                                    | 0,782        | 0,825        | 0,856             |
| Alsace . . . . .     | 0,720                                    | 0,778        | 0,824        | 0,903             |
| Oedheim. . . . .     | 0,750                                    | 0,805        | 0,852        | 0,910             |

Mais ces données sont loin d'être générales, car les fractions des diverses sortes de pétroles américains n'ont

1. Krämer, *Moniteur scientifique*, 1887, p. 285.

pas, à densité égale, les mêmes points d'ébullition<sup>1</sup>. Les indices de réfraction variant avec les densités, il en résulte que pour des fractionnements ayant mêmes points d'ébullition, ceux qui proviennent des pétroles russes présentent un indice plus élevé que ceux qui sont retirés des pétroles d'Amérique. M. Engler a, en effet, trouvé au réfractomètre d'Abbé :

|                                 | FRACTION<br>140-160 | FRACTION<br>190-210 | FRACTION<br>240-260 | FRACTION<br>290-310 |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Pétrole de Pensylvanie. . . . . | 1,422               | 1,439               | 1,454               | 1,463               |
| Pétrole de Bakou. . . . .       | 1,436               | 1,454               | 1,467               | 1,475               |

Nous avons vérifié ces résultats au réfractomètre de Féry ; mais, nous avons constaté que les indices de réfraction fournis par les diverses huiles d'un même pays n'ont pas toujours, à densité égale, la même valeur. Nous avons, par exemple, trouvé pour des fractionnements américains ayant une densité de 0,800, des indices tels que 1,4425 et 1,4450.

Les pétroles russes naturels ne donnent à la distillation qu'une minime quantité de produits légers ; ils sont, au contraire, riches en produits lourds. Inversement, les huiles brutes américaines, plus riches en produits légers, le sont moins en produits lourds. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que cette différence résulte en partie des écarts de densité que présentent les produits bruts qui, comme nous l'avons déjà fait observer, sont plus pesants en Russie qu'en Amérique. De plus, les pétroles américains sont d'ordinaire plus riches en paraffine que les pétroles russes et, dans un certain nombre de cas, ce caractère peut permettre de

<sup>1</sup> Riche et Roume. *Rapport*.

les différencier, les huiles américaines se troublant sous l'action du froid.

Il existe une différence tranchée entre les parties moyennes et lourdes de ces deux sortes d'huiles ; tandis que dans les pétroles américains elles sont presque exclusivement composées d'hydrocarbures saturés ap-

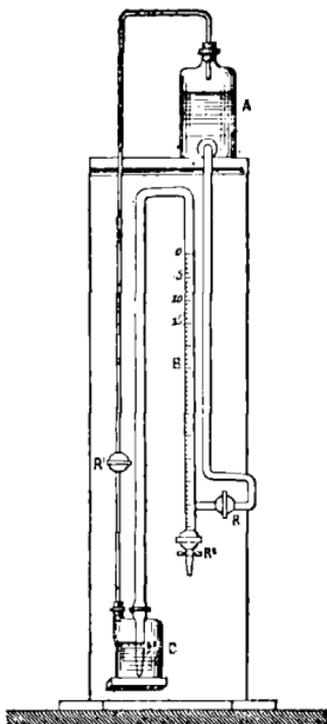


FIG. 21. Burette pour l'essai.

partenant à la série forménique, celles des pétroles russes sont formées, en partie notable, d'hydrocarbures  $C^n H^{2n}$  isomères des oléfines, très résistants aux agents chimiques et que l'on considère comme des hexahydrides des carbures aromatiques, la benzine, le toluène, l'isoxylène, etc.

**Procédé Riche et Halphen**<sup>1</sup>. — On prépare une solution à volumes égaux de chloroforme pur, anhydre, et d'alcool éthylique à 93°. On verse cette solution dans une burette graduée. Quand on a un certain nombre d'essais à effectuer soit de suite, soit à différentes époques, il est avantageux d'employer une burette spéciale pour éviter le changement de composition qui se produit quand une semblable liqueur est trop fréquemment en contact avec l'air extérieur. Celle dont nous nous sommes servis est représentée par la figure 21. Le récipient A, qui renferme la liqueur chloroformo-alcoolique, communique, d'une part par le robinet R, avec la burette graduée B et, d'autre part, par le robinet à trois voies R<sup>1</sup>, avec un flacon bitubulé C renfermant la même liqueur chloroformo-alcoolique. La burette se prolonge en un tube recourbé dont l'extrémité plonge dans le liquide contenu en C. Si on ouvre R<sup>1</sup> de façon à faire communiquer A et C avec l'air, puis qu'on ouvre R, le liquide de A monte dans la burette. Quand il a légèrement dépassé le zéro, on ferme R et on tourne R<sup>1</sup> de façon à ne laisser que C en communication avec l'air. En ouvrant R<sup>2</sup> on affleure au zéro. L'appareil est ainsi prêt pour une détermination et la burette fonctionne à la manière d'une burette graduée à robinet ordinaire. Lorsque l'on ne se sert plus de l'appareil, on a soin de placer R<sup>1</sup> de façon à couper toute communication avec l'extérieur.

Distinction entre les pétroles américains et les pétroles russes  
applicable à leurs fractionnements

1° *Pétroles raffinés*. — On prend la densité de l'échantillon à 15°, puis on en pèse 4 grammes dans une fiole conique en verre (la pesée doit être faite sur un

1. *Journal de pharmacie et de chimie*, loc. cit.

bon trébuchet sensible au moins à  $0^{\text{gr}},010$ ). Dans ce vase on fait couler peu à peu la liqueur chloroformo-alcoolique contenue dans la burette et, après chaque addition, on donne à la fiole un mouvement de rotation pour favoriser le mélange des deux liquides. Il se produit par là un trouble qui va d'abord en augmentant pour diminuer ensuite et disparaître d'un seul coup: c'est le terme final. On note le nombre de centimètres cubes nécessaires pour produire cet effet.

Il arrive quelquefois, exclusivement pour les produits un peu lourds, que le liquide, tout en s'éclaircissant brusquement, conserve dans sa masse de légers flocons. Dans ce cas, on ajoute  $0^{\text{cc}},5$  de liqueur; si le trouble ne disparaît pas, on note le premier nombre.

Nous avons dressé pour chaque pétrole une courbe, en portant en abscisses les densités des fractionnements et en ordonnées le nombre de centimètres cubes de liqueur chloroformo-alcoolique nécessaires pour dissoudre 4 grammes de chacun d'eux. Sur chacune de ces courbes nous avons relevé les nombres correspondants aux différentes densités présentant entre elles un écart de  $0,010$ , puis avec ces nombres nous avons dressé le tableau suivant qui contient les maxima, minima et moyennes fournis par 28 échantillons de pétroles américains et par 13 échantillons de pétroles russes.

En examinant ce tableau, on remarque que les portions les plus légères des pétroles russes ont des solubilités voisines de celles des portions correspondantes des pétroles américains: ce qui s'explique tout naturellement par ce fait signalé plus haut, et découvert par M. Le Bel, que les produits légers russes, très peu abondants d'ailleurs, renferment des hydrocarbures forméniques saturés, comme les pétroles américains.

Les huiles raffinées doivent avoir en France une densité de  $0,800$  pour être considérées comme huiles d'é-

clairage (décret du 19 mai 1873); or, à partir de cette densité, la différence est très grande et par suite la caractérisation certaine.

| DENSITÉ<br>du<br>FRACTIONNEMENT | PÉTROLES AMÉRICAINS                 |        |         | PÉTROLES RUSSES                     |        |         |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------|---------|-------------------------------------|--------|---------|
|                                 | NOMBRE DE CENTIM. CUBES<br>employés |        |         | NOMBRE DE CENTIM. CUBES<br>employés |        |         |
|                                 | maxima                              | minima | moyenne | maxima                              | minima | moyenne |
| 0.670                           | 4.6                                 | 3.0    | 3.8     | »                                   | »      | »       |
| 0.680                           | 4.4                                 | 2.9    | 3.6     | »                                   | »      | »       |
| 690                             | 4.4                                 | 2.8    | 3.6     | »                                   | »      | »       |
| 700                             | 4.4                                 | 3.0    | 3.7     | »                                   | »      | »       |
| 710                             | 4.4                                 | 3.2    | 3.8     | »                                   | »      | »       |
| 720                             | 4.5                                 | 3.3    | 3.9     | »                                   | »      | »       |
| 730                             | 4.7                                 | 3.3    | 4.0     | »                                   | »      | »       |
| 740                             | 4.8                                 | 3.4    | 4.1     | »                                   | »      | »       |
| 750                             | 4.9                                 | 3.5    | 4.2     | »                                   | »      | 4.3     |
| 760                             | 5.0                                 | 3.7    | 4.3     | »                                   | »      | 4.0     |
| 770                             | 5.3                                 | 3.9    | 4.6     | 3.9                                 | 3.75   | 3.8     |
| 780                             | 6.0                                 | 4.4    | 5.2     | 4.8                                 | 3.4    | 4.1     |
| 790                             | 6.9                                 | 5.0    | 5.9     | 4.9                                 | 3.5    | 4.2     |
| 800                             | 7.8                                 | 5.5    | 6.6     | 4.3                                 | 3.8    | 4.0     |
| 810                             | 8.8                                 | 6.6    | 7.7     | 4.5                                 | 3.9    | 4.2     |
| 820                             | 11.0                                | 8.0    | 9.5     | 4.8                                 | 4.3    | 4.5     |
| 830                             | 18.0                                | 9.6    | 11.3    | 5.6                                 | 4.4    | 5.0     |
| 840                             | »                                   | »      | »       | 6.1                                 | 5.0    | 5.5     |
| 850                             | »                                   | »      | »       | 7.0                                 | 5.8    | 6.4     |
| 860                             | »                                   | »      | »       | 10.1                                | 6.3    | 8.2     |
| 870                             | »                                   | »      | »       | 12.7                                | 6.8    | 9.7     |
| 880                             | »                                   | »      | »       | 15.4                                | 8.5    | 11.9    |

2° *Pétroles bruts.* — On sait que pour évaluer le rendement des pétroles bruts on les soumet à une distillation fractionnée. Au Ministère du commerce nous distillons le pétrole très lentement<sup>1</sup> (sept heures envi-

1. Riche et Roume. *Rapport.*

ron), pour réaliser autant que possible la marche industrielle. 600 centimètres cubes sont distillés ainsi qu'il est dit page 90 dans une cornue surbaissée en verre vert. Les produits volatils sont condensés par un réfrigérant Liebig et fractionnés de 30 en 30 centimètres cubes.

C'est sur 1, 2 ou 3 de ces fractionnements préparés pour déterminer le rendement qu'on exécute l'essai de solubilité, comme il vient d'être décrit pour les huiles raffinées. On choisira les fractions dont la densité est comprise entre 0,800 et 0,820 pour la raison donnée plus haut.

Distinction des huiles naturelles d'avec les mélanges  
d'huiles raffinées et de résidus

En soumettant au même essai l'échantillon tel qu'il est présenté, on est à même de reconnaître s'il est naturel ou s'il résulte d'un mélange. En effet, l'expérience nous a montré que les pétroles bruts exigent, pour se dissoudre, beaucoup plus de liqueur chloroformo-alcoolique que la fraction de même densité qu'on en peut extraire par distillation.

Les tableaux suivants établissent ces différences :

Les tableaux (p. 101 et 102) montrent les différences caractéristiques existant entre les pétroles bruts et les pétroles raffinés ou les mélanges de raffinés et de produits lourds.

Un seul des pétroles bruts que nous avons essayés exige un nombre de centimètres cubes assez voisin de celui que nécessite la fraction de même densité, mais il convient de faire à ce sujet deux remarques: 1<sup>o</sup> le pétrole provenant de la pompe station d'Harmony a une densité extrêmement faible et presque anormale (0,7694); 2<sup>o</sup> la différence 7<sup>cc</sup>,2—5<sup>cc</sup>,2=2 centimètres cubes représente en réalité plus du tiers de la valeur *maxima*

## PÉTROLES RUSSES.

| NATURE DU PÉTROLE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DENSITÉ | Nombre de cc. de liqueur chloroformo-alcoolique employés pour dissoudre 4 gr. du produit à examiner. | Nombre de cc. de liqueur chloroformo-alcoolique employés pour dissoudre 4 gr. du fractionnement extrait par distillation de l'échantillon à examiner et ayant même densité que celui-ci (1). |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>a. — Pétaoles bruts.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |
| De M. Boulfroy, sans indications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,851   | + de 15                                                                                              | 6,8                                                                                                                                                                                          |
| De Balakhany.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,871   | + de 15                                                                                              | 9,1                                                                                                                                                                                          |
| De Bailoff, fontaine de Zoubaloff.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,872   | + de 15                                                                                              | 7,0                                                                                                                                                                                          |
| De M. André, sans indications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,873   | + de 15                                                                                              | 7,6                                                                                                                                                                                          |
| De Batoum.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,877   | + de 15                                                                                              | 10,2                                                                                                                                                                                         |
| <i>b. — Pétaoles raffinés et mélanges de raffinés et de résidus.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |
| Raffiné russe de M. Boulfroy.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,820   | 4,6                                                                                                  | 4,3                                                                                                                                                                                          |
| — de Balakhany.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,819   | 4,6                                                                                                  | 4,6                                                                                                                                                                                          |
| Raffiné russe de M. André.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,822   | 4,5                                                                                                  | 4,5                                                                                                                                                                                          |
| Pétrole de la maison Wagenmann <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,827   | 4,4                                                                                                  | 4,8                                                                                                                                                                                          |
| Distillat de pétrole admis comme brut au port de Saint-Louis <sup>3</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,830   | 4,4                                                                                                  | 5,0                                                                                                                                                                                          |
| Distillat de pétrole de Batoum.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,830   | 4,2                                                                                                  | 5,0                                                                                                                                                                                          |
| Distillat de pétrole russe + 10 % de résidus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,822   | 4,2                                                                                                  | 4,3                                                                                                                                                                                          |
| Les écarts sont tellement considérables, que ces chiffres se dispensent de tout commentaire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |
| <p>1. Au lieu de s'astreindre à chercher à obtenir un fractionnement ayant juste la même densité que le produit brut, on détermine le nombre de centimètres cubes de liqueur chloroformo-alcoolique que nécessitent les deux fractionnements consécutifs dont les densités sont telles que l'une soit plus faible et l'autre plus forte que la densité du produit brut à examiner, et on calcule le nombre de centimètres cubes qu'aurait exigé le fractionnement dont la densité aurait été la même que celle du produit brut.</p> <p><i>Exemple</i>: Une huile brute pèse 0,788. Le 10<sup>e</sup> fractionnement de cette huile pèse 0,784 et exige 5<sup>cc</sup>,1 de liqueur chloroformo-alcoolique. Le 11<sup>e</sup> fractionnement pèse 0,794 et exige 6<sup>cc</sup>,2 de liqueur, on en conclut qu'une différence de densité de 0,794 — 0,784 = 0,010 correspond à une différence de 6,2 — 5,1 = 1<sup>cc</sup>,1, d'où une différence de 0,788 — 0,784 = 0,004 correspond à une différence de <math>\frac{1,1 \times 0,004}{0,01}</math>, soit 0,44. Le fractionnement à 0,788 aurait donc exigé 5,1 + 0,44 = 5<sup>cc</sup>,55 de liqueur chloroformo-alcoolique.</p> |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |
| <p>2. Ce pétrole présentait les caractères exigés par la douane autrichienne pour être susceptible d'être considéré comme brut, mais il consistait en un mélange de raffiné et de résidus.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |
| <p>3. Même observation que pour le précédent.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |

## PÉTROLES AMÉRICAINS.

| NATURE DU PÉTROLE                                                    | DENSITÉ | Nombre de cc.<br>employés pour le produit<br>à examiner | Nombre de cc.<br>employés pour les fractions<br>de même densité <sup>1</sup> |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <i>a. — Pétroles bruts.</i>                                          |         |                                                         |                                                                              |
| Huile brute moyenne de Pensylvanie. . . . .                          | 790,4   | + de 15                                                 | 5,7                                                                          |
| — de Washington. . . . .                                             | 791,6   | + de 15                                                 | 6,4                                                                          |
| — Id. . . . .                                                        | 797     | + de 15                                                 | 6,8                                                                          |
| — de Foxburgh. . . . .                                               | 791,2   | + de 15                                                 | 5,9                                                                          |
| — de Washington. . . . .                                             | 792,6   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — Id. . . . .                                                        | 788,4   | + de 15                                                 | 6,0                                                                          |
| — de Taylorstone. . . . .                                            | 789,4   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — de Mac Donald. . . . .                                             | 787     | + de 15                                                 | 6,3                                                                          |
| — de la pompe, station d'Evans City.                                 | 797     | + de 15                                                 | 6,6                                                                          |
| — Id. de Zéliénople.                                                 | 785     | 8,7                                                     | 5,6                                                                          |
| — Id. de Foxburgh.                                                   | 788,6   | + de 15                                                 | 5,6                                                                          |
| — Tiona Oil Stoneham I. A. Best et C <sup>o</sup> .                  | 793,1   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — de Washington. . . . .                                             | 798     | + de 15                                                 | 7,1                                                                          |
| — Taylorstown, sable de Gordon. . . . .                              | 786,1   | 9,4                                                     | 5,1                                                                          |
| — Mac Donald. . . . .                                                | 795,4   | + de 15                                                 | 7,0                                                                          |
| — de la pompe, station d'Harmony. . . . .                            | 769,4   | 7,2                                                     | 5,2                                                                          |
| — de Coraopolis. . . . .                                             | 792,4   | + de 15                                                 | 6,5                                                                          |
| — de la pompe, station de Gladrun. . . . .                           | 792,4   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — du district de Groveton. . . . .                                   | 785     | 10,0                                                    | 5,9                                                                          |
| — Mannington district, Marion County.                                | 790,6   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — d'Elk County. . . . .                                              | 791,6   | + de 15                                                 | 5,6                                                                          |
| — du district de Warren. . . . .                                     | 799,3   | + de 15                                                 | 6,5                                                                          |
| — de Bradford Foster Brook Walley.                                   | 801,6   | + de 15                                                 | 6,2                                                                          |
| — de la pompe de Fosten Creek. . . . .                               | 808,2   | + de 15                                                 | 7,0                                                                          |
| — de la pompe de Rixford. . . . .                                    | 808,6   | + de 15                                                 | 6,7                                                                          |
| — de Bolivar. . . . .                                                | 817     | + de 15                                                 | 7,9                                                                          |
| — Allentown. . . . .                                                 | 820,8   | + de 15                                                 | 8,1                                                                          |
| — de la Standard Oil C <sup>o</sup> Usine Whiting.                   | 822,6   | + de 15                                                 | 8,2                                                                          |
| <i>b. — Pétroles raffinés et mélanges de raffinés et de résidus.</i> |         |                                                         |                                                                              |
| Luciline . . . . .                                                   | 779     | 5,4                                                     | 5,6                                                                          |
| Standard White. . . . .                                              | 801     | 5,6                                                     | 5,6                                                                          |
| Mélange { 1/10 Huile lourde à 0,878. . . . .                         | 786     | 6,0                                                     | 5,6                                                                          |
| préparé au { 1/10 Essence à 0,710. . . . .                           |         |                                                         |                                                                              |
| laboratoire { 8/10 Pétrole lampant à 0,800. . . . .                  |         |                                                         |                                                                              |
| 1. Voir la note du premier tableau.                                  |         |                                                         |                                                                              |

fournie par les fractions de même densité et, dans ce cas spécial, la caractérisation est encore nette.

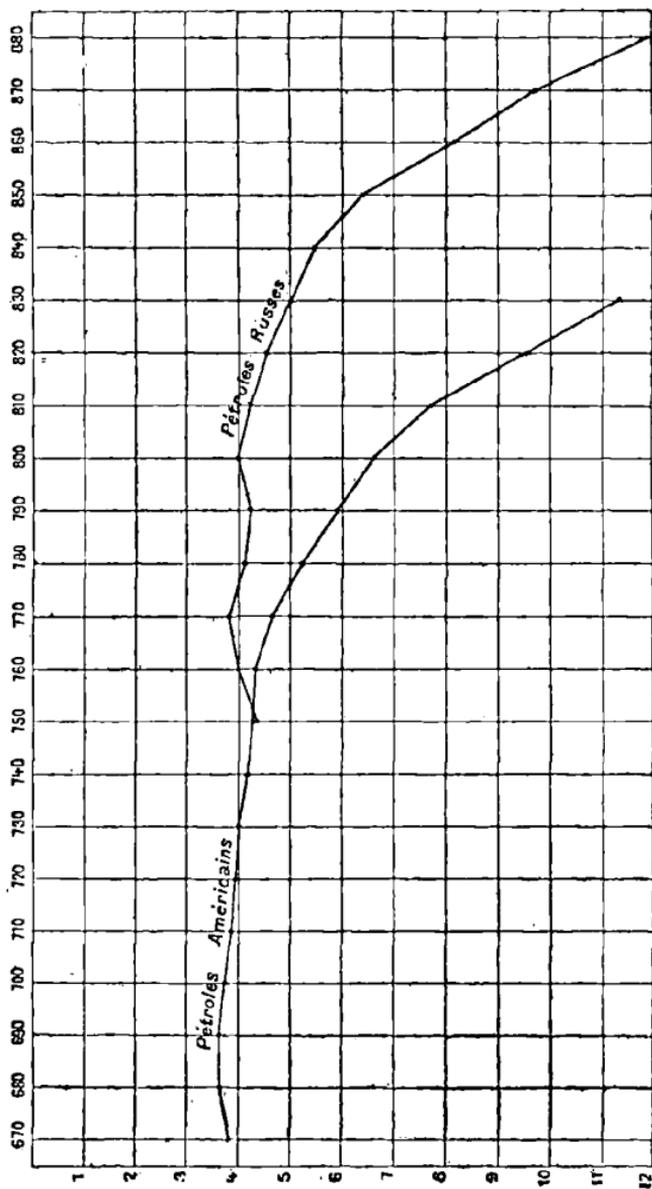


Fig. 22. — Courbe représentant les moyennes des solubilités des pétroles russes et américains.

Ajoutons que les nombres obtenus dans l'essai précédent permettent de se rendre compte de l'origine du pétrole. Il suffit à cet effet de se reporter au tableau de la page 99 ou au graphique de la page 103 pour préciser si l'huile en question est russe ou américaine.

Le graphique de la page 103 fait saisir nettement la différence tranchée qui existe entre les pétroles américains et les pétroles russes, on y voit en abscisses les densités et en ordonnées le nombre de centimètres cubes de liqueur chloroformo-alcoolique nécessaires pour dissoudre 4 grammes d'un fractionnement de densité déterminée.

## V.

### Propriétés et composition des pétroles

Les pétroles naturels présentent entre eux des différences considérables non seulement dans leurs propriétés physiques, mais aussi dans la nature et la proportion des différents corps qui entrent dans leur composition.

Ces différences se manifestent par des variations dans la couleur, l'odeur, la viscosité, la densité, la température d'ébullition et les caractères chimiques du produit examiné ou des portions qu'on est susceptible d'en extraire soit par la distillation soit par des traitements chimiques appropriés.

#### CARACTÈRES PHYSIQUES

**Odeur. Couleur.** — Toutes les huiles de pétrole ont une odeur caractéristique *sui generis* plus ou moins accentuée, parfois franchement éthérée, et parfois désagréable, surtout quand elles renferment du soufre. Leur couleur varie du jaune à peine ambré au brun

foncé ; elles se présentent souvent avec une teinte vert sombre plus ou moins brune. En général, les huiles les plus légères sont aussi les moins colorées et leur odeur est moins désagréable que celle des huiles lourdes, opaques et noires. Lorsqu'elles sont résinifiées, les huiles de pétrole peuvent se présenter avec l'aspect du charbon de terre ; elles constituent alors les bitumes. Toutes ces huiles sont fluorescentes, elles présentent une teinte verte lorsqu'on les examine par réflexion. Les produits qu'on en extrait par distillation et purification chimique sont également fluorescents, mais ils le sont d'autant moins que leur densité est moins élevée.

**Densité.** — Le poids spécifique des huiles de pétrole varie dans de larges limites ; il oscille de 0,765 à 0,970. Les plus légères sont généralement celles que l'on trouve en Pensylvanie et qui se présentent sous forme de liquides fluides. Les plus lourdes sont sirupeuses ; telles sont en particulier les huiles russes. Ce sont les huiles de Terra di Lavoro qui possèdent le poids spécifique le plus élevé que l'on ait observé jusqu'alors<sup>1</sup> et que l'on retrouve dans les huiles les plus lourdes des pétroles de Pechelbronn (Alsace)<sup>2</sup>.

Le tableau suivant donne une idée des densités moyennes des huiles des divers pays<sup>3</sup> :

1. Engler, Dingler's journal, t. 246, p. 328 et 424.

2. Le Bel, Comptes rendus de l'Académie, t. 73, p. 499.

3. Boverton Redwood, Conférences à la Société des Arts de Londres, 1886.

| ORIGINE DU PÉTROLE                     | DENSITÉ |
|----------------------------------------|---------|
| Pétrole de Perse. . . . .              | 0.777   |
| Indes Orientales . . . . .             | 0.821   |
| Kyouk-Phyon (Birmanie). . . . .        | 0.818   |
| Minbyeen (Birmanie). . . . .           | 0.866   |
| Barangah Orientale (Birmanie). . . . . | 0.888   |
|                                        | 0.835   |
| Assam . . . . .                        | 0.933   |
| Indes anglaises. . . . .               | 0.955   |
|                                        | 0.836   |
| Russie. . . . .                        | 0.942   |
| Hanovre. . . . .                       | 0.843   |
|                                        | 0.799   |
| Galicie <sup>1</sup> . . . . .         | 0.902   |
|                                        | 0.852   |
| Amérique méridionale.. . . .           | 0.900   |
| Nouvelle Zélande. . . . .              | »       |
|                                        | 0.828   |
| Italie. . . . .                        | 0.787   |
|                                        | 0.780   |
| Etats-Unis. . . . .                    | 0.850   |

**Coefficient de dilatation.** — On doit à Henri Sainte-Claire Deville<sup>2</sup> de nombreuses déterminations relatives au coefficient de dilatation des huiles de pétrole, déterminations qui montrent que, pour des huiles de même origine, le coefficient de dilatation diminue quand la densité croît. A part quelques exceptions, on peut dire que d'une façon générale le coefficient de dilatation varie inversement à la densité, comme le fait voir le tableau suivant :

1. Höfer, Rapport sur l'exposition de Philadelphie, 1874.

2. Deville, Comptes rendus, t. 66, p. 442-68, p. 349, 485, 686-69, p. 933. Annales de chimie et de physique [4], t. 15, p. 30.

|    | ORIGINE DU PÉTROLE                                                                                                                                                                          | TEMPÉ-<br>RATURE | DENSITÉ         | COEFFICIENT<br>de<br>dilatation |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1  | Pechelbronn, analyse de Boussingault                                                                                                                                                        | 0°<br>56° 6      | 0.968<br>0.935  | }0.000697                       |
| 2  | Pechelbronn . . . . .                                                                                                                                                                       | 0°<br>50°        | 0.892<br>0.857  | }0.000793                       |
| 3  | Schwabwiller (Bas-Rhin). . . . .                                                                                                                                                            | 0°<br>50°        | 0.861<br>0.828  | }0.000858                       |
| 4  | Hanovre, pris à la surface, noir un peu<br>visqueux. . . . .                                                                                                                                | 0°<br>48° 2      | 0.892<br>0.860  | }0.000772                       |
| 5  | Java, commune de Dandang-Ho, rési-<br>dence de Rembang. . . . .                                                                                                                             | 0°<br>53°        | 0.923<br>0.888  | }0.000769                       |
| 6  | Java, résidence de Chéribon. . . . .                                                                                                                                                        | 0°<br>53°        | 0.823<br>0.789  | }0.000923                       |
| 7  | Hanovre (Oedesse), pris à la surface,<br>noir un peu visqueux. . . . .                                                                                                                      | 0°<br>48°        | 0.892<br>0.860  | }0.000772                       |
| 8  | Hanovre (Witze), pris à 50 mètres de<br>profondeur, noir visqueux. . . . .                                                                                                                  | 0°<br>50° 6      | 0.955<br>0.925  | }0.000641                       |
| 9  | Galicie (Ost-Gallizien). . . . .                                                                                                                                                            | 0°<br>50°        | 0.870<br>0.836  | }0.000813                       |
| 10 | Circassie, noir, dur. . . . .                                                                                                                                                               | 20°<br>58°       | 0.9405<br>0.904 | }0.000696                       |
| 11 | Gabian (Hérault), visqueux, noir. . . . .                                                                                                                                                   | 0°<br>50°        | 0.894<br>0.831  | }0.000687                       |
| 12 | Circassie, noir, assez fluide. . . . .                                                                                                                                                      | 0°<br>58°        | 0.887<br>0.850  | }0.000750                       |
| 13 | Valachie, noir, assez fluide. . . . .                                                                                                                                                       | 0°<br>50° 8      | 0.901<br>0.868  | }0.000748                       |
| 14 | Piémont, pris à 35 mètres de profon-<br>deur, étage des marnes pliocéniques,<br>blanc, jaunâtre, très fluorescent, très<br>liquide. . . . .                                                 | 0°<br>52° 6      | 0.919<br>0.884  | }0.000752                       |
| 15 | Canada West, crude pétroleux Oil,<br>pris à 120 mètres de profondeur. . . . .                                                                                                               | 0°<br>51° 8      | 0.828<br>0.801  | }0.000883                       |
| 16 | Canada West (Bothwel), pris à 185 mè-<br>tres de profondeur, infecte à la distilla-<br>tion. . . . .                                                                                        | 0°<br>50°        | 0.857<br>0.838  | }0.000868                       |
| 17 | Virginie Occidentale, employé com-<br>me lubrifiant; provient de White-Oak<br>partie inférieure du terrain houiller,<br>pris à 135 mètres de profondeur. . . . .                            | 0°<br>50°        | 0.873<br>0.853  | }0.000720                       |
| 18 | Virginie Occidentale, employé à la<br>fabrication des huiles d'éclairage, provient<br>de Burning-Springs, dans les grès dévo-<br>niens supérieurs, à 220 mètres de pro-<br>fondeur. . . . . | 0°<br>50° 1      | 0.8412<br>0.808 | }0.000839                       |

|    | ORIGINE DU PÉTROLE                                                                                                                                                                                                   | TEMPÉ-<br>RATURE | DENSITÉ         | COEFFICIENT<br>de<br>dilatation |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| 19 | <b>Pensylvanie</b> , le plus employé dans les fabriques d'huiles d'éclairage, provient d'Oil-Creek, troisième assise des grès dévoniens supérieurs, à 200 mètres de profondeur, brun, verdâtre, fluorescent. . . . . | 0°<br>50° 1      | 0.816<br>0.784  | 0.000840                        |
| 20 | <b>Pensylvanie</b> , employé comme lubrifiant, provient d'Alleghany, près de Franklin, premières assises du grès dévonien supérieur, à 200 mètres de profondeur.                                                     | 0°<br>50° 1      | 0.886<br>0.853  | 0.000721                        |
| 21 | <b>Huile commerciale de Paris</b> , en 1869, noire, fluorescente en bleu, provient d'Amérique. . . . .                                                                                                               | 0°<br>53° 3      | 0.820<br>0.784  | 0.000868                        |
| 22 | <b>Parme</b> , commune de Salo, très limpide, très fluide, couleur ambrée, fluorescente en bleu. . . . .                                                                                                             | 0°<br>51° 1      | 0.786<br>0.747  | 0.00106                         |
| 23 | <b>Chine</b> (Foo-Choo-Koo), venant de Hong-Kong, solide à 0°, liquide et peu coloré, fluorescent. . . . .                                                                                                           | 0°<br>55°        | 0.860<br>0.822  | 0.000824                        |
| 24 | <b>Virginie Occidentale</b> , puits Mecook-Wall, à Rogers-Gulch, à 320 pieds de profondeur, huile lourde à lubrifier, verdâtre. . . . .                                                                              | 0°<br>50° 8      | 0.897<br>0.866  | 0.000704                        |
| 25 | <b>Canada West</b> , crude pétroleux, Oil. . . . .                                                                                                                                                                   | 0°<br>51° 8      | 0.844<br>0.815  | 0.0007                          |
| 26 | <b>Birmanie</b> (Rangoon). . . . .                                                                                                                                                                                   | 28° 2<br>60°     | 0.873<br>0.855  | 0.000774                        |
| 27 | <b>Virginie Orientale</b> , puits Guthrie-Wall, à Rogers-Gulet, à 495 pieds de profondeur, huile plus légère que celle que fournit ordinairement la contrée. . . . .                                                 | 0°<br>50° 8      | 0.857<br>0.824  | 0.000788                        |
| 28 | <b>Naphte brut</b> des puits de Balakhany (Caucase) peut donner une certaine quantité d'huile lampante. . . . .                                                                                                      | 0°<br>50°        | 0.882<br>0.8473 | 0.000817                        |
| 29 | <b>Résidu de distillation</b> des usines de Bakou, employé comme combustible et matière lubrifiante. . . . .                                                                                                         | 0°<br>50°        | 0.928<br>0.888  | 0.00091                         |
| 30 | <b>Huile noire</b> de l'usine de Wegser, à Bakou, peut donner une certaine quantité d'huile lampante. . . . .                                                                                                        | 0°<br>50°        | 0.897<br>0.865  | 0.000737                        |
| 31 | <b>Huile légère</b> de Bakou. . . . .                                                                                                                                                                                | 0°<br>50°        | 0.884<br>0.854  | 0.000724                        |
| 32 | <b>Huile visqueuse</b> de Bakou. . . . .                                                                                                                                                                             | 0°<br>50°        | 0.938<br>0.907  | 0.000681                        |

| ORIGINE DU PÉTROLE             | DENSITÉ | COEFFICIENT de dilatation |
|--------------------------------|---------|---------------------------|
| Pensylvanie. . . . .           | 0.816   | 0.000840                  |
| Canada. . . . .                | 0.828   | 0.000843                  |
| Schwabweiler (Alsace). . . . . | 0.829   | 0.000843                  |
| Virginie. . . . .              | 0.841   | 0.000839                  |
| Schwabweiler. . . . .          | 0.851   | 0.000858                  |
| Valachie. . . . .              | 0.862   | 0.000808                  |
| Galicie de l'Est. . . . .      | 0.870   | 0.000813                  |
| Rangoon. . . . .               | 0.875   | 0.000774                  |
| Caucasie. . . . .              | 0.882   | 0.000817                  |
| Galicie de l'Ouest. . . . .    | 0.885   | 0.000775                  |
| Ohio. . . . .                  | 0.887   | 0.000748                  |
| Benkendorf (Bakou). . . . .    | 0.890   | 0.000784                  |
| Oedesse (Hanovre). . . . .     | 0.892   | 0.000772                  |
| Pechelbronn. . . . .           | 0.892   | 0.000792                  |
| Oberg (Hanovre). . . . .       | 0.944   | 0.000662                  |
| Vietz (Hanovre). . . . .       | 0.951   | 0.000647                  |

**Action de la chaleur et du froid.** — Lorsque l'on chauffe progressivement un pétrole, on provoque le départ successif des différents hydrocarbures qui entrent dans sa composition, les produits les plus volatils se dégageant les premiers. Quand, au contraire, on le refroidit, on détermine la solidification d'un certain nombre de ses composants les plus lourds, les produits les plus légers étant ceux dont le point de congélation est le plus bas.

Comme les divers composants sont miscibles les uns aux autres, on n'arrive que malaisément à séparer, par l'application de la chaleur ou du refroidissement, des composés uniques, car ils s'entraînent les uns les autres et fournissent des mélanges parfois complexes dont le point d'ébullition est une fonction de ceux des corps qui entrent dans le mélange. C'est cette circonstance

qui fait que les pétroles renferment des hydrocarbures volatils à la température ordinaire, qui ne se dégagent que peu ou pas, parce qu'ils sont en dissolution dans des liquides moins volatils et que la température d'ébullition du mélange est intermédiaire entre celles des composants.

**Pouvoir calorifique.** — La composition des pétroles est telle qu'ils constituent des substances susceptibles de fournir une grande quantité de chaleur par combustion directe, et, par suite, d'être avantageusement utilisés pour le chauffage industriel. Il résulte des déterminations faites par M. H. Sainte-Claire Deville que les portions bouillant au-dessus de  $280^{\circ}$  fournissent, à poids égal, environ 1 fois  $1/2$  autant de chaleur que les houilles de meilleure qualité. Le tableau suivant résume les nombres obtenus<sup>1</sup> par cet auteur.

1. Comptes rendus de l'Académie des sciences. t. 68, p. 349, t. 72, p. 196.

|    | PAYS DE PROVENANCE<br>DES HUILES                                                          | NATURE<br>DES HUILES               | DENSITÉ | POUVOIR<br>CALORIFIQUE |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------|------------------------|
| 1  | White Oak. Virginie occiden-<br>tale: puits de 135 mètres de<br>profondeur. . . . .       | Huile lourde,<br>de graissage.     | 0.873   | 10.180                 |
| 2  | Burning Springs, Virginie occi-<br>dentale: puits de 220 mètres<br>de profondeur. . . . . | Huile légère,<br>d'éclairage.      | 0.8412  | 10.223                 |
| 3  | Oil Creek, Pensylvanie, puits<br>de 200 mètres. . . . .                                   | Huile légère,<br>d'éclairage.      | 0.816   | 9.963                  |
| 4  | Ohio. . . . .                                                                             | Huile lourde.                      | 0.887   | 10.399                 |
| 5  | Ferme de Plummer, Franklin,<br>Pensylvanie, puits de 200<br>mètres. . . . .               | Huile lourde,<br>de graissage.     | 0.886   | 10.672                 |
| 6  | Pétrole d'Amérique vendu à<br>Paris, sans doute originaire<br>de Pensylvanie. . . . .     | »                                  | 0.820   | 8.771                  |
| 7  | Société de Gaz de Paris. . . . .                                                          | Huile lourde,<br>de houille.       | 1.044   | 8.916                  |
| 8  | Parme, près Salo. . . . .                                                                 | Pétrole.                           | 0.786   | 10.121                 |
| 9  | Java, commune de Dandang-Jlo,<br>district de Timascon, résidence<br>Pembang. . . . .      | Huile.                             | 0.923   | 10.831                 |
| 10 | Java, commune de Zibodas<br>Tanggah, district Madja, rési-<br>dence Cheribon. . . . .     | Id.                                | 0.823   | 9.593                  |
| 11 | Java, commune Gogor, district<br>Kendong, résidence Karabaya.                             | Id.                                | 0.972   | 10.183                 |
| 12 | Pechelbronn, Haut-Rhin. . . . .                                                           | Huile distillée.                   | 0.912   | 9.708                  |
| 13 | Id.                                                                                       | Huile brute.                       | 0.892   | 10.020                 |
| 14 | Schwabweiler, Bas-Rhin. . . . .                                                           | Huile.                             | 0.861   | 10.458                 |
| 15 | Galicie orientale. . . . .                                                                | Id.                                | 0.870   | 10.005                 |
| 16 | Galicie occidentale. . . . .                                                              | Id.                                | 0.885   | 10.231                 |
| 17 | Vagnas, Ardèche. . . . .                                                                  | Huile de<br>schiste brute          | 0.911   | 9.046                  |
| 18 | Autun, fabrique de Champeaux,<br>Bazin et Radary. . . . .                                 | Id.                                | 0.870   | 9.950                  |
| 19 | Mont de Marsan. . . . .                                                                   | Huile lourde<br><i>Kiefernharz</i> | 0.985   | 10.081                 |

En 1871 il a étudié les pétroles russes des environs de Bakou et il a obtenu les résultats ci-dessous :

|       |                                                |                       |
|-------|------------------------------------------------|-----------------------|
| N° 1. | Naphte brut des puits de Balakhany. . .        | densité à 0° — 0,882, |
| N° 2. | Résidu des alambics de Bakou. . . . .          | densité 0,928         |
| N° 3. | Huile noire de la raffinerie Weyser à Bakou. — | 0,897                 |
| N° 4. | Huile légère de Bakou. . . . .                 | — 0,884               |
| N° 5. | Huile lourde de Bakou. . . . .                 | — 0,938               |

A la distillation ces produits ont donné :

| TEMPÉRATURE               | 1    | 2   | 3    | 4    | 5   |
|---------------------------|------|-----|------|------|-----|
|                           | 0/0  | 0/0 | 0/0  | 0/0  | 0/0 |
| Volatiles à 100°. . . . . | 1.0  | »   | »    | »    | »   |
| » 140 . . . . .           | »    | »   | »    | 2.7  | »   |
| » 160 . . . . .           | 5.0  | »   | »    | 7.0  | »   |
| » 180 . . . . .           | 9.3  | »   | »    | 13.3 | »   |
| » 200 . . . . .           | 14.0 | »   | 2.3  | »    | 1.0 |
| » 220 . . . . .           | 15.3 | »   | »    | 19.0 | 1.3 |
| » 240 . . . . .           | »    | 1.0 | 8.0  | 23.3 | 1.7 |
| » 260 . . . . .           | 29.0 | 2.3 | 14.0 | 29.3 | 3.0 |
| » 280 . . . . .           | 37.0 | 4.3 | 22.3 | 36.7 | 6.0 |
| » 300 . . . . .           | 41.3 | 7.7 | 33.7 | 73.3 | 9.7 |

### Propriétés chimiques

**Composition centésimale.** — Les recherches de Sainte-Claire Deville<sup>1</sup> ont montré que les pétroles étaient des composés binaires de carbone et d'hydrogène renfermant des proportions variables d'oxygène. Le tableau suivant résume les résultats obtenus<sup>2</sup>:

1. *Comptes rendus*, t. 66, p. 442, t. 68, p. 485, t. 69, p. 1006.

2. On peut le compléter par les analyses de : Boussingault, *Annales de Chim. et de Phys.*, t. 22, p. 442, *Annales des Mines* [3], t. 18, p. 609. — Markownikoff et Ogloblin, *Berichte*, 1874, p. 16. Krämer, *Sitzungs-Bericht der Vereins zur Beforderung des Gewerbflusses*, 1885, p. 298.

| NATURE DE L'HUILE (1) |                                          | DENSITÉ      | CAR-<br>BONE | HYDRO-<br>GÈNE | ONY-<br>GÈNE |
|-----------------------|------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| I                     | H. lourde de Virginie occidentale..      | 0.873 à 0°   | 83.5         | 13.3           | 3.2          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.819 à 13°  | 85.3         | 13.9           | 0.8          |
| II                    | H. légère de Virginie occidentale..      | 0.8412 à 0°  | 84.3         | 14.1           | 1.6          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.762 à 14°2 | 84.0         | 14.4           | 1.6          |
| III                   | H. légère de Pensylvanie. . . . .        | 0.816 à 0°   | 82.0         | 14.8           | 3.2          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.735 à 13°6 | 85.1         | 14.3           | 0.6          |
| IV                    | H. lourde de l'Ohio. . . . .             | 0.887 à 0°   | 84.2         | 13.1           | 2.7          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | "            | 85.4         | 14.4           | 0.6          |
| V                     | H. lourde de Pensylvanie. . . . .        | 0.886 à 0    | 84.9         | 13.7           | 1.4          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.802 à 13°2 | 85.4         | 13.8           | 0.8          |
| VI                    | H. de Parme, commune de Salo. . . . .    | 0.786 à 0°   | 84.0         | 13.4           | 1.8          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.775 à 13°  | 85.0         | 13.7           | 1.3          |
| VII                   | H. de Java (Dandang-Ilo). . . . .        | 0.923 à 0°   | 87.1         | 12.0           | 0.9          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.811 à 13°  | 86.2         | 12.2           | 1.6          |
| VIII                  | H. de Java (Tjibodas-Franggah). . . . .  | 0.827 à 0    | 83.6         | 14.0           | 2.4          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.778 à 13°  | 83.9         | 14.1           | 2.0          |
| IX                    | H. de Java (Gogor). . . . .              | 0.972 à 0°   | 85.0         | 11.2           | 2.8          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.762 à 13°2 | 85.1         | 12.2           | 1.7          |
| X                     | H. de Pechelbronn. . . . .               | 0.912 à 0°   | 86.9         | 11.8           | 1.3          |
|                       | H. distillée. . . . .                    | 0.825 à 11°5 | 85.1         | 13.0           | 0.9          |
| XI                    | H. de Pechelbronn (2) . . . . .          | 0.968 à 0°   | 85.6         | 9.6            | 4.5          |
|                       | H. de Pechelbronn. . . . .               | 0.892 à 0°   | 85.7         | 12.0           | 2.3          |
| XII                   | H. distillée. . . . .                    | 0.816 à 21°4 | 84.5         | 12.6           | 2.9          |
|                       | H. de Cabian (Hérault). . . . .          | 0.894 à 0    | 86.1         | 12.7           | 1.2          |
| XIII                  | H. distillée. . . . .                    | 0.860 à 20°6 | 86.5         | 12.4           | 1.1          |
|                       | H. du Hanovre (Oedesse). . . . .         | 0.892 à 0°   | 80.4         | 12.7           | 6.9          |
| XIV                   | H. distillée. . . . .                    | 0.775 à 21°  | 83.2         | 13.6           | 3.2          |
|                       | H. de Galicie (Ost Gallizien). . . . .   | 0.870 à 0    | 82.2         | 12.1           | 5.7          |
| XV                    | H. distillée. . . . .                    | 0.778 à 21°  | 80.5         | 13.6           | 5.9          |
|                       | H. de Galicie (West Gallizien) . . . . . | 0.885 à 0°   | 85.3         | 12.6           | 2.1          |
| XVI                   | H. distillée. . . . .                    | 0.786 à 21   | 83.8         | 12.9           | 3.3          |
|                       | H. de Circasie. . . . .                  | 0.940 à 20°  | 85.3         | 11.6           | 3.1          |
| XVII                  | H. distillée. . . . .                    | 0.857 à 20°  | 83.1         | 12.8           | 4.1          |
|                       | H. de Valachie. . . . .                  | 0.862 à 0°   | 82.6         | 12.5           | 4.9          |
| XVIII                 | H. distillée. . . . .                    | 0.778 à 20°  | 80.1         | 13.7           | 6.2          |
|                       | H. de Parmesan. . . . .                  | 0.938 à 0°   | 84.9         | 11.4           | 3.7          |
| XIX                   | H. distillée. . . . .                    | 0.830 à 21°  | 83.8         | 12.6           | 3.6          |
|                       | H. de Parme. . . . .                     | 0.809 à 0    | 81.9         | 12.5           | 5.6          |
| XX                    | H. distillée. . . . .                    | 0.783 à 20°  | 83.0         | 13.1           | 3.9          |
|                       | H. du Piémont (Retorbido). . . . .       | 0.919 à 0°   | 86.4         | 12.2           | 1.4          |
| XXI                   | H. distillée. . . . .                    | 0.880 à 21°  | 84.7         | 12.3           | 3.0          |
|                       | H. de Zante. . . . .                     | 0.932 à 0    | 82.6         | 11.8           | 5.6          |
| XXII                  | H. distillée. . . . .                    | 0.883 à 21°  | 82.7         | 13.8           | 4.5          |
|                       | H. du Canada. . . . .                    | 0.828 à 0°   | 83.0         | 14.6           | 2.4          |
| XXIII                 | H. distillée. . . . .                    | 0.778 à 19°4 | 83.3         | 16.1           | 0.6          |
|                       | H. de Birmanie (Rangoon). . . . .        | 0.875 à 28   | 83.8         | 12.7           | 3.5          |
| XXIV                  | H. distillée. . . . .                    | "            | 80.9         | 13.9           | 5.2          |
|                       | H. de Chine Foo-Choo-Foo. . . . .        | 0.860 à 0°   | 83.5         | 12.9           | 3.6          |
| XXV                   | H. distillée. . . . .                    | 0.884 à 26°2 | 83.8         | 12.9           | 3.3          |
|                       | H. d'Egypte (3). . . . .                 | 0.9352 à 17° | 85.85        | 11.75          | 0.92         |

1. La lettre H signifie huile. — 2. Azote 0.25, cendres 0.05.  
 3. Soufre 1.21. *Moniteur scientifique*, 1891, p. 622.

On y voit que le carbone varie de 80,4 à 87,1 pour 100, et qu'il oscille généralement entre 83,5 et 85. L'hydrogène représente 11 à 16 pour 100, 12 à 14 d'ordinaire. Le reste, qui est très faible, est surtout composé d'oxygène. Cet oxygène peut être considéré comme ayant deux origines : une première partie que l'on trouve dans les huiles à l'état de combinaison phénolique ou de produits aromatiques oxygénés, paraît préexister, tandis que l'autre portion semble provenir d'oxydations effectuées par le contact de l'air. On observe en effet que cette portion augmente avec le temps et que certaines huiles, qui se sont transformées à la longue en asphalte, sont riches en oxygène. Boussingault a trouvé, en particulier, qu'une huile asphaltique d'Égypte avait la composition suivante :

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| Carbone. . . . .   | 85.89 p. 100 |
| Hydrogène. . . . . | 8.24         |
| Oxygène. . . . .   | 6.22         |
| Azote. . . . .     | 0.25         |

Un bitume d'Antioche renfermait 21,54 pour 100 d'oxygène.

En étudiant une huile russe, Markownikoff a trouvé, dans la partie bouillant entre 220 et 230°, 5,25 pour 100 d'oxygène.

A côté des hydrocarbures et de l'oxygène, on rencontre dans le pétrole, en minimes proportions, un certain nombre de corps qui ont fait l'objet de nombreuses études. En premier lieu, citons l'azote dont la présence a été nettement constatée et que l'on trouve souvent à l'état de bases, notamment de bases pyridiques ainsi que l'a signalé Gréville Williams. L'azote n'existe qu'en très faibles proportions dans les pétroles naturels tandis que tous les hydrocarbures produits artificiellement par la décomposition des matières animales en renferment des quantités notables sous forme

de goudrons basiques. Cette constatation est importante puisqu'elle tend à établir, par cela même, que le pétrole n'a pas une origine animale, mais les expériences de Beilby infirment cette déduction car elles ont montré<sup>1</sup> que, lorsqu'on distille un pétrole, l'azote s'accumule dans les résidus. On peut donc concevoir que, par distillation naturelle dans l'intérieur de la terre, il se soit formé des produits pauvres en azote et cette considération supprime tout désaccord avec l'hypothèse de l'origine animale.

Le tableau suivant résume quelques nombres obtenus par cet auteur :

|                                                      |                    |
|------------------------------------------------------|--------------------|
| Résidu (10 0/0 d'un pétrole brut <i>américain</i> ). | 0.080 0/0 d'azote. |
| Coke (10 0/0 du résidu).                             | 0.375 —            |
| Goudron (1/17 du résidu).                            | 0.710 —            |
| Pétrole brut de Bakou (Russie).                      | 0.05 —             |
| Résidu.                                              | 0.05 —             |
| Ozokérite de Galicie.                                | 0.188 —            |

La présence du soufre a été constatée depuis longtemps dans un certain nombre de pétroles naturels: Hägen<sup>2</sup> l'a reconnu à l'état de sulfure de carbone dans les parties légères d'un pétrole de Pensylvanie. Dans ceux de l'Ohio, il se trouve surtout dans la portion bouillant entre 200 et 300°. C'est à sa présence qu'est due l'odeur particulière des huiles qui le renferment et qui ont eu une telle défaveur près du public, qu'on a dû pendant longtemps renoncer à les employer pour l'éclairage. Les huiles de Lima, aux États-Unis, celles du Canada et celles d'Oelheim ont été ou sont encore dans ce cas.

Il résulte des nombreuses recherches exécutées à propos de la présence du soufre, que le pétrole de Terra

1. Moniteur Scientifique du Dr Quesneville, 1893, p. 115 du Mercure.

2. Hägen, Dingler's Journal, t. 183, p. 165.

di Lavoro est celui qui renferme la proportion la plus importante de cet élément (1,08 et même 1,30 pour 100).

Les teneurs de quelques pétroles en soufre sont les suivantes :

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Huile brute russe. . . . .        | 0.064 0/0     |
| — d'Alsace. . . . .               | 0.138 à 0.134 |
| — de Tegernsee. . . . .           | 0.000         |
| — de l'Ohio. . . . .              | 0.5 à 0.7     |
| Asphalte de la mer morte. . . . . | 3.02          |

### *Nature chimique des principes immédiats du pétrole*

**Hydrocarbures.** — C'est à MM. Pelouze et Cahours<sup>1</sup> qu'est dû le premier travail de longue haleine relatif à l'étude des espèces chimiques qui constituent le pétrole. Depuis, d'importants travaux ont été effectués dans cette voie. Il est établi que les portions les plus volatiles que l'on peut extraire en soumettant les pétroles bruts à l'action graduelle de la chaleur sont des carbures saturés, appartenant à la série grasse, c'est-à-dire répondants à la formule générale  $C^n H^{2n+2}$ . Parmi eux se trouvent non seulement toute une série d'hydrocarbures normaux appartenant à la série du méthane, mais aussi un certain nombre de leurs isomères. Lemoine a également trouvé, à côté des hydrocarbures saturés, une très petite quantité<sup>2</sup> (environ 3 pour 100) de carbures éthyléniques  $C^n H^{2n}$  éliminables par le brome.

Si dans les pétroles on ne rencontre qu'une très faible quantité de carbures éthyléniques, certains d'entre eux renferment par contre et en proportions notables des composés correspondants à la formule  $C^n H^{2n}$ , mais qui diffèrent des carbures éthyléniques<sup>3</sup> par leur grande

1. Comptes rendus de l'Académie, t. 54, p. 4241; t. 56, p. 505; t. 57, p. 62.

2. Lemoine, Bulletin de la Société chimique, t. 41, p. 161.

3. Schutzenberger et Jonine, Comptes rendus, t. 67, p. 1045.

résistance et leur manque d'activité chimique. Ces carbures sont considérés par certains auteurs comme des hexahydrures de carbures aromatiques, tandis que d'autres les rangent, sous le nom de *naphtènes*, dans une nouvelle série de carbures.

On y trouve aussi de minimes proportions de carbures aromatiques, tels que la benzine, le toluène, le paraxylène, le cumène, le méesitylène, etc., de la naphthaline et des hydrocarbures aromatiques pauvres en hydrogène que Krämer considère comme provenant de la condensation des naphtènes. Quant aux carbures aromatiques plus complexes que l'on rencontre dans les cokes de pétrole<sup>1</sup>, il serait téméraire d'admettre qu'ils préexistent dans le pétrole et il paraît plus vraisemblable de supposer qu'ils se sont produits sous l'influence de la distillation. L'action de la chaleur a en effet pour résultat de décomposer ou de polymériser un certain nombre de principes immédiats, et l'on verra plus loin de quelle façon l'industrie du raffinage a su tirer partie de cette propriété.

L'action de la chaleur est variable suivant son mode d'application, mais elle est nettement établie par la différence de solubilité que présentent les produits naturels et les mélanges de produits ayant subi l'action de la chaleur<sup>2</sup>.

Enfin Krämer a trouvé des terpènes et des polyterpènes dans les fractions supérieures du pétrole.

D'après ce qui vient d'être dit, le pétrole peut donc être considéré comme un mélange de carbures saturés  $C^n H^{2n+2}$ , d'hydrures aromatiques  $C^n H^{2n}$ , de carbures éthyléniques  $C^n H^{2n}$  et acétyléniques  $C^n H^{2n-2}$ , de carbures aromatiques  $C^n H^{2n-6}$  et de leurs produits de condensation, moins riches en hydrogène.

1. Prunier, Bulletin de la Société chimique, t. 31, p. 158.

2. A. Riche et G. Halphen, Journal de pharmacie et de chimie, 1894.

Les pétroles américains tiennent souvent en dissolution des gaz combustibles; certains puits en fournissent même d'abondantes quantités que l'on emploie pour le chauffage et l'éclairage des pays voisins. De nombreuses analyses de ces gaz établissent qu'ils sont formés surtout par du méthane et ses homologues, ils renferment aussi de l'hydrogène et de petites quantités d'oléfines.

#### Hydrocarbures saturés $C^n H^{2n+2}$

L'étude des pétroles américains<sup>1</sup> a démontré l'existence de toute une série d'hydrocarbures homologues du gaz des marais et dont la teneur en carbone s'élève régulièrement. Parmi les hydrocarbures reconnus par Pelouze et Cahours, se trouvent les suivants :

| NATURE DU CORPS             | FORMULE        | DENSITÉ    | POINT<br>D'ÉBULLITION |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------------------|
| Hydruure de butyle. . . . . | $C^4H^{10}$    | 0.600 à 0  | 0°                    |
| — d'amylo. . . . .          | $C^5H^{12}$    | 0.628 à 18 | 30                    |
| — de caproyle. . . . .      | $C^6H^{14}$    | 0.669      | 68                    |
| — d'œnanthyle. . . . .      | $C^7H^{16}$    | 0.690      | 92 à 94               |
| — de capryle. . . . .       | $C^8H^{18}$    | 0.726      | 116 à 118             |
| — de pélargyle. . . . .     | $C^9H^{20}$    | 0.741      | 136 à 138             |
| — de rutyle. . . . .        | $C^{10}H^{22}$ | 0.757      | 158 à 162             |
| — d'undécyle. . . . .       | $C^{11}H^{24}$ | 0.766      | 180 à 182             |
| — de lauryle. . . . .       | $C^{12}H^{26}$ | 0.778      | 198 à 200             |
| — de cocinylo. . . . .      | $C^{13}H^{28}$ | 0.796      | 218 à 220             |
| — de myristyle. . . . .     | $C^{14}H^{30}$ | 0.809      | 236 à 240             |
| — de bénylo. . . . .        | $C^{15}H^{32}$ | 0.825      | 258 à 262             |
| — de palmytyle. . . . .     | $C^{16}H^{34}$ | »          | vers 280              |

A côté de ces carbures normaux, un certain nombre de leurs isomères, et en particulier l'isopentane et l'isoco-

1. Pelouze et Cahours, Ann. de physique et de chimie [4] t. I, p. 5.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

tane furent découverts dans les huiles américaines, et Morgan y a signalé l'existence d'un 3<sup>e</sup> heptane et par suite d'une 3<sup>e</sup> série d'hydrocarbures saturés.

Les huiles de pétrole renferment non seulement, comme nous venons de le voir, des hydrocarbures gazeux et liquides, elles contiennent aussi des hydrocarbures solides dont le mélange constitue le corps que l'on nomme paraffine. Comme ces carbures se trouvent la plupart du temps associés en des proportions différentes, il en résulte que les paraffines ne présentent pas toutes la même composition et qu'elles ont des points de fusion différents. Engler et Böhm ont fait voir que la paraffine préexiste dans les pétroles bruts, mais qu'elle n'est pas identique avec le produit que nous connaissons. La première est surtout constituée par des modifications non cristallines, qui ne prennent la structure cristallisée que par distillation. En examinant une paraffine commerciale, MM. Krafft et Lutzelschwab en ont retiré quatre produits correspondants aux formules  $C^{22}H^{46}$ ,  $C^{24}H^{50}$ ,  $C^{26}H^{54}$ ,  $C^{28}H^{58}$ . Les paraffines ont été produites synthétiquement, avec tous les caractères des produits commerciaux, par le premier de ces auteurs, en soumettant les acides de la série grasse à l'action de l'acide iodhydrique et du phosphore rouge. Les composés ainsi obtenus furent au nombre de 19. Les premiers sont liquides au-dessous de 0°, les autres ont des points de fusion compris entre 4°,5 et 74,7. Les points d'ébullition déterminés sous une pression de 15 millimètres croissent avec le poids moléculaire, dans des limites variant de 83 à 331°.

Ces synthèses confirment l'opinion qu'on avait que les paraffines sont les termes supérieurs de la série des hydrocarbures du gaz des marais, hydrocarbures que l'on désigne depuis fréquemment sous le nom générique de paraffines.

L'ozokérite est un pétrole naturel très riche en paraffines proprement dites.

Entre les hydrocarbures liquides et les paraffines viennent se placer une série de corps mous que l'on extrait des pétroles et que l'on a désignés sous le nom général de *vaselines*. Les recherches d'Engler et Böhm ont établi que la vaseline est formée par un mélange d'hydrocarbures solides et liquides, appartenant les uns et les autres à la série  $C^n H^{2n+2}$ . La partie solide qui les constitue acquiert par la distillation une structure cristalline en sorte qu'on peut considérer la vaseline comme un mélange de paraffine amorphe et d'huiles épaisses.

Tous ces carbures sont caractérisés par une grande résistance chimique qui s'observe aussi bien dans les produits les plus simples que dans les composés les plus complexes. Traités par le brome ils ne produisent que des dérivés de substitution. L'action de la chaleur les décompose en engendrant des carbures éthyléniques.

#### Carbures éthyléniques $C^n H^{2n}$

Ces produits ne se rencontrent qu'en minimes proportions dans les pétroles et l'on n'est pas certain qu'ils préexistent dans le produit brut. Tout semble faire supposer, au contraire, qu'ils ont pris naissance pendant la distillation sèche et cette hypothèse paraît applicable aux amylènes et hexylènes trouvés par Lebel dans les pétroles d'Alsace. Caventou a montré que la décomposition pyrogénée des huiles lourdes engendrait de l'érythrène et A. Brochet<sup>1</sup> a établi que la pyrogénéation engendrait toute une série de carbures éthyléniques, mais que les carbures à chaîne linéaire étaient les seuls susceptibles de subsister. Les carbures de cette

1. Brochet, *Comptes rendus*, 14 mars 1892.

série éthylénique jouissent de la propriété de fixer du brôme par addition. Ils donnent avec l'acide sulfurique concentré des acides sulfoconjugués et sont caractérisés par leur odeur nauséabonde.

Dans certaines conditions, les carbures éthyléniques sont susceptibles de fixer du soufre, en engendrant une classe de corps désignés sous le nom générique de thiophènes.

#### Terpènes et Polyterpènes

En étudiant les fractions supérieures du pétrole, Krämer a rencontré ces corps. Enfin, MM. Etard et Lambert ont reconnu que la pyrogénéation des huiles lourdes engendrait du pyropentylène et du dipyropentylène ( $C^5 H^6$  et  $C^{10} H^{12}$ ).

#### Carbures aromatiques $C^n H^{2n-6}$

La benzine, le toluène, le xylène, ont été reconnus dans les pétroles par Hugo Müller et Warren de la Rue. Engler y a signalé la présence du mésitylène et du pseudocumène. Plus tard, Engler et Bock ont caractérisé les 2 cumols dans des pétroles de différentes provenances. Dans les huiles de Bakou, Markownikoff et Oglobin ont rencontré du durol, de l'isodurool et autres isomères du cumol, du diéthyltoluène, de l'isoamylbenzol et des hydrocarbures de la formule  $C^{11} H^{16}$ .

#### Hydrures aromatiques $C^n H^{2n}$

En étudiant les pétroles russes, MM. Schutzenberger et Jonine d'une part, Beilstein et Kurbatow d'autre part, ont montré que ces huiles renfermaient des proportions notables de carbures ayant même composition que les oléfines, mais jouissant de propriétés particulières et dépourvus de la faculté de fixer du brôme d'addition. Contrairement à l'opinion première de MM. Mar-

kownikoff et Oglobin, on envisage ces composés, non comme des corps spéciaux appartenant à une nouvelle famille (famille des naphènes), mais comme des dérivés hydrogénés de divers carbures aromatiques et l'on a en particulier isolé :

|                                      |       |                 |
|--------------------------------------|-------|-----------------|
| L'hexahydrobenzine de densité. . .   | 0.960 | bouillant à 69° |
| L'hexahydrotoluène de densité. . .   | 0.772 | — 97°           |
| L'hexahydroisoxylène de densité. . . | 0.777 | — 118°          |
| L'hexahydropscudocumène              |       |                 |

Néanmoins, on leur a fréquemment conservé le nom de naphènes et souvent on les désigne en faisant précéder le mot naphène d'un préfixe indiquant la valeur de l'exposant du carbone. On dit :

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Heptanaphène pour le composé | $C^7H^{14}$   |
| Octonaphène                  | — $C^8H^{16}$ |
| Nononaphène                  | — $C^9H^{18}$ |

On y a reconnu, dans la même série, des composés dont la teneur en carbone s'élève à 15 et en particulier le composé  $C^{15}H^{30}$ .

Les récentes études faites sur ces carbures, et les dernières expériences de Konowalow ont montré que les naphènes ne sont pas si indifférents aux agents chimiques qu'on l'avait cru jusqu'alors. Elles ont établi :

1° Que les naphènes étaient attaqués par l'acide sulfurique fumant avec production d'acides sulfonés, de résines, d'eau et de corps volatils ;

2° Que le chlore et le brome les attaquent non seulement à chaud, mais à froid, sous l'influence de la lumière en donnant des produits de substitution ;

3° Qu'ils donnent des produits cristallisés quand on les soumet à la réaction de Gustavson<sup>1</sup> ;

1. Cette réaction consiste à faire réagir sur l'hydrocarbure, du brome en présence de bromure d'aluminium. La formation de cris-  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

4° Qu'ils donnent avec l'acide nitrique des produits nitrés, aromatiques cristallisables dans lesquels l'acide vient prendre la place d'un groupe  $\text{CH}^3$  qui se trouve ainsi éliminé.

Enfin, en examinant les lessives de soude provenant de l'épuration chimique d'une ligroïne galicienne, Zaloziecki a rencontré, à côté d'hydrocarbures hexahydroaromatiques, des dérivés hydroaromatiques se comportant comme des terpènes à l'égard du brome. Il semble qu'il en ait extrait le dihydro p. éthyltoluène<sup>1</sup>.

#### Carbures condensés

On rencontre aussi dans les pétroles des hydrocarbures provenant de la condensation de noyaux aromatiques et en particulier de la naphthaline, de la pseudopropyl-naphthaline et toute une série d'hydrocarbures considérés par Krämer comme des produits de la condensation des naphtènes. Parmi eux citons les composés  $\text{C}^{11}\text{H}^{16}$ ,  $\text{C}^{11}\text{H}^{12}$ ,  $\text{C}^{12}\text{H}^{14}$ ,  $\text{C}^{13}\text{H}^{16}$ .

Sous l'influence des modifications que fait subir au pétrole l'action de la chaleur, il se forme de petites quantités de corps riches en carbone, dont la présence a été mise en évidence par Prunier. Les uns, comme le picène de Walter, répondent à la formule  $\text{C}^{22}\text{H}^{14}$ , les autres sont des carbures plus riches tels que l'anthracène, le chrysène, le pyrène, le phénanthrène, le chrysogène, le rétène, le benzérythène, etc., enfin d'autres hydrocarbures en  $(\text{C}^6\text{H}^2)^n$  et  $\text{C}^{16}\text{H}^2$  ont été trouvés le premier par Prunier, le second par Prunier et Varenne dans le coke de pétrole.

taux était considérée par cet auteur comme caractéristique des carbures aromatiques. Dans l'essai fait par Gustavson, 40 grammes de carbures ont été projetés par petites portions dans 40 grammes de brome renfermant quelques milligrammes de bromure d'aluminium.

1. Bull. Soc. chimique, 1895.

En examinant les derniers produits de la distillation des pétroles de Sagara (Japon), MM. Divers et Nakamura ont trouvé un hydrocarbure jaune, solide, fusible à 280-285° auquel ils assignent la formule  $(C^4H^3)^n$ .

#### Composés oxygénés

On trouve dans les pétroles des composés ternaires de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui existent tantôt à l'état de phénols<sup>1</sup>, tantôt à l'état d'acides gras ordinaires<sup>2</sup> et d'autres fois sous forme d'acides hexahydrobenzoïques. Les premières recherches relatives à ces derniers sont dues à Hell et Médinge<sup>3</sup> qui les considéraient comme des lacto-alcools. Zaloziechi a fait remarquer qu'en ce qui concerne notamment les huiles raffinées, il y avait lieu de distinguer ces lacto-alcools d'avec les composés sulfurés acides qui existent probablement sous forme de mercaptans et de sulfures que l'oxydation transforme en sulfacides (sulfonés, sulfureux ou sulfuriques).

En soumettant à l'action d'un courant d'air du pétrole neutralisé et bouillant, Engler et Bock<sup>4</sup> ont obtenu un produit résineux duquel la distillation a séparé de l'acide butyrique et ils ont remarqué que la même action donnait naissance à de l'acide carbonique et à de l'eau. Ces réactions sont favorisées par la présence d'un alcali.

Les travaux de Markownikow<sup>5</sup>, de Beilstein et Kurbatow<sup>6</sup> sur le pétrole de Bakou, ceux de Ossian Aschan<sup>7</sup> sur les résidus provenant de la purification du pétrole

1. Pebal et Freund, Liebig's annalen, t. 115, p. 21.

2. Engler et Bock, Dissertation inaugurale, Fribourg, 1880.

3. Berichte, 1890, p. 867 et 1891, p. 270.

4. *Loc cit.*

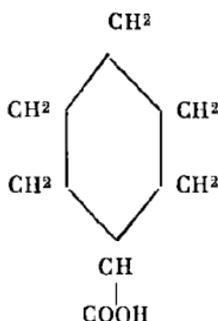
5. Berichte, 1873, XVI.

6. *Ibid.*, 1880, XX

7. Berichte, 1890, p. 867 et 1891, p. 2710.

de Balm, ont montré qu'on pouvait en extraire trois acides carboxyliques de la formule  $C^n H^{2n-1} COOH$ .

L'un d'eux, l'acide hexanaphtène carbonique  $C^6 H^{11} COOH$ , constitue un liquide jaune clair ayant à la fois l'odeur du pétrole et celle des acides gras. Sa densité est de 0,9891. Il donne avec la soude un savon mou, mousseux, et jouit de la propriété de décomposer le chlorure de calcium en mettant de l'acide chlorhydrique en liberté. Cet acide, hexanaphtène carbonique paraît répondre à la formule :



L'acide heptanaphtène carboxylique  $C^7 H^{13} O^2$  préparé précédemment par Markownikow a été étudié à nouveau par Ossian Aschan; c'est une huile incolore bouillant entre 237 et 239°, décomposant également le chlorure de calcium. Il est isomère de l'acide méthylhexaméthylène carbonique dont la synthèse a été faite par Perkin jeune et Freer.

Quant à l'acide octonaphtène carbonique  $C^8 H^{16} O^2$ , il se différencie des précédents parce qu'il est sans action sur les sels de calcium et de baryum, son poids spécifique est de 0,9893 à 0°.

La démonstration de la nature de ces acides a été faite par Ossian Aschan. En chauffant en tube scellé

l'acide heptanaphtène carbonique avec de l'acide iodhydrique et du phosphore rouge, cet auteur obtint un liquide bouillant entre 117 et 118° et présentant la composition et l'ensemble des caractères de l'octonaphtène, ce qui établit que ces composés sont des naphthènes monocarboniques ou acides hexahydrobenzoïques.

Zaloziéchi divise les acides du pétrole en deux classes suivant la façon dont ils se comportent envers les réactifs indicateurs, la phénolphtaléine et le méthylorange. Le premier de ces deux réactifs indique la quantité totale d'acides, tandis que le second ne détermine que les acides du soufre. Donc, par la différence des deux titrages, on peut connaître la quantité de lacto-alcools. Pour cela on opère de la façon suivante : on agite 100 centimètres cubes de pétrole en essai avec 20 centimètres cubes d'une lessive de soude décime. On recommence deux fois le même traitement en laissant un intervalle de 10 à 15 minutes. Quand la partie aqueuse est séparée du pétrole, on décante au moyen d'un entonnoir à robinet ; puis on prélève 5 centimètres cubes du liquide filtré, et on titre avec une solution d'acide sulfurique au dixième, une première fois avec la phénolphtaléine et une seconde fois avec le méthylorange.

Zaloziéchi<sup>1</sup> obtint ainsi les résultats suivants :

1. *Moniteur scientifique*, Quesneville, p. 116 du *Mercur*

TABLEAU I. — DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ TOTALE D'ACIDES.

| ESPÈCES DE PÉTROLES                                                                 | Centim. cubes d'acide employé. |               | Quantité totale d'acides dans 100 cm <sup>3</sup> d'huile, exprimée en cm <sup>3</sup> de soude employés |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | PHÉNOL-PHTHALÉINE              | MÉTHYL-ORANGE |                                                                                                          |
| Pétroles bruts de Klentschany, jaune clair, N° 1. . . . .                           | 4.6                            | »             | 1.6                                                                                                      |
| Pétroles bruts de Zagorzany, opaque, N° 2. . . . .                                  | 4.2                            | »             | 3.2                                                                                                      |
| Huile légère, N° 1 (150°). . . . .                                                  | 4.6                            | »             | 1.6                                                                                                      |
| — — N° 2. . . . .                                                                   | 4.6                            | »             | 1.6                                                                                                      |
| Huile moyenne, N° 1 (150-300°). . . . .                                             | 4.5                            | »             | 2.0                                                                                                      |
| La même, distillée après lavage. . . . .                                            | 4.6                            | »             | 1.6                                                                                                      |
| La même, après dix distillations. . . . .                                           | 3.9                            | »             | 4.4                                                                                                      |
| Huile moyenne, N° 2. . . . .                                                        | 3.5                            | »             | 6.0                                                                                                      |
| Huile moyenne raffinée, N° 2. . . . .                                               | 4.9                            | »             | 0.4                                                                                                      |
| Huile lourde, N° 1. . . . .                                                         | 4.4                            | »             | 2.4                                                                                                      |
| — — N° 2. . . . .                                                                   | 4.0                            | »             | 4.0                                                                                                      |
| — — raffinée, N° 3. . . . .                                                         | 4.8                            | »             | 0.8                                                                                                      |
| Huile moyenne, provenant de l'huile lourde, décomposée à haute température. . . . . | 3.4                            | »             | 6.4                                                                                                      |

Dans quelques cas, un titrage avec le méthylorange fut rendu impossible par suite de l'opacité de la liqueur.

TABLEAU II. — APRÈS OXYDATION A LA TEMPÉRATURE ORDINAIRE, AU MOYEN D'UN COURANT D'AIR.

| SORTES DE PÉTROLES                             | Centim. cubes d'acide employé. |               | Quantité totale d'acides dans 100 cm <sup>3</sup> d'huile, exprimée en cm <sup>3</sup> de soude | HEURES D'OXYDATION |
|------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                | PHÉNOL-PHTHALÉINE              | MÉTHYL-ORANGE |                                                                                                 |                    |
| Pétrole brut, N° 1. . . . .                    | 4.1                            | »             | 3.6                                                                                             | 12                 |
| — — N° 2. . . . .                              | 3.9                            | »             | 4.4                                                                                             | »                  |
| Huile moyenne, N° 1 (neutre). . . . .          | 4.5                            | »             | 2.0                                                                                             | 24                 |
| — — N° 2. . . . .                              | 4.4                            | »             | 2.4                                                                                             | »                  |
| — — N° 3 (raffinée, neutre). . . . .           | 4.9                            | »             | 0.4                                                                                             | 12                 |
| Huile lourde, N° 3 (raffinée, neutre). . . . . | 4.6                            | »             | 1.6                                                                                             | »                  |

TABLEAU III. — APRÈS OXYDATION,  
A HAUTE TEMPÉRATURE, PAR UN COURANT D'AIR  
OU D'OXYGÈNE.

| ESPÈCES<br>D'HUILES MINÉRALES                                                                    | Nombre de centim. cubes<br>d'acide employé                                     |                                      | Quantité<br>totale d'acides<br>dans 100 cm <sup>3</sup><br>d'huile, exprimée<br>en cm <sup>3</sup> de soude. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                  | PHÉNOLPH.                                                                      | MÉTBYLOR.                            |                                                                                                              |
| Huile moyenne, N° 3 (raff. neut.), de 120 à 130°, à un courant d'air de 5 heures.)               | 3,6                                                                            | 4,8                                  | 5,6                                                                                                          |
| Huile lourde, N° 3 (raff. neut.), de 150 à 160°, durée du courant d'air : 6 heures.)             | 3,2                                                                            | 4,6                                  | 7,2                                                                                                          |
| Huile lourde, N° 3, distillée dans un courant d'air; le résidu (300°) fut aussi examiné. . . . . | 1,4 (sur 10 cm <sup>3</sup> de soude)<br>1,5 (sur 10 cm <sup>3</sup> de soude) | 0,8 (sur 5 cm <sup>3</sup> )         | 34,41<br>14,02<br>38,43                                                                                      |
| Huile moyenne, N° 2 (brute) distillée dans un courant d'oxygène. . . . .                         | 2,0 (sur 10 cm <sup>3</sup> de soude)                                          | 2,2 (sur 5 cm <sup>3</sup> de soude) | 32,0                                                                                                         |
| Huile lourde, N° 3 (raff. neut.), distillée dans un courant d'air. . . . .)                      | 2,6                                                                            | 3,4                                  | 9,6                                                                                                          |
| 1. Liquide distillé. — 2. Résidu. — 3. Total.                                                    |                                                                                |                                      |                                                                                                              |

**Composés sulfurés.** — L'étude de la nature des produits sulfurés est loin d'être terminée et cependant un certain nombre de points sont acquis. Hägen a rencontré du sulfure de carbone dans les produits légers du pétrole de Pensylvanie<sup>1</sup>. Les portions les plus lourdes renfermeraient, suivant Krämer, le soufre à

1. Hägen, Dingler's Journal, t. 183, p. 165.

l'état de dérivés thiophéniques. Cette hypothèse est basée sur cette constatation de MM. Friedel et Crafts qu'un pétrole perd de son soufre quand on le traite par le chlorure d'aluminium. De récentes recherches dues à Maberg<sup>1</sup> ont montré que les composés sulfurés dont l'odeur est la plus pénétrante se rencontraient surtout, pour les pétroles de l'Ohio, dans la partie bouillant entre 200 et 300°, ces composés sulfurés entrent partiellement en solution quand on agite l'huile avec de l'acide sulfurique. L'étude de ces composés solubles a montré à MM. Maberg et Smith qu'ils renfermaient du sulfure de méthyle  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ , du sulfure d'éthyle  $(\text{C}^2\text{H}_5)_2\text{S}$  et du sulfure de butyle.

**Composés azotés.** — Comme nous l'avons déjà dit, l'azote a été rencontré dans les pétroles sous forme de bases pyridiques.

En sursaturant par la chaux les goudrons sulfuriques provenant du raffinage du pétrole de Boryslaw et soumettant le produit à la distillation dans un courant de vapeur d'eau, Zaloziéchi<sup>2</sup> a obtenu un mélange de composés basiques qu'il n'a pu séparer à l'état de pureté mais qui, d'après l'analyse des chloroplatinates, lui a paru renfermer des bases pyridiques appartenant aux séries biquinoléique, tétrahydroquinoléique et hexahydroquinoléique.

*Variation de la nature chimique des pétroles  
suivant leurs provenances*

**Pétroles d'Amérique.** — Les huiles américaines donnent, à la distillation, une plus grande quantité de

1. Moniteur scientifique, Quesneville, 1893, p. 115.

2. Journal de pharmacie et de chimie, 1894, p. 576, d'après Mon. f. Chem., t. 12, p. 498.-

produits légers et de paraffine que les produits similaires des autres pays. Leur couleur varie du jaune ambré au jaune rougeâtre ; quelques-unes sont vertes. Toutes sont douées d'une fluorescence verte plus ou moins manifeste. Les huiles du Canada sont plus foncées ; quelques-unes sont noires et ont une odeur fétide.

La densité des huiles américaines varie de 0,765 à 0,940. Elles sont presque uniquement composées par des carbures appartenant à la série forménique, et chez lesquels la teneur en carbone croît depuis le butane ( $C^4H^{10}$ ) jusqu'aux paraffines qui représentent les termes les plus élevés de la série.

**Pétroles de Russie.** — Ces produits, plus bruns et moins fluorescents que les précédents, ont en général une densité plus élevée : leur poids spécifique oscille entre 0,785 et 0,958. Moins riches en produits légers, ils sont par contre d'un excellent rendement en huile lourde, mais ne renferment que de petites quantités de paraffine, ce qui fait que l'action du froid les congèle moins facilement que les huiles américaines.

Les fractions légères du pétrole russe, passant à la distillation à une température inférieure à  $60^\circ$ , sont composées, comme l'a montré M. Lebel, d'hydrocarbures de la série forménique ; ils présentent les mêmes densités que les fractions correspondantes extraites des pétroles américains. La portion bouillant entre  $150$  et  $180^\circ$  est surtout formée, suivant MM. Schutzenberger et Jonine, par des hexahydrures aromatiques et on a signalé la présence de divers carbures aromatiques dans les huiles russes.

Ainsi donc, tandis que les huiles américaines peuvent être envisagées comme constituées presque uniquement par divers carbures de la série grasse, les pétroles de Russie, au contraire, ne renferment qu'une faible proportion de ces produits, mais sont riches en naphthènes,

c'est-à-dire en hydrures de carbures aromatiques, tels que l'hexahydrobenzine et ses homologues supérieurs.

**Pétroles d'Alsace.** — Le pétrole d'Alsace se rapproche des pétroles américains. L'étude des huiles de Pechelbronn a surtout été faite par Engler<sup>1</sup> qui y a reconnu le pentane, l'hexane, le nonane, des hydrocarbures aromatiques, et des hydrocarbures solides ou paraffines. Les huiles lourdes renferment des proportions si notables de paraffines, qu'elles se prennent en masses épaisses par le refroidissement. Le pétrole d'Alsace est moins riche en produits légers que le pétrole américain.

**Pétroles d'Allemagne.** — Le pétrole du Hanovre est exploité à Elheim, à Wietz, près de Celle. Sa densité varie de 0,895 à 0,915. Quoique ne renfermant que de minimes proportions de produits légers, le pétrole du Hanovre n'est pas très foncé; il est presque transparent et présente une couleur brune.

Le pétrole de Tegernsee a une densité qui s'élève à 0,812; il paraît relativement riche en produits aromatiques et en paraffine et pauvre en acides et produits asphaltiques.

Tandis que le pétrole du Hanovre se rapproche par ses caractères et par sa composition des pétroles russes, le pétrole de Tegernsee présente de grandes analogies avec les huiles américaines et aussi avec celles de Pechelbronn, mais tous ces pétroles renferment à la fois des hydrocarbures saturés, des hydrocarbures aromatiques et des hexahydrures de carbures aromatiques.

**Pétroles de Galicie.** — Ils sont constitués surtout par des carbures forméniques, mais ils renferment des naphènes dans une proportion intermédiaire entre les teneurs des huiles russes et américaines. Leur densité est comprise entre 0,709 et 0,902 et ils présentent

1. Moniteur scientifique, Quesneville, 1888, p. 761.

un grand intérêt scientifique dû à la nature des principes aromatiques qu'ils renferment. Ces hydrocarbures, signalés par Bock, ont été étudiés par Lachowicz qui a reconnu qu'ils sont en grand nombre. Parmi eux, on a signalé l'existence des termes les plus simples, tels que la benzine, le toluène, l'isoxylène et le mésitylène, corps qui distillent à des températures peu élevées et dont la présence ne peut pas, par conséquent, être considérée comme résultant de l'action pyrogénée due à la distillation.

Ils jouissent des propriétés des huiles russes et des huiles américaines et ont les caractères de ces deux huiles, notamment en ce qui concerne le point d'ébullition des fractions ayant respectivement les mêmes densités. Ainsi, la partie bouillant entre 95 et 110° présente, suivant l'origine du pétrole dont on l'extrait, les densités suivantes :

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Huile américaine. . . . . | 0,710 |
| — galicienne.. . . .      | 0,729 |
| — russe. . . . .          | 0,748 |

**Pétrole d'Égypte.** — Ce pétrole, dont la densité est de 0,9352 à 17°, est surtout formé, suivant MM. H. Kast et A. Keuckler<sup>1</sup>, d'hydrocarbures analogues à ceux qui constituent le pétrole de Bakou.

## Fractionnement des pétroles par la chaleur

### *Richesse des pétroles en essences et huiles lampantes*

En France, au point de vue industriel, les pétroles se classent suivant la proportion d'essences et d'huiles lampantes qu'ils sont susceptibles de fournir à la distillation. Ce classement n'a d'ailleurs rien de fixe ; il varie avec les pays et les cours des produits d'extraction du

1. *Moniteur scientifique*. Quesneville, 1891, p. 622.

pétrole, de sorte que tantôt il est avantageux de traiter des pétroles riches en huiles de graissage, parce qu'à ce moment ce sont ces produits qui se vendent avec le plus de bénéfices, tandis que d'autres fois, au contraire, il y a intérêt à produire du pétrole lampant.

Ces considérations expliquent ce fait *à priori* étrange et que l'on a constaté à diverses reprises aux États-Unis, savoir: le pétrole lampant valant moins cher que le pétrole brut duquel on l'extrait. Dans ce cas, l'huile lampante qui, le plus souvent, constitue le produit principal de la fabrication, ne devient plus qu'un sous-produit et ce sont alors les huiles lourdes qui prennent le premier rang.

Il y a de profondes différences dans les proportions d'essences, d'huiles lampantes et d'huiles lourdes fournies non seulement par les huiles des différents pays, mais aussi par celles que l'on trouve dans les diverses contrées d'un même pays. La richesse d'une huile varie également, pour une même région, d'un puits à un autre et, pour un même puits, sa composition change suivant qu'on la puise à la surface ou plus profondément. Ainsi, tandis que l'huile jaillissante de Pechelbronn a une densité comprise entre 0,878 et 0,885, celle des puits à pompe du même pays varie de 0,950 à 0,960 et atteint parfois 0,970.

La détermination de la proportion des différents produits commerciaux qu'on peut extraire d'une huile donnée constitue donc pour le raffineur un problème important dont la solution présente le plus grand intérêt.

Lorsque l'on soumet du pétrole à l'action de la chaleur, en réglant celle-ci de façon à l'augmenter progressivement, les composés qui le constituent se dégagent successivement par ordre de volatilité en même temps que la masse se modifie sous l'influence des actions pyrogénées. Il est alors facile de fractionner les produits de

la distillation en les recueillant entre des limites déterminées de température ou de densité.

Cette opération, simple en elle-même, présente un certain nombre de difficultés qui tiennent à la nature même du pétrole. En effet, par suite de la faible stabilité de certains des principes qui entrent dans leur composition, les huiles minérales se comportent différemment suivant la marche de la distillation, si bien qu'une même huile peut fournir des résultats variables selon l'allure de la distillation.

Le tableau suivant montre les différences que nous avons obtenues en distillant dans des conditions différentes une même huile, la première en 7 heures, la seconde en 4 heures.

| Nos | DISTILLATION LENTE |                   | Nos | DISTILLATION RAPIDE |              |
|-----|--------------------|-------------------|-----|---------------------|--------------|
|     | Densité.           | Couleur.          |     | Densité.            | Couleur.     |
| 1   | 683.4              | Blanc.            | 1   | 684.2               | Blanc.       |
| 2   | 709.4              | —                 | 2   | 711.8               | —            |
| 3   | 724.8              | —                 | 3   | 726.8               | —            |
| 4   | 737.8              | —                 | 4   | 739.8               | —            |
| 5   | 749.6              | —                 | 5   | 749.4               | —            |
| 6   | 758.2              | —                 | 6   | 758.2               | —            |
| 7   | 767.2              | —                 | 7   | 769.2               | —            |
| 8   | 774.2              | —                 | 8   | 778.2               | —            |
| 9   | 783.5              | —                 | 9   | 788.1               | —            |
| 10  | 799                | Jaunissant.       | 10  | 798.1               | —            |
| 11  | 798                | —                 | 11  | 804                 | Jaunissant.  |
| 12  | 802.3              | Jaune clair.      | 12  | 813                 | —            |
| 13  | 820                | —                 | 13  | 817                 | —            |
| 14  | 824.8              | Jaune d'or clair. | 14  | 827.8               | —            |
| 15  | 811                | Jaune clair.      | 15  | 826.1               | Jaune clair. |
| 16  | 824.8              | —                 | 16  | 819.5               | Jaune.       |
| 17  | 812                | —                 | 17  | 816.5               | —            |
| 18  | 810                | —                 | 18  | 829.6               | Jaune d'or.  |
| 19  | 814                | —                 | 19  | 833                 | Jaune foncé. |
| 20  | 835.8              | Brun rouge foncé. | 20  | 854                 | Brun rouge.  |

Pendant la distillation, le thermomètre suit une marche ascendante plus ou moins rapide suivant la

nature de l'huile traitée et aussi avec le mode d'application de la chaleur, mais, quelle que soit la façon dont on pratique la distillation et quelle que soit la nature de l'huile, la densité des produits recueillis va en croissant. Il est vrai que quelques exceptions ont été constatées, Mendelejeff<sup>1</sup> signale notamment avoir trouvé pour les divers fractionnements d'une huile du Caucase les nombres suivants :

|                   |       |       |        |        |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|
| Fraction. . . . . | 56°   | 62°   | 100°   | 110°   |
| Densité. . . . .  | 0,675 | 0,672 | 0,7609 | 0,7539 |

Pour une huile américaine, le même auteur a trouvé :

|                   |        |        |
|-------------------|--------|--------|
| Fraction. . . . . | 80°    | 92°    |
| Densité. . . . .  | 0,7347 | 0,7069 |

Si l'on continue la distillation, il arrive un moment où le thermomètre qui, jusqu'alors, n'avait pas cessé de monter, reste stationnaire ou descend brusquement. Ce phénomène est très marqué. Avec les huiles américaines, il est généralement annoncé par la production de vapeurs blanches qui apparaissent nettement lorsque l'on effectue la distillation dans une cornue en verre. En même temps, la densité des produits distillés décroît, et du coke se dépose au fond de la cornue. Parfois, au lieu de coke, il se forme des produits colorés qui, se dissolvant dans le liquide au sein duquel ils prennent naissance, accroissent notablement sa coloration.

Il n'est pas douteux qu'à ce moment certains carbures éprouvent une décomposition plus ou moins complète, engendrant à la fois des hydrocarbures plus simples et des termes plus élevés.

La distillation semble avoir pour effet de donner aux hydrocarbures qui constituent le pétrole, ou tout au moins à ceux qui sont susceptibles de se décomposer pendant la distillation, plus de stabilité.

1. Mendelejeff, Wagner's Jahresbericht, 1883, p. 1253.

Ainsi, en soumettant à la distillation un mélange synthétique d'essence, d'huile lampante et d'huiles lourdes représentant la composition moyenne d'un pétrole de Pensylvanie, nous n'avons plus observé cette décomposition. Le produit sur lequel nous avons opéré provenait du mélange de 90 centimètres cubes d'essence de pétrole rectifiée de densité 0,692, 720 centimètres cubes d'huile lampante à 0,796, 140 centimètres cubes d'huile à 0,850 et 50 centimètres cubes de résidus à 0,930. Il avait une densité de 0,801 à 15°.

On a distillé en recueillant chaque fois 1/20 du volume mis en œuvre. Les divers fractionnements présentaient les points d'ébullition et les densités suivantes :

| FRAC-<br>TIONS | POINT<br>D'ÉBULLITION | DENSITÉ | OBSERVATIONS                      |
|----------------|-----------------------|---------|-----------------------------------|
| 1              | 80 à 110              | 0.705   | Tous ces produits sont incolores. |
| 2              | 110 à 120             | 0.720   |                                   |
| 3              | 120 à 130             | 0.733   |                                   |
| 4              | 130 à 135             | 0.744   |                                   |
| 5              | 135 à 147             | 0.754   |                                   |
| 6              | 147 à 147             | 0.764   |                                   |
| 7              | 147 à 140             | 0.768   |                                   |
| 8              | 140 à 150             | 0.778   |                                   |
| 9              | 150 à 179             | 0.785   |                                   |
| 10             | 179 à 200             | 0.798   |                                   |
| 11             | 200 à 200             | 0.798   | Légèrement jaunes.                |
| 12             | 200 à 199             | 0.806   |                                   |
| 13             | 199 à 201             | 0.814   |                                   |
| 14             | 201 à 205             | 0.821   | Paille.                           |
| 15             | 205 à 208             | 0.830   |                                   |
| 16             | 208 à 224             | 0.836   | Légèrement paraffinés.            |
| 17             | 224 à 235             | 0.844   |                                   |
| 18             | 235 à 242             | 0.852   | Paraffinés.                       |
| 19             | au-dessus de 360      | 0.862   |                                   |
| 20             | id. id.               | 0.877   |                                   |

Les résultats ont été analogues avec un pétrole préparé en mélangeant aux produits précédents des essences moyennes de densité 0,774. Ces constatations que l'un de nous exposait en 1889<sup>1</sup> prouvent que le pétrole brut, ou celui qui n'a pas subi dans nos alambics une température déterminée, renferme une portion d'hydrocarbures différents de ceux que l'on en peut extraire par distillation. Cette hypothèse paraît justifiée par les déterminations que nous avons faites ultérieurement sur la solubilité des pétroles dans les mélanges chloroformo-alcooliques. Nous avons en effet montré :

1° Que pour une même densité les diverses fractions des sortes américaines présentaient des solubilités voisines entre elles, mais très différentes de celles des fractions russes de même densité, que par conséquent la solubilité pouvait servir à déterminer à quelle série se rattachent les carbures d'une fraction dont on connaît la densité ;

2° Que les pétroles bruts avaient une solubilité moins considérable que les fractions de même densité qu'on en peut extraire par distillation ;

3° Qu'en mélangeant toutes les fractions provenant de la distillation d'un pétrole brut, le pétrole reconstitué était plus soluble dans le mélange chloroformo-alcoolique que l'échantillon brut.

Ce qui prouve d'une façon irréfutable que si le pétrole renferme, en nature, une certaine quantité des produits qu'on en extrait par distillation, d'autres au contraire prennent naissance dans les conditions particulières de la distillation. Il semble donc évident qu'on puisse produire ces derniers en quantité plus ou moins considérable suivant que l'on crée ou non les conditions

1. Riche, Rapport sur l'exposition universelle de 1889. Imprimerie nationale, p. 254.

favorables à leur formation. L'industrie a depuis longtemps su discerner ce point et la pratique a fait voir qu'il était nécessaire de prolonger l'action de la chaleur vers le milieu de la distillation pour obtenir le rendement maximum en huiles légères. Les essais relatés page 136 montrent les différences que l'on obtient suivant le mode d'application de la chaleur.

Le distillateur a donc à tenir compte non seulement des propriétés physiques, mais aussi des propriétés chimiques des hydrocarbures qu'il met en œuvre.

Le fractionnement par la chaleur d'un mélange de liquides solubles l'un dans l'autre n'est pas régi par une loi simple. L'on sait en effet que si, en général, le point d'ébullition d'un liquide ne s'abaisse pas par l'addition d'un liquide bouillant à une température plus élevée, les quantités respectives des 2 liquides dans le mélange agissent en même temps que les tensions de vapeurs, et bien que la tension totale soit habituellement inférieure à celle du liquide le plus volatil, on peut concevoir des cas où elle lui serait supérieure.

Lorsque, au lieu d'opérer sur un liquide renfermant seulement deux éléments, on opère sur des produits qui en renferment un grand nombre, il intervient tant de facteurs que la séparation des diverses fractions n'a pu encore être étudiée théoriquement.

Soumises à la distillation, les huiles russes éprouvent des transformations très marquées qui se traduisent par un dégagement abondant de gaz que l'on ne peut éviter même en opérant dans le vide. La décomposition est surtout intense lorsque le produit restant dans la cornue a atteint une densité de 0,850. En employant la vapeur surchauffée, il reste environ 25 pour 100 de la masse que l'on retrouve dans la cornue sous forme de goudrons qu'on ne peut distiller sans qu'ils se décomposent.

Cette action est bien moins marquée avec les huiles américaines. Certaines d'entre elles semblent même ne subir qu'une très faible décomposition.

Les premières recherches expérimentales relatives au fractionnement par la chaleur des diverses huiles minérales ont été faites, en France, par Sainte-Claire Deville<sup>1</sup> qui s'exprimait ainsi :

« Quand on opère, comme en Amérique, sur de grandes quantités de pétrole d'une faible densité, on ne consacre à l'industrie de l'éclairage que les produits intermédiaires dont les points d'ébullition sont supérieurs à 50° et inférieurs à 250 ou 280°. Les parties qui passent à l'alambic au-dessus de 300°, possèdent une viscosité qui les fait rejeter pour l'éclairage et rechercher pour le chauffage et la fabrication des matières lubrifiantes. Quand on veut traiter une huile de pétrole, il faut connaître avec précision le nombre qui représente la quantité de ces matières volatilisables entre 150 et 300°. Ce nombre représente la proportion d'huiles lampantes que l'on peut retirer du produit naturel. Tout ce qui passe au-dessus de 280° est employé comme matière lubrifiante. Les parties volatiles au-dessus de 150° se composent d'hydrocarbures légers qui constituent l'éther de pétrole et l'essence de pétrole ».

Le tableau ci-après fait connaître les nombres obtenus par cet auteur. Il est suivi de deux autres tableaux, dus l'un à Engler, l'autre à Boverton Redwood.

1. Sainte-Claire Deville, Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. 72, p. 491.



FRACTIONNEMENT DES HUILES PAR LA CHALEUR, D'APRÈS ENGLER<sup>2</sup>

| ORIGINE                                     | DENSITÉ<br>à 17° | jusqu'à 130° | de 130° à 150° |                | de 150° à 170° |                | de 170° à 190° |                | de 190° à 210° |                | de 210° à 230° |                | de 230° à 250° |                | de 250° à 270° |      | de 270° à 290° |      | de 290° à 300° |      | jusqu'à 150°<br>Essences | de 150° à 300°<br>Huiles<br>à brûler | Au-dessus<br>de 300°<br>Résidus |      |      |
|---------------------------------------------|------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------|------|
|                                             |                  |              | de 130° à 150° | de 150° à 170° | de 170° à 190° | de 190° à 210° | de 210° à 230° | de 230° à 250° | de 250° à 270° | de 270° à 290° | de 290° à 300° |                |      |                |      |                |      |                          |                                      |                                 |      |      |
| Pechelbroun (Alsace),<br>puits 145. . . . . | 0.906            | »            | »              | »              | 1.5            | 4.5            | 1.5            | 4.5            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4  | 3.2            | 4.4  | 3.2            | 4.4  | »                        | 30.5                                 | »                               | 68.5 |      |
|                                             |                  | »            | »              | »              | 0.9            | 1.4            | 0.9            | 1.4            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4            | 3.2            | 4.4  | 3.2            | 4.4  | 3.2            | 4.4  | »                        | 24.8                                 | »                               | »    |      |
| Pechelbroun, puits 243                      | 0.885            | 6.0          | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 3.5            | 3.5            | 3.5            | 3.5            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.4            | 2.4            | 3.6  | 3.7            | 2.6  | 2.6            | 3.0  | 4.0                      | 10.0                                 | 29.5                            | 60.1 |      |
|                                             |                  | 4.3          | 2.8            | 3.0            | 3.2            | 3.2            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.9            | 2.4            | 2.4            | 2.4            | 3.6  | 3.7            | 2.6  | 2.6            | 3.0  | 4.0                      | 7.1                                  | 24.3                            | »    |      |
| Oelheim (Hanovre). . .                      | 0.899            | »            | »              | »              | 4.75           | 5.25           | 4.75           | 5.25           | 6.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.3  | 4.3            | 4.3  | 4.3            | 4.0  | 2.0                      | »                                    | 32.0                            | »    | 68.0 |
|                                             |                  | »            | »              | »              | 3.2            | 2.6            | 3.2            | 2.6            | 4.8            | 3.4            | 3.4            | 3.4            | 3.4            | 3.4            | 3.4            | 4.3  | 4.3            | 4.3  | 4.3            | 4.0  | 2.0                      | »                                    | 24.4                            | »    | »    |
| Tergensee. . . . .                          | 0.815            | 16.0         | 8.0            | 6.0            | 5.5            | 4.5            | 5.5            | 4.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5  | 5.5            | 5.5  | 5.5            | 4.0  | 24.0                     | 43.0                                 | 33.0                            | »    |      |
|                                             |                  | 14.7         | 6.1            | 4.8            | 4.2            | 3.7            | 4.3            | 3.7            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 5.1  | 4.7            | 2.9  | 2.9            | 4.0  | 24.0                     | 34.4                                 | »                               | »    |      |
| Pennsylvanie. . . . .                       | 0.8175           | 15.0         | 6.0            | 5.0            | 5.0            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 5.75           | 4.75           | 4.75           | 4.75           | 4.75           | 4.75           | 6.0            | 4.75 | 2.0            | 2.0  | 2.0            | 2.0  | 21.0                     | 38.25                                | 40.75                           | »    |      |
|                                             |                  | 10.0         | 4.6            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.0            | 4.1            | 4.5            | 3.8            | 3.8            | 3.8            | 3.8            | 5.0            | 4.0  | 4.0            | 4.0  | 4.0            | 4.0  | 1.7                      | 14.6                                 | 31.1                            | »    |      |
| Pennsylvanie. . . . .                       | 0.801            | 24.5         | 7.0            | 4.5            | 4.5            | 6.5            | 5.0            | 5.0            | 4.75           | 5.0            | 4.75           | 4.75           | 4.75           | 4.75           | 3.2            | 4.0  | 2.5            | 2.5  | 2.5            | 2.5  | 31.5                     | 35                                   | 33.5                            | »    |      |
|                                             |                  | 16.8         | 4.7            | 5.2            | 3.3            | 4.8            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.3            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 3.0            | 3.9  | 2.5            | 2.5  | 2.5            | 2.5  | 21.5                     | 29.2                                 | »                               | »    |      |
| Galicie Hoboda. . . . .                     | 0.8235           | 16.0         | 10.5           | 10.25          | 6.5            | 6.5            | 7.0            | 6.75           | 6.0            | 5.6            | 5.6            | 5.6            | 5.6            | 5.6            | 6.0            | 3.5  | 0.5            | 0.5  | 0.5            | 0.5  | 26.5                     | 47.0                                 | 26.5                            | »    |      |
|                                             |                  | 11.3         | 7.6            | 7.6            | 5.2            | 5.3            | 5.6            | 5.6            | 5.6            | 5.6            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 5.5            | 6.0            | 2.8  | 0.45           | 0.45 | 0.45           | 0.45 | 18.9                     | 38.05                                | »                               | »    |      |
| Bakon, Bibi Bybat. . . .                    | 0.859            | 16.0         | 7.0            | 6.5            | 6.5            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.0            | 5.5            | 3.5  | 1.0            | 1.0  | 1.0            | 1.0  | 23.0                     | 38.0                                 | 39.0                            | »    |      |
|                                             |                  | 11.0         | 5.7            | 4.9            | 5.1            | 4.1            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.2            | 4.7            | 3.1  | 0.9            | 0.9  | 0.9            | 0.9  | 16.7                     | 31.2                                 | »                               | »    |      |
| Bakon, Bakakhany, Sa-<br>boutschi. . . . .  | 0.851            | 3.75         | 4.75           | 5.5            | 4.75           | 5.25           | 5.0            | 5.0            | 5.25           | 5.0            | 7.0            | 4.75           | 5.5            | 4.75           | 5.5            | 4.6  | 1.75           | 1.75 | 1.75           | 1.75 | 5.5                      | 39.5                                 | 52.0                            | »    |      |
|                                             |                  | 2.7          | 3.4            | 4.3            | 4.0            | 4.3            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.1            | 4.6  | 1.6            | 1.6  | 1.6            | 1.6  | 6.4                      | 32.6                                 | »                               | »    |      |

1. Même remarque que pour le tableau précédent.  
2. *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville, 1888, page 694.

FRACTIONNEMENT DES HUILES PAR LA CHALEUR,  
D'APRÈS BOVERTON-REDWOOD<sup>1</sup>.

| 100 CENTIMÈTRES<br>CUBES         | NUMÉROS                      | DENSITÉ | FRACTIONNEMENT |                |                |                |                |                |                |                |                |                |              |       |
|----------------------------------|------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-------|
|                                  |                              |         | jusqu'à 130°   | de 130° à 150° | de 150° à 170° | de 170° à 190° | de 190° à 210° | de 210° à 230° | de 230° à 250° | de 250° à 270° | de 270° à 290° | de 290° à 310° | jusqu'à 300° |       |
| HUILES A BRULER<br>CAUCASIENNES. | I                            | 0.820   | "              | 6              | 16             | 16             | 16.25          | 14.75          | 13             | 8.5            | 4.5            | 2              | 98           |       |
|                                  |                              |         | "              | 5.23           | 11.94          | 13.33          | 13.1           | 12.17          | 10.66          | 6.37           | 3.27           | 2.39           | 78.39        |       |
|                                  | II                           | 0.820   | 2.25           | 8.75           | 15             | 11.5           | 13             | 15.75          | 11             | 9              | 5              | 5              | 98.25        |       |
|                                  |                              |         | 1.69           | 6.37           | 11.55          | 8.97           | 10.42          | 13.15          | 10.28          | 7.83           | 5.74           | 4.6            | 80.6         |       |
|                                  | III                          | 0.8205  | 2              | 6.75           | 13             | 11             | 18.25          | 15             | 14             | 7              | 4.75           | 2.5            | 96.25        |       |
|                                  |                              |         | 1.43           | 5.06           | 10.01          | 10.92          | 14.6           | 12.45          | 12.84          | 6.09           | 3.89           | 2.0            | 79.29        |       |
|                                  | IV                           | 0.820   | 2              | 4.25           | 14             | 19             | 13.75          | 23.25          | 10             | 6              | 3              | 1              | 96           |       |
|                                  |                              |         | 1.32           | 3.1            | 11.3           | 14.8           | 10.33          | 18.09          | 9.3            | 5.23           | 2.46           | 0.91           | 76.84        |       |
|                                  | HUILES A BRULER AMÉRICAINES. | I       | 0.809          | 6.5            | 7.5            | 7              | 8              | 6              | 9              | 7.75           | 9.25           | 11             | 5            | 77    |
|                                  |                              |         |                | 4.49           | 5.37           | 5.37           | 7.32           | 4.58           | 5.98           | 6.03           | 7.49           | 9.91           | 3.18         | 59.72 |
|                                  |                              | II      | 0.800          | 6.9            | 9.9            | 9              | 11             | 8.25           | 9              | 7.8            | 8              | 7              | 2            | 77.85 |
|                                  |                              |         |                | 4.83           | 6.31           | 6.9            | 8.58           | 6.41           | 8.07           | 6.47           | 6.96           | 5.74           | 1.89         | 62.19 |
| III                              |                              | 0.805   | 8.5            | 6.5            | 11             | 12.5           | 10.5           | 9.5            | 6.5            | 6.5            | 8              | 7              | 86.5         |       |
|                                  |                              |         | 5.81           | 4.65           | 9.36           | 9.93           | 8.01           | 7.8            | 4.83           | 5.3            | 6.8            | 6.0            | 68.49        |       |
| IV                               |                              | 0.805   | 7.75           | 7.5            | 8              | 7              | 5.75           | 6.25           | 11.5           | 9.75           | 9.75           | 4.75           | 78           |       |
|                                  |                              |         | 5.21           | 5.95           | 5.95           | 5.35           | 4.75           | 5.23           | 9.24           | 8.14           | 8.15           | 4              | 61.97        |       |
| V                                |                              | 0.800   | 9.25           | 11.25          | 8              | 9.25           | 5              | 7              | 5.25           | 7.25           | 6.25           | 5              | 74.25        |       |
|                                  |                              |         | 6.51           | 9.29           | 6.03           | 5.73           | 4.38           | 5.11           | 5.08           | 5.5            | 5.78           | 4              | 57.41        |       |
| VI                               |                              | 0.805   | 4              | 8.5            | 12.5           | 11.5           | 8.75           | 9.5            | 9.25           | 10.5           | 4.75           | 4              | 83.25        |       |
|                                  |                              |         | 2.78           | 6.79           | 9.08           | 8.64           | 7.04           | 7.55           | 7.8            | 8.49           | 3.86           | 3.97           | 66           |       |
| VII                              | 0.800                        | 10.25   | 9.5            | 8              | 8              | 6              | 6.5            | 4.5            | 10.25          | 9              | 6.5            | 78.5           |              |       |
|                                  |                              | 7.19    | 7              | 6.25           | 5.89           | 4.88           | 5.02           | 3.58           | 9.8            | 7.82           | 5.5            | 63.13          |              |       |
| VIII                             | 0.805                        | 8       | 8.75           | 9              | 7.75           | 6              | 6.25           | 8.75           | 5.75           | 10.75          | 7.75           | 78.75          |              |       |
|                                  |                              | 5.2     | 6.53           | 6.83           | 6.02           | 4.89           | 4.96           | 7.07           | 4.83           | 9.1            | 6.4            | 61.86          |              |       |
| IX                               | 0.800                        | 7.25    | 9.75           | 9              | 7.75           | 8.75           | 5.75           | 5.25           | 9.75           | 8.75           | 10             | 82             |              |       |
|                                  |                              | 5.12    | 7.45           | 6.86           | 5.81           | 6.51           | 4.38           | 4.96           | 8.31           | 7.43           | 7.91           | 67.74          |              |       |
| X                                | 0.800                        | 8       | 14.5           | 12.5           | 7.75           | 5.75           | 6.5            | 5.75           | 9.75           | 6.25           | 4.25           | 81             |              |       |
|                                  |                              | 5.18    | 11.22          | 9.22           | 6.38           | 4.3            | 5.15           | 4.68           | 8.15           | 5.21           | 3.69           | 63.18          |              |       |

1. Même remarque que pour le tableau précédent.

Pour chaque pétrole, la première colonne horizontale indique les centimètres cubes ; la seconde indique les grammes.

gouvernement français, l'un de nous <sup>1</sup> a rapporté et examiné un grand nombre d'échantillons authentiques des pétroles bruts de ce pays.

Ces pétroles ont été distillés tous dans les mêmes conditions, qui se résument ainsi :

Distillation de 600 centimètres cubes dans des cornues en verre vert de même capacité et de même forme; l'opération a duré le même temps, 7 heures  $1/4$  à 7 heures  $3/4$ .

On a prolongé à dessein l'action du feu, et l'on a attaché le plus grand soin à ne pas la presser tant que la décomposition (cracking), qui se manifeste vers les deux tiers de la distillation, n'était pas réalisée : ce qui se reconnaît à la diminution de la densité du produit qui passe. Une fois, au contraire, cette décomposition manifestée, on distillait à haute température pour imiter ce qui se passe dans le black-pot. En un mot, on s'est attaché à réaliser les conditions de la pratique industrielle en France.

La cornue de verre était entourée jusqu'à la partie inférieure du col par une enveloppe en tôle. Un thermomètre passait dans la tubulure de la cornue, la boule se trouvait vers la hauteur du bas du col.

La condensation était obtenue par un courant d'eau refroidissant un tube en verre long et étroit.

Le liquide condensé était recueilli dans des tubes jaugés à 30 centimètres cubes, entièrement ouverts à la partie supérieure; la condensation était donc plutôt moindre que meilleure, si on la compare à celle qui est réalisée dans les appareils industriels; chaque fractionnement représentait  $1/20$  du volume primitif.

1. Riche et Roume, Rapport sur la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux Etats-Unis d'Amérique. Paris, Imprimerie nationale, 1892.

Les densités des liquides distillés et de l'huile naturelle ont été déterminées au moyen de deux densimètres et de la balance Dalican ; les trois résultats ont été toujours très voisins. Ces densités furent ramenées à 15° par le calcul.

Les nombres donnés par les divers pétroles sont donc aussi comparables que possible puisqu'on s'est attaché à faire les opérations dans des conditions semblables.

Si l'on a cru devoir distiller 600 centimètres cubes, c'est en vue d'atteindre plus d'exactitude par l'augmentation du nombre des déterminations de densités et de températures.

Dans la pratique courante d'un laboratoire on peut se contenter de l'essai au dixième sur 300 c. c.

Les essais comprennent surtout les huiles à faible densité : Washington, Mac Donald, etc., qu'on exporte d'Amérique en France ; néanmoins, on a expérimenté aussi les huiles de densités plus élevées, et aux degrés divers, Parker, Warren, Bradford, Bolivar, Allentown et les huiles *réduites*. On désigne par ce dernier nom les huiles qui ont été distillées jusqu'au point où s'opère le cracking ; le résidu est quelquefois, rarement, employé pour l'extraction des huiles lourdes ; il sert le plus souvent comme huile de chauffage et quelquefois pour la fabrication de la vaseline.

Le tableau suivant fournit les températures de distillation et les densités des fractionnements au vingtième de quelques huiles brutes dont l'espèce est envoyée en France pour y être distillée. Les températures se rapportent au commencement de la distillation de chaque fractionnement. Elles sont exprimées en degrés centigrades<sup>1</sup>.

1. Les lecteurs trouveront des renseignements plus complets sur ce point en consultant le rapport de MM. Riche et Roume, *loc. cit.*

FRACTIONNEMENT DES PÉTROLES AMÉRICAINS  
PAR LA CHALEUR.

| NUMÉROS DES FRACTIONNEMENTS. | HUILE de Washington        |          | HUILE SOUTH de Forburgh    |          | HUILE SOUTH de Taylorstown |          | HUILE SOUTH de pétrole Mac Donald |          | HUILE SOUTH de pétrole Pompe station d'Exena City. |          | HUILE ANCIEN de pétrole. Pompe station de Zellanepa |          | HUILE COUPE de pétrole. Pompe station de Forburgh |          | HUILE SOUTH de pétrole Tross Oil, Scotland. |          |
|------------------------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|-----------------------------------|----------|----------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|----------|
|                              | DENSITÉ À 15° C. 7016.     |          | DENSITÉ À 15° C. 7912.     |          | DENSITÉ À 15° C. 7894.     |          | DENSITÉ À 15° C. 7870.            |          | DENSITÉ À 15° C. 7970.                             |          | DENSITÉ À 15° C. 785.                               |          | DENSITÉ À 15° C. 7886.                            |          | DENSITÉ À 15° C. 79312.                     |          |
|                              | TEMPÉRATURES de Réaumur °. | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °. | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °. | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °.        | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °.                         | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °.                          | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °.                        | DENSITÉ. | TEMPÉRATURES de Réaumur °.                  | DENSITÉ. |
| 1.....                       | 129                        | 0,7066   | 120                        | 0,6858   | 120                        | 0,6868   | 119                               | 0,6874   | 120                                                | 0,7016   | 127                                                 | 0,713    | 110                                               | 0,690    | 90                                          | 0,666    |
| 2.....                       | 121                        | 0,7046   | 126                        | 0,7006   | 143                        | 0,7093   | 125                               | 0,7082   | 140                                                | 0,7164   | 134                                                 | 0,719    | 124                                               | 0,7036   | 103                                         | 0,690    |
| 3.....                       | 155                        | 0,7217   | 118                        | 0,7178   | 151                        | 0,7256   | 130                               | 0,723    | 151                                                | 0,7280   | 145                                                 | 0,728    | 141                                               | 0,7186   | 117                                         | 0,710    |
| 4.....                       | 169                        | 0,7342   | 149                        | 0,7266   | 176                        | 0,7304   | 127                               | 0,7345   | 160                                                | 0,7386   | 157                                                 | 0,733    | 139                                               | 0,7316   | 120                                         | 0,725    |
| 5.....                       | 181                        | 0,7477   | 184                        | 0,7346   | 190                        | 0,7404   | 145                               | 0,743    | 170                                                | 0,7474   | 148                                                 | 0,741    | 141                                               | 0,7416   | 145                                         | 0,740    |
| 6.....                       | 153                        | 0,751    | 171                        | 0,7442   | 201                        | 0,7546   | 117                               | 0,752    | 161                                                | 0,7578   | 147                                                 | 0,746    | 137                                               | 0,7488   | 158                                         | 0,7508   |
| 7.....                       | 165                        | 0,765    | 189                        | 0,7552   | 181                        | 0,7678   | 122                               | 0,7668   | 169                                                | 0,7674   | 145                                                 | 0,7618   | 145                                               | 0,7586   | 159                                         | 0,7664   |
| 8.....                       | 168                        | 0,775    | 190                        | 0,7636   | 212                        | 0,7738   | 129                               | 0,770    | 180                                                | 0,7764   | 148                                                 | 0,7688   | 143                                               | 0,7628   | 162                                         | 0,7728   |
| 9.....                       | 185                        | 0,7826   | 197                        | 0,7696   | 197                        | 0,7818   | 124                               | 0,779    | 191                                                | 0,781    | 155                                                 | 0,7678   | 145                                               | 0,7714   | 191                                         | 0,7838   |
| 10.....                      | 191                        | 0,7923   | 198                        | 0,7780   | 209                        | 0,7900   | 122                               | 0,7882   | 186                                                | 0,7923   | 160                                                 | 0,7848   | 153                                               | 0,7836   | 197                                         | 0,7956   |
| 11.....                      | 196                        | 0,8007   | 199                        | 0,7892   | 196                        | 0,7973   | 160                               | 0,7955   | 190                                                | 0,7993   | 168                                                 | 0,7952   | 172                                               | 0,7943   | 190                                         | 0,811    |
| 12.....                      | 208                        | 0,8087   | 205                        | 0,8007   | 252                        | 0,8076   | 185                               | 0,8008   | 194                                                | 0,8123   | 180                                                 | 0,7993   | 177                                               | 0,8013   | 183                                         | 0,813    |
| 13.....                      | 245                        | 0,8177   | 220                        | 0,8142   | 262                        | 0,8176   | 200                               | 0,8168   | 202                                                | 0,8201   | 196                                                 | 0,8083   | 195                                               | 0,8103   | 197                                         | 0,820    |
| 14.....                      | 242                        | 0,8156   | 279                        | 0,8187   | 270                        | 0,8208   | 214                               | 0,8181   | 223                                                | 0,8211   | 204                                                 | 0,8123   | 225                                               | 0,8158   | 203                                         | 0,8258   |
| 15.....                      | 252                        | 0,8209   | 220                        | 0,8237   | 274                        | 0,815    | 224                               | 0,8181   | 244                                                | 0,8265   | 228                                                 | 0,8243   | 253                                               | 0,8208   | 241                                         | 0,8166   |
| 16.....                      | 252                        | 0,8265   | 220                        | 0,8247   | 284                        | 0,8291   | 228                               | 0,8290   | 240                                                | 0,8329   | 250                                                 | 0,8131   | 260                                               | 0,8260   | 259                                         | 0,8127   |
| 17.....                      | 266                        | 0,8313   | 280                        | 0,8265   | 290                        | 0,8316   | 240                               | 0,8313   | 243                                                | 0,8319   | 270                                                 | 0,8241   | 262                                               | 0,8196   | 258                                         | 0,8137   |
| 18.....                      | 276                        | 0,8175   | #                          | 0,8208   | 300                        | 0,8191   | 252                               | 0,8165   | 230                                                | 0,8204   | 280                                                 | 0,8130   | 267                                               | 0,8117   | 259                                         | 0,8157   |
| 19.....                      | 303                        | 0,8251   | #                          | 0,833    | 310                        | 0,8268   | 257                               | 0,8199   | 240                                                | 0,8200   | 320                                                 | 0,8199   | 270                                               | 0,8147   | 256                                         | 0,8167   |
| 20.....                      | 304                        | 0,8229   | #                          | 0,8241   | 370                        | mitié    | #                                 | #        | 283                                                | 0,8278   | #                                                   | 0,8308   | #                                                 | 0,828    | #                                           | #        |

Les analyses suivantes effectuées au Ministère du Commerce sont relatives aux pétroles russes. La distillation a été conduite de la même façon que pour les pétroles américains, c'est-à-dire qu'on l'a effectuée sur 600 centimètres cubes en ne pressant l'action du feu qu'après la décomposition des hydrocarbures naturels. Elles sont absolument comparables aux précédentes.

| NAPhte NATUREL DU PLATEAU<br>DE BALAKHANY<br>D = 0.871 |                                |               | NAPhte NATUREL<br>VENANT DE BATOUM<br>D = 0.877 |               | NAPhte NATUREL<br>DE BAILOFF, FONTAINE<br>DE ZOUBALOFF<br>D = 0.872 |               |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------|---------------|
| NUMÉROS                                                | TEMPÉRATURE<br>DE DISTILLATION | DENSITÉ À 15° | TEMPÉRATURE<br>D'ÉMULSION                       | DENSITÉ À 15° | TEMPÉRATURE<br>D'ÉMULSION                                           | DENSITÉ À 15° |
| 1                                                      | 70                             | 783.8         | 80                                              | 784.7         | 70                                                                  | 748.9         |
| 2                                                      | 140                            | 792.8         | 139                                             | 793.6         | 147                                                                 | 760.9         |
| 3                                                      | 197                            | 809.7         | 135                                             | 704.7         | 153                                                                 | 774.8         |
| 4                                                      | 202                            | 820.8         | 137                                             | 820           | 140                                                                 | 786.8         |
| 5                                                      | 202                            | 832.8         | 143                                             | 832           | 136                                                                 | 797.7         |
| 6                                                      | 208                            | 839.8         | 158                                             | 832.7         | 136                                                                 | 810.6         |
| 7                                                      | 212                            | 848           | 163                                             | 842.5         | 142                                                                 | 823.7         |
| 8                                                      | 228                            | 858.6         | 182                                             | 848.4         | 157                                                                 | 822.6         |
| 9                                                      | 232                            | 865.6         | 189                                             | 850.6         | 163                                                                 | 850.6         |
| 10                                                     | 248                            | 866.6         | 263                                             | 853.8         | 181                                                                 | 864.5         |
| 11                                                     | 253                            | 864.5         | 273                                             | 859.8         | 197                                                                 | 871.4         |
| 12                                                     | 251                            | 838           | 273                                             | 866.5         | 204                                                                 | 874.6         |
| 13                                                     | 242                            | 826.5         | 277                                             | 877.6         | 218                                                                 | 870.6         |
| 14                                                     | 239                            | 829           | 277                                             | 859.5         | 223                                                                 | 866.3         |
| 15                                                     | 244                            | 825.5         | 277                                             | 855.5         | 258                                                                 | 861.7         |
| 16                                                     | 235                            | 827.4         | 235                                             | 832.7         | 271                                                                 | 877.6         |
| 17                                                     | 242                            | 845.3         | 248                                             | 825.7         | 277                                                                 | 863           |
| 18                                                     | au-dessus de 360               | 898.4         | 380                                             | 855.6         | 271                                                                 | 858.9         |
| 19                                                     | »                              | 910.8         | »                                               | 867.4         | 380                                                                 | 860.6         |
| 20                                                     | »                              | »             | »                                               | 858           | »                                                                   | »             |

### Cracking

Nous venons de voir précédemment que pendant la distillation il arrivait un moment où les hydrocarbures naturels se décomposaient en fournissant des liquides plus légers qui sont plus inflammables. Cet important phénomène a été observé pour la 1<sup>re</sup> fois en 1855 par Silliman qui l'a signalé dans son rapport sur le pétrole de Venango-County (Pennsylvanie). Le *cracking* n'est pas, comme son nom l'indique, un simple brisement, c'est

une véritable dissociation qui se produit lorsque certains hydrocarbures lourds sont soumis à une température supérieure à leur point d'ébullition.

On peut prouver cette assertion de la façon suivante :

**HUILE MINÉRALE AMÉRICAINE**

| DENSITÉ 0.895                |     |              |                             |     |             |
|------------------------------|-----|--------------|-----------------------------|-----|-------------|
| 1 <sup>re</sup> DISTILLATION |     |              | 2 <sup>e</sup> DISTILLATION |     |             |
| Température                  |     | Densité      | Température                 |     | Densité     |
| 250° à 273°                  |     | 0.875 à 16°5 | 95° à 184°                  |     | 0.786 à 14° |
| 273                          | 285 | 0.870 »      | 184                         | 213 | 0.842 »     |
| 285                          | 284 | 0.872 »      | 213                         | 240 | 0.870 15°   |
| 284                          | 280 | 0.867 »      | 240                         | 246 | 0.880 »     |
| 280                          | 280 | 0.863 »      | 246                         | 257 | 0.885 »     |
| 280                          | 320 | 0.863 »      | 257                         | 259 | 0.886 »     |
| 320                          | 300 | 0.867 17°    | 259                         | 303 | 0.890 »     |
| 300                          | 293 | 0.867 »      | 303° et au-de-sus           |     | 0.895 »     |
| 293                          | 289 | 0.867 »      |                             |     |             |

**HUILE MINÉRALE AMÉRICAINE**

| DENSITÉ 905 à 18°            |             |     |                             |                 |             |     |           |
|------------------------------|-------------|-----|-----------------------------|-----------------|-------------|-----|-----------|
| 1 <sup>re</sup> DISTILLATION |             |     | 2 <sup>e</sup> DISTILLATION |                 |             |     |           |
| N <sup>os</sup>              | Température |     | Densité                     | N <sup>os</sup> | Température |     | Densité   |
| 1                            | 206° à 265° |     | 854 à 20°                   | 1               | 127° à 175° |     | 740 à 18° |
| 2                            | 265         | 279 | 846 »                       | 2               | 175         | 196 | 804 »     |
| 3                            | 279         | 275 | 834 »                       | 3               | 196         | 215 | 832 »     |
| 4                            | 275         | 295 | 832 »                       | 4               | 215         | 225 | 848 »     |
| 5                            | 295         | 293 | 832 »                       | 5               | 225         | 232 | 860 »     |
| 6                            | 293         | 292 | 832 »                       | 6               | 232         | 235 | 885 »     |
| 7                            | 292         | 291 | 832 »                       | 7               | 235         | 260 | 885 »     |
| 8                            | 291         | 292 | 852 »                       | 8               | 260         | 264 | 895 »     |
| 9                            | 292         | 297 | 865 »                       |                 |             |     |           |

**HUILE MINÉRALE AMÉRICAINÉ**

| DENSITÉ 0.903 à 18° |     |             |     |             |     |             |     |
|---------------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
| Température         |     | Densité     |     | Température |     | Densité     |     |
| 160° à 245°         |     | 0.856 à 18° |     | 110° à 183° |     | 0.768 à 17° |     |
| 245                 | 259 | 0.865       | »   | 183         | 200 | 0.822       | 18° |
| 259                 | 261 | 0.862       | »   | 200         | 225 | 0.852       | »   |
| 261                 | 266 | 0.850       | »   | 225         | 246 | 0.865       | »   |
| 266                 | 274 | 0.850       | »   | 246         | 256 | 0.870       | »   |
| 274                 | 280 | 0.850       | »   | 256         | 271 | 0.877       | »   |
| 280                 | 288 | 0.850       | »   | 271         | 280 | 0.885       | 19° |
| 288                 | 292 | 0.856       | 20° | 280         | 335 | 0.890       | 20° |
| 292                 | 360 | 0.862       | »   |             |     |             |     |

**HUILE MINÉRALE AMÉRICAINÉ**

| Nos | Température |     | Densité   | Nos | Température |     | Densité   |
|-----|-------------|-----|-----------|-----|-------------|-----|-----------|
| 1   | 255° à 280° |     | 830 à 20° | 1   | 130° à 144° |     | 730 à 20° |
| 2   | 280         | 282 | 830 »     | 2   | 144         | 159 | 776 »     |
| 3   | 282         | 282 | 828 »     | 3   | 159         | 230 | 814 »     |
| 4   | 282         | 260 | 814 »     | 4   | 230         | 230 | 824 »     |
| 5   | 260         | 264 | 812 »     | 5   | 230         | 240 | 836 »     |
| 6   | 264         | 252 | 818 »     | 6   | 240         | 260 | 840 »     |
| 7   | 252         | 244 | 810 »     | 7   | 260         | 255 | 834 »     |
| 8   | 244         | 249 | 808 »     |     |             |     |           |
| 9   | 249         | 252 | 820 »     |     |             |     |           |

Si l'on mélange les produits obtenus dans une première distillation d'huile américaine et qu'on les soumette à un nouveau fractionnement par la chaleur, on constatera que la proportion des produits légers va en augmentant ainsi que l'établissent les nombres précédents (p. 147 et 148) déterminés au laboratoire du Ministère du Commerce. L'opération se faisait rapidement dans une

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

cornue en verre contenant 300 centimètres cubes du pétrole à examiner; on fractionnait les portions distillées en 10 parties ayant chacune un volume égal de 30 centimètres cubes et on notait la température au commencement et à la fin de chaque fractionnement dont on déterminait la densité.

On remarquera que nous avons fait ces essais à dessein sur des huiles lourdes car ce sont elles qui subissent le mieux la décomposition pyrogénée.

Dans le raffinage du pétrole américain, on a tenté d'appliquer cette décomposition pour transformer les huiles lourdes en huiles lampantes et augmenter de ce chef le rendement en produits légers. Parmi les nombreux appareils proposés, quelques-uns ont été adoptés, et sont utilisés notamment dans les pays qui ne possèdent pas de sources pétrolifères et chez lesquels les raffineurs ont, pour une cause ou pour une autre, avantage à augmenter le rendement en huile lampante.

Les intéressantes recherches de S. Dana Hayes ont montré que les produits légers du pétrole pouvaient être transformés en huiles lourdes lorsqu'on les chauffait sous pression en présence de vapeur d'eau et que la décomposition pyrogénée des huiles donnait naissance à la fois à des produits légers et à des huiles lourdes appartenant à une classe d'hydrocarbures complètement différents du naphte originel.

Sous l'action de l'élévation de température il se forme aussi, comme l'a signalé Silliman, des substances paraffineuses.

En soumettant à la distillation sous pression, de la paraffine, MM. Thorpe et Young ont jeté un grand jour sur la nature des réactions pyrogénées dues au cracking; ils ont établi que les carbures lourds de la série grasse se décomposaient non seulement en termes plus simples, mais en hydrocarbures appartenant à une

autre série. Le mélange final est surtout composé d'oléfines et d'une petite quantité de carbures de la série des paraffines.

Les phénomènes de décomposition sont conformes à la théorie de dissociation des hydrocarbures formulée par M. Berthelot<sup>1</sup>. Ils engendrent des composés plus stables, généralement moins riches en hydrogène que ne le sont les hydrocarbures desquels ils proviennent.

Si, au lieu d'opérer dans ces conditions, on dirige de la paraffine sur du coke porté au rouge, elle se transforme surtout en produits gazeux ; une analyse de ces gaz a donné :

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Gaz des marais $\text{CH}_4$ . . . . .    | 54,92 |
| Éthylène $\text{C}_2\text{H}_4$ . . . . . | 28,91 |
| Hydrogène H. . . . .                      | 5,65  |
| Oxyde de carbone $\text{CO}$ . . . . .    | 8,94  |
| Acide carbonique $\text{CO}_2$ . . . . .  | 0,82  |

Les huiles légères provenant du cracking et extraites à la vapeur fournissent un produit incolore qui se polymérise quand on tente de le distiller à la pression ordinaire. Exposé à l'influence de la lumière solaire, il semble se modifier et donner naissance à des produits de condensation, car nous avons constaté qu'il jaunissait et abandonnait une huile brune. Cette huile, produite en minimes proportions, se rassemble à la partie inférieure du récipient.

L'étude des produits ultimes de la distillation du pétrole de Bakou a été faite surtout par M. Letny. Les essais principaux ont consisté à diriger la vapeur des résidus de pétrole dans des tubes en métal chauffés, en présence ou en absence de charbon et dans des conditions variables de température et de pression. A une pression faible, il n'y a pas d'altération très notable ;

1. Berthelot, *Traité de chimie organique*.

sous forte pression, il se forme un goudron qui commence à donner des produits de distillation vers 350° ; dans un essai en présence du charbon, il a passé :

|                                                                |          |
|----------------------------------------------------------------|----------|
| Au-dessous de 80°, un mélange d'amylène et de benzine. . . . . | 6.28 0/0 |
| De 80 à 85° de la benzine. . . . .                             | 8.48     |
| De 85 à 100°. . . . .                                          | 4.10     |
| De 100 à 113° du toluène. . . . .                              | 10.50    |
| De 113 à 123°, un mélange de toluène et de xylène. . . . .     | 6.80     |
| De 123 à 323°, produits indéterminés. . . . .                  | 52.00    |

On n'a pas isolé d'hydrocarbures solides, anthracène, naphthaline ; du charbon se sépare.

En opérant avec beaucoup de charbon à une très haute température, dans une cornue de fabrique, le rendement en goudron a été de 45 pour 100 et le goudron était très lourd,  $d = 1,207$  ; il contenait de l'anthracène et de la naphthaline.

On doit à MM. Nobel diverses tentatives pour décomposer le *mazout* (résidu provenant des huiles russes après séparation des produits lampants) en produits utilisables. Ils se servaient d'un four régénérateur à réverbère.

Une première action a donné de 30 à 40 pour 100 de goudron contenant de 15 à 17 pour 100 de benzol à 50 pour 100.

Une seconde action du feu sur les huiles lourdes de la première fournit 70 pour 100 de goudron renfermant :

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Benzol à 50 0/0. . . . . | 9 à 10 0/0 |
| Naphtaline. . . . .      | 16         |
| Graisse verte. . . . .   | 3          |
| Brai. . . . .            | 24         |

et un gaz très abondant, d'un pouvoir éclairant supérieur à celui de la houille.

Les essais de M. Letny ont été suivis d'expériences

exécutées en grand par M. Schmidt dans l'usine Rago-sine et C<sup>ie</sup> à Jaroslaw en 1877; le pétrole brut traversait des tubes en cuivre chauffés à 300°.

La première distillation a produit 40 pour 100 de goudron et un excellent gaz d'éclairage.

Ce goudron a été chauffé ensuite avec du charbon; il aurait alors fourni, suivant M. Boverton Redwod, des résultats bien supérieurs à ceux de la houille.

1,000 kilogrammes ont en effet produit :

|                                                           | HOUILLE | PÉTROLE |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|
| Benzol à 50 0/0. . . . .                                  | 20.0    | 180.0   |
| Anthracène pur. . . . .                                   | 2.5     | 2.5     |
| Essence de naphte. . . . .                                | 6.0     | 50.0    |
| Créosote. . . . .                                         | 330.0   | »       |
| Huile d'anthracène ne contenant pas d'anthracène. . . . . | 100.0   | 150     |
| Brai sec. . . . .                                         | 350.0   | 250     |

Il ne semble pas que ces résultats aient été suivis de réalisation pratique, ce qu'il faut peut-être attribuer à l'abondance de la matière première et aux bénéfices considérables qu'elle permet de réaliser.

Pour le raffineur, la teneur des pétroles en parties bouillant moyennement au-dessous de 150° a une grande importance parce qu'elle peut élever le rendement en huiles lampantes. En effet, si les fractions passant au-dessus de 250-300° sont relativement légères, l'industriel peut augmenter le rendement en huiles lampantes, en leur ajoutant une portion de ces fractions, ce qu'il serait impossible de faire si les fractions supérieures étaient relativement lourdes. Il est aisé de mettre nettement ce fait en évidence par la comparaison des pétroles américains et des pétroles russes.

Les premiers permettent d'employer environ 26 pour 100 de produits bouillant au-dessus de 290°, mais on ne peut mettre en œuvre que 5,4 pour 100 des fractions russes bouillant au-dessus de 290°. Les portions utilisables sont d'ailleurs variables suivant la nature du pétrole puisque chacune d'elles s'y trouve en proportions variables, comme le montrent les nombres suivants :

|                             | HUILE RUSSE<br>DE RIZI EYBAT | HUILE RUSSE<br>DE BALAKHANY |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Huiles volatiles. . . . .   | 10.5                         | 5 à 6                       |
| Huile d'éclairage N° 1. . . | 40                           | 27 à 33                     |
| Huile d'éclairage N° 2. . . | 13.5                         | 5 à 6                       |
| Résidus. . . . .            | 36                           | 50 à 60                     |

Les fractions des huiles russes qui passent au-dessus de 300° ont un poids spécifique élevé et, comme de plus elles sont peu combustibles, il en résulte qu'elles ne peuvent être employées, dans les lampes ordinaires, pour l'éclairage.

A la distillation industrielle, les huiles russes se différencient des huiles américaines, d'abord parce que les premières dégagent une quantité considérable de gaz, surtout quand la masse restant dans la cornue atteint la densité de 0,850, phénomène qui ne se produit pas avec les pétroles américains, et ensuite par l'importance du résidu qui est bien plus considérable avec les huiles russes qu'avec les huiles américaines.

## V.

## Distillation et Raffinage du pétrole

*Pétrole américain*

Le raffinage du pétrole s'est effectué d'une façon grossière aux États-Unis dans les premières années et il reste encore aujourd'hui des exploitations peu perfectionnées dans les petits centres de production parce que, la matière première étant à vil prix, on ne se préoccupe pas d'en économiser quelques centièmes. Il n'en est pas de même dans la majeure partie des usines depuis que la *Standard oil Company* a réuni dans ses mains, ou dans celles de ses affiliés, les 85 centièmes environ des transports et du raffinage.

Le mode de travail varie d'une raffinerie à l'autre. Il change dans une même raffinerie avec la nature de l'huile à traiter, avec la valeur du combustible, et surtout avec le cours des nombreux produits qu'on tire du pétrole aux États-Unis.

Le raffineur américain a sous la main et peut choisir les huiles aux diverses densités, dont on a parlé précédemment. Il a pour client le monde entier auquel il prépare, à volonté, des produits par centaines de sortes : essences, huiles lampantes, huiles lubrifiantes, paraffines, vaselines.

Les essences sont-elles demandées, il distille les huiles de Washington et de Mac-Donald et le bénéficie sur la vente de l'essence, dont le cours est élevé, lui permet de livrer à meilleur marché les autres produits pour que leur stock ne grossisse pas outre mesure.

L'huile pour le graissage, la paraffine sont-elles en

hausse, il traite les huiles de Bradford et d'autres plus lourdes.

L'huile pour le chauffage vient-elle à diminuer, la *Standard Company* active le travail dans les usines de Lima et de Chicago.

L'huile lourde, l'huile brute elle-même s'accumulent-elles dans les entrepôts, ou bien le charbon éprouve-t-il une hausse, on remplace dans les foyers le charbon par l'huile lourde, par l'huile brute ou par l'essence.

Telle est, en résumé, l'organisation, aussi intelligente que puissante, de la *Standard Company*; telle aussi la raison pour laquelle l'huile raffinée qui se forme dans tous ces modes de traitement est toujours en abondance et n'acquiert pas une valeur sensiblement supérieure à celle de l'huile brute.

Le rôle du raffineur se trouve limité à la séparation, par l'application de la chaleur, des différents produits commerciaux, inégalement volatils, et à leur purification. Les variations des cours, la situation des usines, la nature du pétrole mis en œuvre et l'esprit des lois qui régissent le transit des pétroles bruts ou raffinés, sont autant de facteurs qui guident l'industriel pour choisir telle ou telle marche de distillation, de façon que le traitement soit aussi fructueux que possible; il en résulte que, si en principe la distillation des pétroles se fait partout de même façon, en pratique, la marche générale subit un certain nombre de modifications qui sont imposées par les conditions particulières de l'usine. Nous allons donc examiner comment se pratiquent les opérations en général et, après avoir étudié les appareils employés et les procédés mis en œuvre, nous passerons en revue les modes de distillation adoptés dans un certain nombre de raffineries appartenant à divers pays.

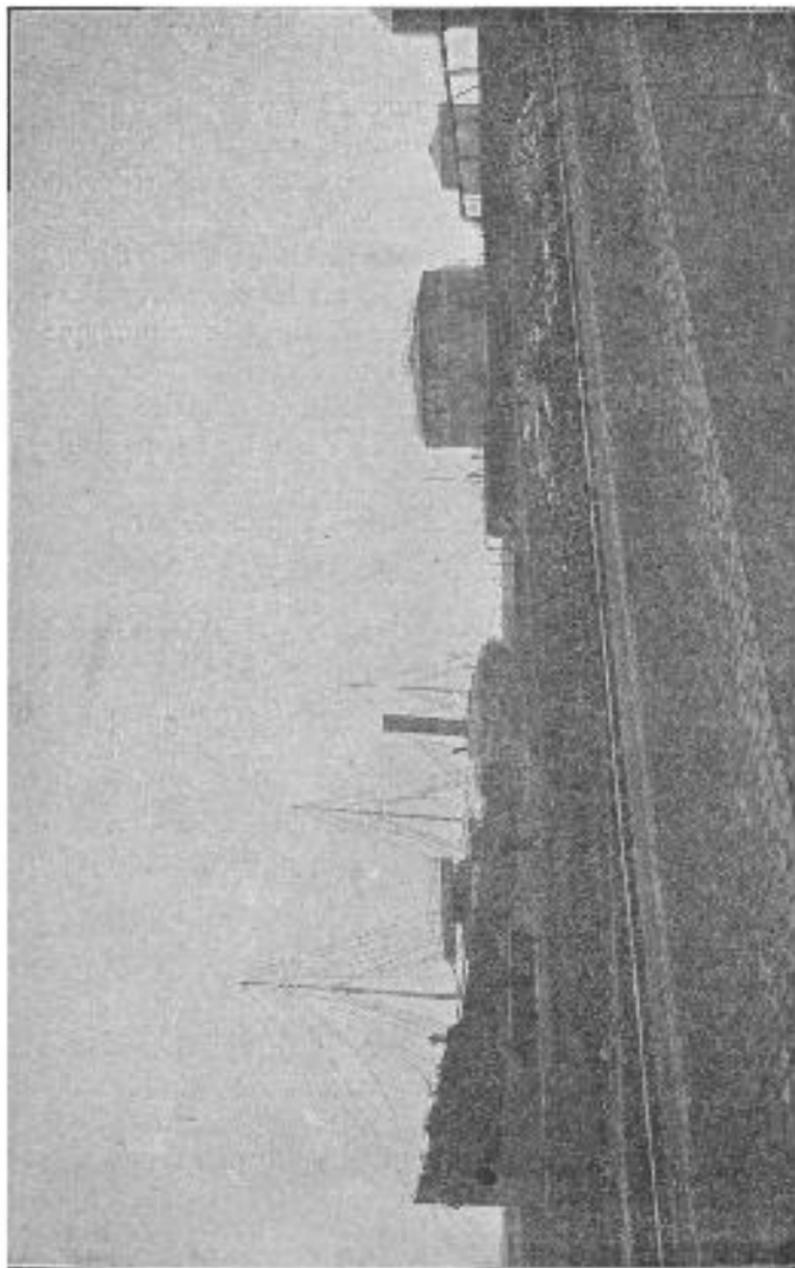
Le tableau suivant, établi en 1880 par M. Bourgougnon, ancien préparateur aux Gobelins, qui était inspecteur des pétroles à New-York en 1879, résume les produits extraits du pétrole brut par l'action du feu.

|               |                                    |   |                                 |                      |                                     |
|---------------|------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Pétrole brut. | Essence brute 1 <sup>er</sup> jet. | } | Essence légère. . .             | 640 à 670 millièmes. |                                     |
|               |                                    |   | Essence à détacher. . .         | 690                  |                                     |
|               | Benzine brute.                     | } | Essence brute.                  | }                    | Essence rectifiée. . . 705          |
|               |                                    |   | Rectifié léger.                 |                      |                                     |
|               | Rectifié de 1 <sup>er</sup> jet.   | } | Pétrole épuré. . .              | }                    | 795/800                             |
|               |                                    |   |                                 |                      |                                     |
|               | Résidus ou goudron.                | } | Pétrole lourd n <sup>o</sup> 2. | }                    | Pétrole lourd n <sup>o</sup> 2. . . |
|               |                                    |   |                                 |                      | Pétrole lourd n <sup>o</sup> 1. . . |
|               |                                    |   |                                 |                      | Paraffine. . . . .                  |
|               |                                    |   |                                 |                      | Goudron n <sup>o</sup> 2. . .       |
|               |                                    |   |                                 | Coke et brai. . . }  |                                     |
|               |                                    |   |                                 | Combustible. . . . . |                                     |

Le pétrole est amené à la raffinerie soit par les pipelines, conduites de distribution dont nous avons déjà parlé, et c'est là le mode de transport le plus pratique, soit par wagons-citernes. Ces wagons sont munis à leur partie inférieure de vannes qu'un boyau de raccord permet de relier à des prises ménagées sur une grande conduite circulant dans le sol, et reliée d'autre part à un premier réservoir. Le pétrole passe, par ce moyen, du wagon-citerne dans ce récipient d'où des pompes le font passer dans des bassins de décantation où il abandonne 1 à 2 pour 100 d'eau.

Grâce à l'emploi de pompes puissantes, le déchargement des wagons-citernes se fait avec une extrême rapidité et l'on ne compte guère qu'une heure pour faire arriver des véhicules qui les transportent dans les récipients où on les emmagasine, 40,000 barils de pétrole.

Après un repos suffisant, le pétrole débarrassé de ses impuretés est amené par des pompes dans les chaudières de distillation; et l'on ne met, pour cette opération, qu'une demi-heure pour 1,200 barils.



**Fig. 22. — Transport et réception du pétrole brut au Havre  
D'après une photographie communiquée par M.M. Desmarais frères.**

Lorsque le pétrole doit être exporté en Europe, son transport s'effectue dans des bateaux-citernes ou tank steamers.

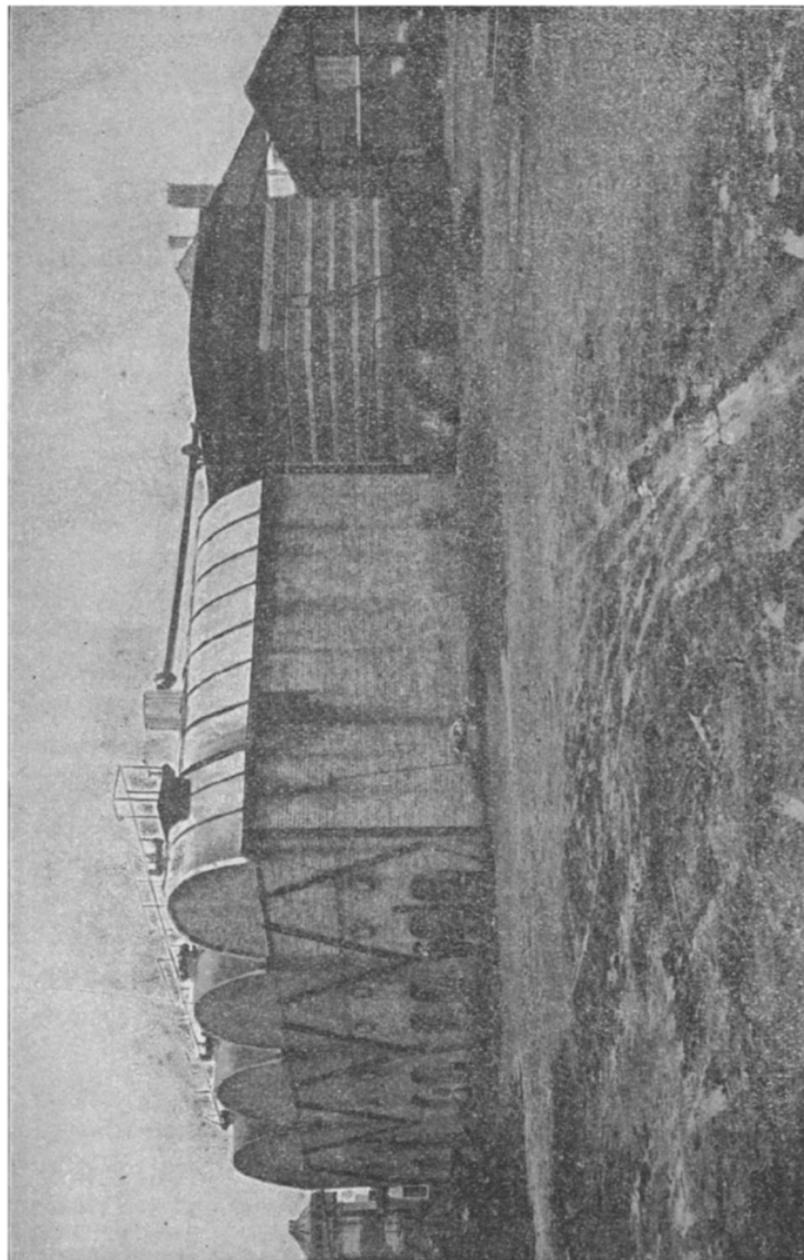
Ces bateaux, dont la figure 23 représente un spécimen, « le Coq » de la maison Desmarais frères, ont leur cale divisée par des cloisons, en compartiments étanches, dans lesquels le pétrole brut est placé en vrac. La partie supérieure de ces compartiments ou *citernes* est d'une section moindre, et forme les chambres d'expansion, destinées à parer aux variations de volume que déterminent les variations de température.

La durée de chargement du navire est d'environ deux jours et l'on peut y emmagasiner 4,500 tonnes-poids de pétrole.

La durée du voyage est d'environ quinze jours.

#### *Réception du pétrole brut*

A leur arrivée en France, les *tank steamers* vont accoster à proximité de la raffinerie qui doit utiliser leur chargement. Destuyauteries volantes, pour la vapeur et l'huile sont installées, et le bateau, à l'aide de ses pompes, refoule le pétrole dans un grand bac d'entrepôt, d'environ 20 mètres de diamètre, visible sur la figure 24. Dans un bâtiment voisin, se trouve une installation de mesurage et de pompes, permettant d'effectuer les opérations pour l'acquittement des droits de douane. — Là, de puissantes pompes refoulent le pétrole jusqu'à l'usine dans une conduite de 0<sup>m</sup>,20 de diamètre et de longueur variable, qui aboutit aux divers bacs de réserve de l'usine. Ces réservoirs ont des contenances variant de 1,500 à 3,000 tonnes. Ils sont entourés d'une levée de terre formant cuvette et pouvant retenir tout le contenu du bac en cas d'accident. C'est là qu'on les puise pour les amener dans les chaudières de distillation.



**FIG. 24. — Groupe de quatre chaudières en tôle pour la première distillation du pétrole au Havre.  
D'après une photographie communiquée par MM. Desmarais frères.**

L'introduction de l'huile ne doit être faite que dans une chaudière parfaitement nettoyée et dont on a préalablement vérifié l'état des conduites qui la relie au condenseur.

#### Des Chaudières

Les chaudières, qui sont les seuls organes présentant quelque danger, doivent être éloignées des autres bâtiments ; on les doit isoler aussi complètement que possible pour écarter les dangers d'incendie. Il en existe 2 sortes : les chaudières cylindriques, et les chaudières à 16 foyers.

De l'avis des industriels, les premières sont plus économiques, elles exigent moins de combustible et se réparent plus facilement que les secondes qui, par contre, fournissent des produits distillés plus légers et moins colorés.

Malgré les avantages que présentent ces dernières et l'élévation de rendement que donne leur mise en œuvre, on tend de plus en plus à les abandonner à cause des frais considérables que nécessitent les réparations de leurs massifs et de leurs fonds.

**Chaudières cylindriques.** — Ce sont des cylindres horizontaux, formés d'une tôle d'acier ayant 0<sup>m</sup>,014 d'épaisseur. On leur donne généralement 3<sup>m</sup>,75 de diamètre et 9 mètres de longueur : leur capacité dépasse rarement 600 barils.

On les dispose fréquemment par séries de deux ou de quatre. Elles sont encastrées dans des bâtis en maçonnerie (fig. 25-26), leur moitié supérieure restant libre, à la façon des bouilleurs ordinaires. Parfois, on recouvre la partie supérieure d'une légère enveloppe de tôle.

Le départ des portions vaporisées s'effectue par un orifice placé au centre de la partie supérieure de la chaudière et qui consiste en un dôme en forme de tambour donnant naissance à une conduite en fer forgé

ayant 375 millimètres de diamètre. Son rôle est de

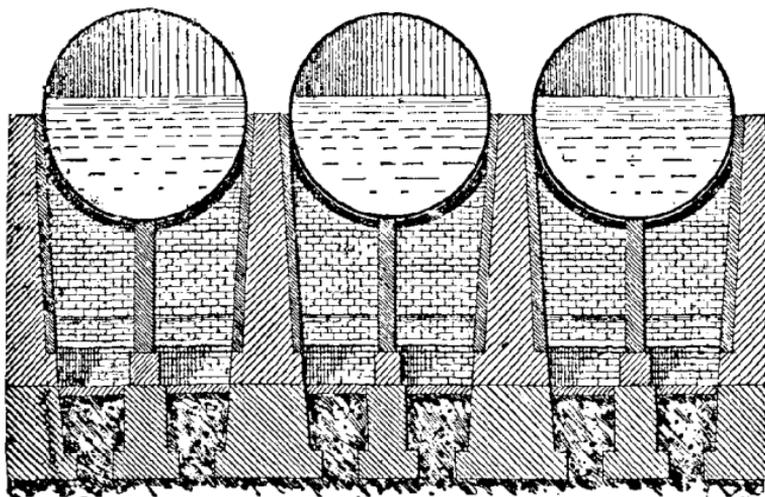


FIG. 25 — Chaudière cylindrique (section horizontale)\*.

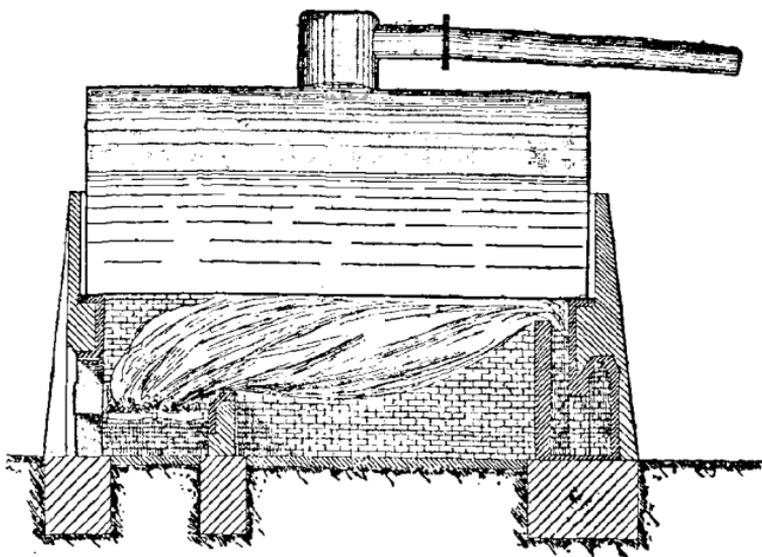


FIG. 26. — Chaudière cylindrique (section verticale)\*.

relier la chaudière au condenseur dont nous nous occu-

\* Les fig. 25, 26 sont empruntées au livre de Deutsch, *Le Pétrole et ses applications*. Paris, librairies-imprimeries réunies.

perons plus loin. Deux trous d'homme, placés l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure, permettent le refroidissement, la ventilation et le nettoyage de l'appareil. A l'extrémité postérieure, opposée au foyer, se trouve une vanne en fer ou en acier pour le décantage à chaud des résidus liquides.

**Chaudières à seize foyers.** — Leurs dimensions sont beaucoup plus considérables que celles des précédentes ; dans certaines on y peut traiter jusqu'à 3,500 barils de pétrole. Mais le plus souvent on se contente de leur donner un diamètre d'environ 4 mètres et une longueur de 9 mètres. Le massif en briques sur lequel on les fait reposer est circulaire, et présente dix-sept arches dont seize reçoivent des foyers tandis que la dernière donne passage au tuyau de vidange. Le fond est à double courbure comme le montre la figure 28. La conduite d'écoulement de la chaudière est placée sur le côté. Les produits distillés s'engagent par 3 tubes, dont 2 peuvent être fermés par des robinets (fig. 29), dans un tambour qui s'étend sur toute la longueur de la partie supérieure de la chaudière. Au tambour aboutissent quarante conduites de 75 millimètres de diamètre qui communiquent, par leur extrémité libre, avec les condenseurs. Les chaudières sont établies en tôle de chaudière de première qualité ; leurs fonds sont en tôle d'acier ayant de 7<sup>mm</sup>,5 à 10 millimètres d'épaisseur. Les couvercles se fixent le plus souvent au moyen de boulons filetés et d'écrous.

Elles sont munies de trous d'homme placés, l'un à la partie supérieure, l'autre près de la plaque du fond.

Le chauffage peut être effectué à la houille, à l'antracite, au coke, au pétrole ou à l'un quelconque de ses fractionnements. On fait presque toujours arriver dans le foyer les gaz incondensables qui prennent naissance pendant la distillation.

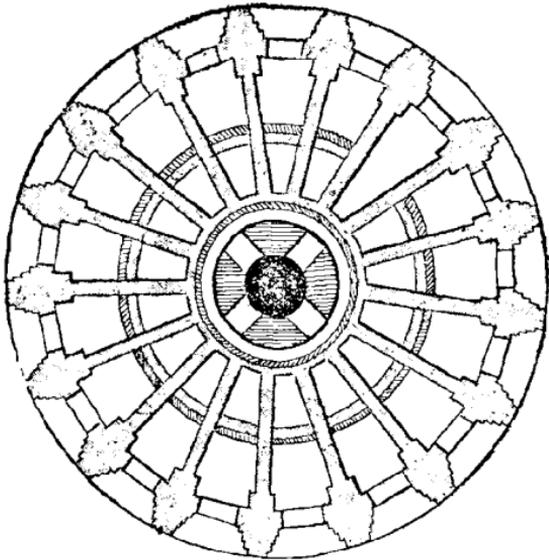


FIG. 27. — Chaudière à seize foyers (section verticale).

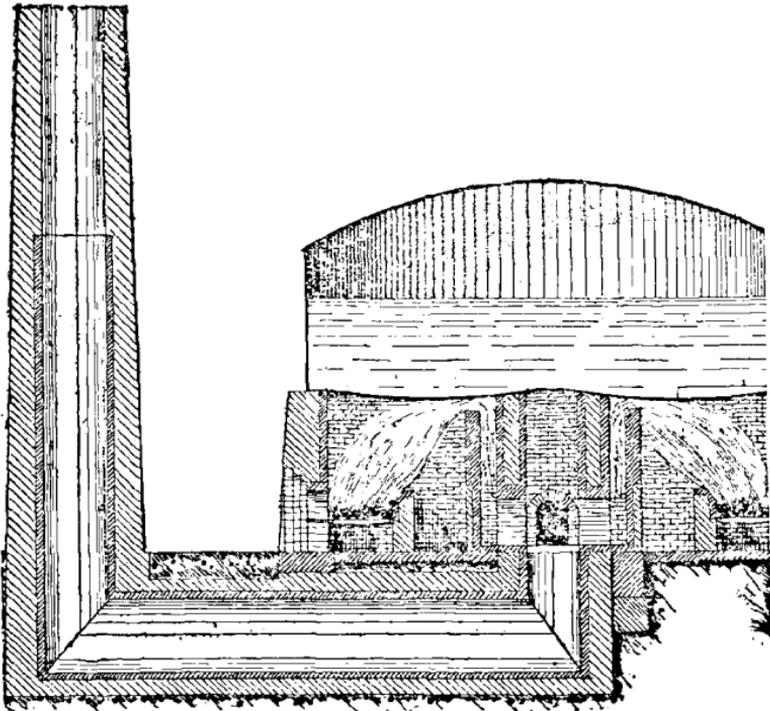


FIG. 28. — Chaudière à seize foyers (section horizontale).

Lorsque l'on se propose de faire intervenir la vapeur d'eau au cours de la distillation, on dispose à l'intérieur du dôme ou du tambour une conduite percée de trous destinée à l'introduction de la vapeur. Cette conduite a généralement la forme représentée figure 30. Le mélange de la vapeur d'eau aux vapeurs de pétrole modifie avantageusement la couleur et l'odeur des distillés, surtout quand il s'agit d'huiles provenant du cracking.

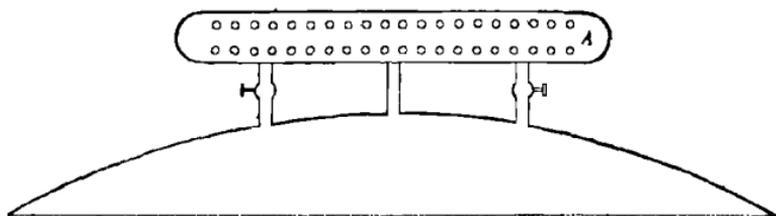


Fig. 29. — Section du tambour de condensation.

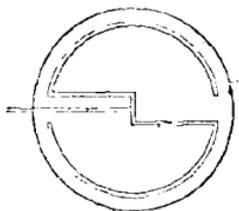


Fig. 30. — Section du tuyau de vapeur de la tête de l'alambic.

**Pompes à vide.** — Pour éviter que le produit distillé n'acquière, sous l'influence de l'élevation de température à laquelle on le soumet, une coloration et une odeur nauséabonde qui le déprécie, on a proposé d'effectuer la distillation dans le vide ou sous pression réduite, en reliant la conduite de dégagement des chaudières à une pompe à vide et en assurant, comme à l'ordinaire, la condensation par des condenseurs convena-

bles. Ce procédé est employé dans une usine de New-York, mais il ne semble pas s'être répandu.

**Condenseurs.** — Les condenseurs ont pour but de refroidir les produits distillés et de les faire repasser à l'état liquide. On peut leur donner telle forme que l'on désire et la seule condition à observer est un refroidissement complet. On a constaté que chaque fois que l'on augmente la capacité de l'appareil de condensation, on obtient un pétrole de meilleure qualité. Le liquide qui s'échappe des condenseurs ne doit pas être chaud, car il conserve longtemps cette chaleur et, sous son influence, ne tarde pas à brunir; de plus, il se laisse attaquer violemment par les acides que l'on emploie lors de l'épuration et ne fournit, même après cette opération, qu'un pétrole raffiné de mauvaise nuance.

Les condenseurs consistent généralement en tuyaux métalliques placés dans des réservoirs où circule de l'eau sans cesse renouvelée. Au début, on employait surtout le col de cygne, mais il fut bientôt remplacé par un grand collecteur en fer forgé. Un autre système consiste à capter les produits distillés dans un grand nombre de petits tuyaux en fer (au moins 40) auxquels on donne un diamètre de 50 à 75 millimètres. Ces tuyaux, fixés au dôme de la chaudière, traversent parfois le condenseur isolément; ils constituent alors autant de serpents qui se réunissent près du fond du condenseur et aboutissent à une conduite unique. D'autres fois, ces tubes ne s'étendent qu'à la partie supérieure du condenseur; ils se réunissent ensuite à une grande conduite, à laquelle on donne en haut un diamètre de 30 centimètres, mais qui va en se rétrécissant au fur et à mesure qu'elle se rapproche du fond de l'appareil.

Pour assurer un bon refroidissement, on doit disposer de surfaces assez grandes et l'on admet que, pour une chaudière de 600 barils, il faut au moins 300 mè-

tres de tuyaux de 15 centimètres de diamètre ou une longueur proportionnelle de tuyaux de moindre section. Enfin, la circulation de l'eau doit être active, surtout en été.

La réception des produits condensés peut se faire facilement, et à la volonté de l'industriel, dans l'un quelconque des récipients qu'il met en œuvre, par l'emploi de dispositifs très simples. La figure 31 empruntée à Peekmann représente l'un d'entre eux.

La conduite *a* dont l'extrémité, libre sur la figure,

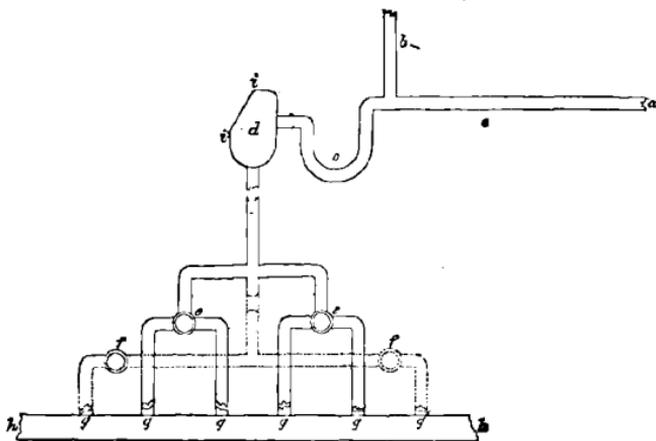


FIG. 31. — Appareil de distribution.

est reliée au condensateur, est munie d'un tuyau *b* qui permet aux gaz non condensés de s'échapper et de se rendre sous une chaudière où ils sont brûlés; *o* est destiné à empêcher les gaz de revenir en arrière. La boîte *d*, en fer travaillé, est munie d'une glace *i* qui permet à l'ouvrier ou plutôt au distillateur d'observer la couleur du produit condensé. Celui-ci tombe dans une conduite verticale qui se partage en un certain nombre de ramifications commandées d'une part par les robinets à 3 voies *e* et d'autre part par les robinets ordinaires *f*, ce

qui permet de faire arriver la veine liquide, par l'une quelconque des ouvertures *g*.

Chacune de ces ouvertures *g* communique, par un tuyau *h*, avec un récipient spécial. Il en résulte que la simple manœuvre de *e* et de *f* fait arriver le pétrole dans l'un ou l'autre des récepteurs.

### *Extraction des essences et des huiles lampantes*

Dès que les feux sont allumés sous la chaudière de distillation, le distillateur et le chauffeur doivent rester en communication constante, le premier dirigeant le travail et faisant activer ou diminuer les feux suivant la nature des liquides qui s'échappent des condenseurs.

Les produits les plus légers, désignés sous le nom générique de benzines, ne tardent pas à apparaître. Suivant les nécessités commerciales, le raffineur les recueille en bloc, ou les fractionne en une série de produits dont la densité va en s'élevant, chacun d'eux étant réservé à un usage particulier. Les dernières portions sont évidemment les plus lourdes; elles peuvent être recueillies dans le réservoir aux huiles lampantes, mais, dans ce cas, on n'obtient que des huiles de qualité inférieure parce que l'addition de ces essences lourdes abaisse le point d'inflammabilité (point d'éclair) des huiles auxquelles elles sont mélangées. Donc, suivant la qualité de l'huile lampante qu'il se propose de préparer, le distillateur recueillera une plus ou moins grande quantité de ces essences lourdes dans les réservoirs destinés à l'huile lampante qu'il recevra ultérieurement. Celles-ci auront par suite un point d'éclair plus ou moins élevé.

Les pétroles de luxe, par exemple, qui sont des produits à point d'éclair élevé, sont surtout formés par le cœur de la distillation, tandis que les pétroles ordinaires renferment en même temps et des essences et des huiles lourdes.

Il résulte des remarques précédentes que le moment auquel on arrête la production de la benzine brute est assez variable et que la densité de la première portion, recueillie dans le réservoir des huiles lampantes, oscille entre d'assez larges limites.

Ainsi lorsque l'on a en vue la production d'une huile ayant un point d'inflammabilité supérieur à 50° centigrades, on ne commence à recueillir dans le récipient à huiles lampantes que le produit marquant au moins 0,755, tandis que pour la préparation de produits plus ordinaires, à point d'éclair moins élevé, on peut commencer dès que le distillé pèse 0,730 et parfois moins.

Le fractionnement des benzines brutes s'effectue soit dans des chaudières chauffées par circulation de vapeur dans un serpentín placé près du fond, soit simplement dans des cornues cylindriques semblables à celles que nous avons décrites et dont la contenance moyenne varie de 500 à 1000 barils.

On recueille d'abord du cymogène dont la densité moyenne est de 0,630, ensuite passe le rhigolène qui pèse 0,636, enfin, on recueille successivement la gazoline qui varie de 0,640 à 0,670, le naphte dont la densité oscille entre 0,670 et 700 et les benzines qui marquent de 0,700 à 0,729. Les produits restants sont renvoyés aux réservoirs à pétrole ou aux huiles lampantes.

Comme le rhigolène et le cymogène sont gazeux à la température ordinaire, il faut, pour les recueillir à l'état liquide, les condenser en employant des mélanges réfrigérants ou en les soumettant à une pression convenable. Les mélanges de glace et de sel conviennent parfaitement pour cette première opération.

La durée de travail d'une charge est d'environ 48 heures. La proportion des produits légers varie beaucoup; on estime le rendement des trois premiers à 25 pour 100,

celui du naphte à 20 et 25 pour 100, et enfin celui de la benzine à plus de 40 pour 100. Le procédé employé à la désinfection des naphtes est le traitement par l'acide sulfurique; toutefois la quantité d'acide employée est moindre que pour les huiles lampantes, le brassage se fait avec des palettes rotatives et non au moyen d'une soufflerie, à cause de l'importante perte qu'on éprouverait par suite de la volatilité particulière de ces produits: un demi pour 100 d'acide suffit pour cette opération. On a proposé d'autres moyens de désinfection, tels, par exemple, qu'un mélange d'acide nitrique et sulfurique avec de l'alcool qui produirait des éthers, lesquels, dit-on, neutralisent et détruisent l'odeur de la benzine; on y a renoncé.

Après avoir séparé de l'huile brute les produits légers que nous avons désignés sous le nom générique de *benzines*, on augmente progressivement le feu et l'on recueille d'un seul jet une notable proportion d'huile lampante qu'on reçoit dans des réservoirs particuliers. Lorsque la couleur du produit distillé augmente, en même temps que sa densité, on modifie l'allure du foyer de façon à obtenir le *cracking*, c'est-à-dire à produire la décomposition de certains carbures plus lourds qui, par cette opération, se dédoublent et fournissent des hydrocarbures qui viennent augmenter le rendement en huile lampante. On obtient ce résultat en prolongeant l'action de la chaleur. Celle-ci doit être aussi élevée que possible, sans toutefois permettre la distillation des produits qu'on se propose de dissocier.

Lorsque l'on a recueilli, en même temps que l'huile lampante, des essences lourdes proprement dites, on a coutume d'y ajouter une certaine quantité d'huiles lourdes afin d'en remonter la densité. Ces pratiques ont pour résultat de fournir des produits qui, au point de vue de l'éclairage, ont des qualités très diverses.

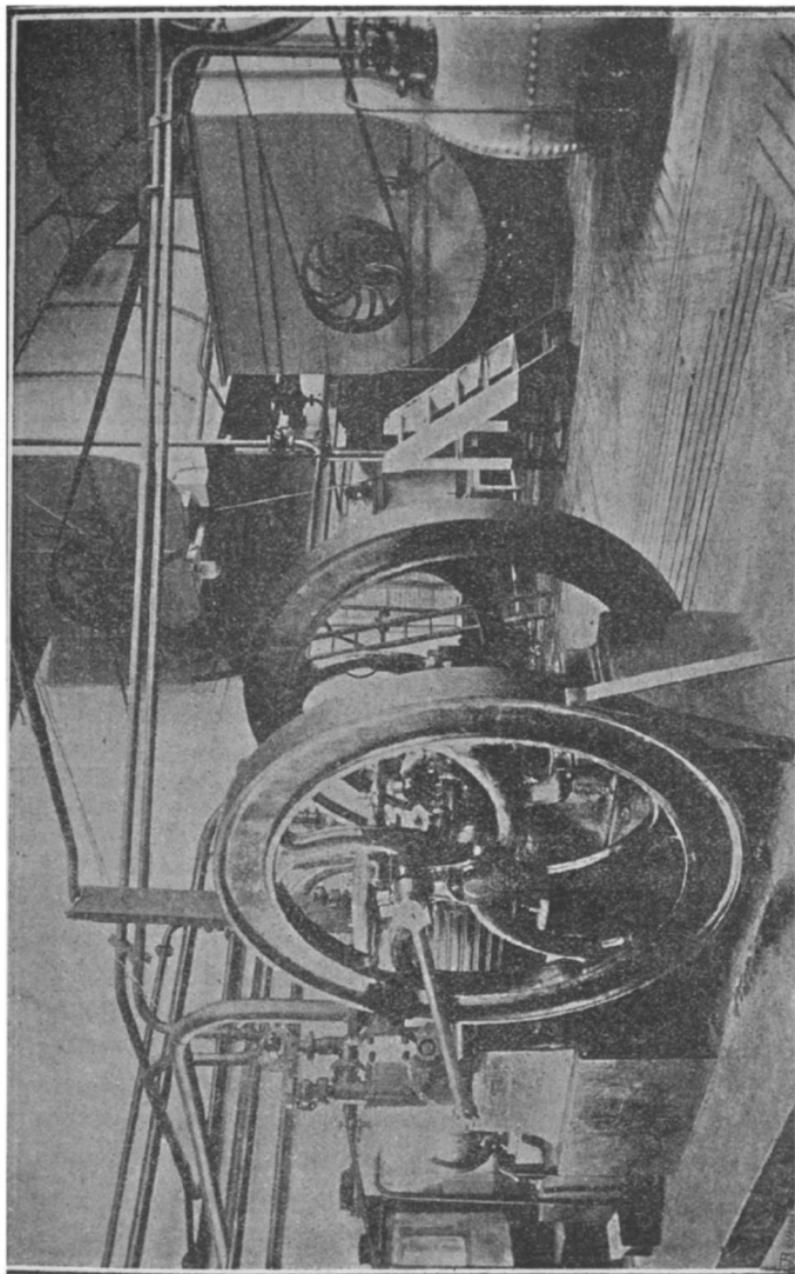
*Épuration chimique des essences et des huiles lampantes*

Les huiles lampantes ainsi obtenues ont une odeur désagréable et une coloration plus ou moins marquées. L'épuration chimique a pour but de faire disparaître l'une et l'autre. Elle est basée sur l'action qu'exerce l'acide sulfurique monohydraté sur les divers hydrocarbures, et peut se résumer de la façon suivante :

|                                                                            |                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Hydrocarbures saturés de la série grasse<br>et Naphthènes.                 | } Peu altérés.                                                              |
| Hydrocarbures aromatiques. . . . .                                         |                                                                             |
| Hydrocarbures incomplets : oléfines,<br>carbures du groupe de l'acétylène. | } Donnent des sulfoconjugués<br>qui restent en dissolution<br>dans l'acide. |
|                                                                            |                                                                             |

L'épuration se pratique en agitant les produits distillés avec l'acide sulfurique. Il importe, pour produire une bonne épuration, d'obtenir un contact aussi intime que possible entre les diverses parties de la matière à épurer et du produit épurant. Comme la différence de densité de ces deux liquides est considérable, on doit nécessairement avoir recours à des mélangeurs puissants ; de plus, il faut que le liquide le plus lourd soit constamment remonté ou aspiré de la partie inférieure et projeté à travers le plus léger dans le plus grand état de division possible, car la rapidité et l'intensité de l'épuration croissent lorsque l'on augmente l'état de division de l'agent actif. De plus, il y a intérêt à produire la purification le plus rapidement possible, la pratique ayant montré qu'en agissant ainsi, on facilitait les opérations ultérieures et que le produit final était de qualité supérieure.

Les agitateurs à air comprimé, qui sont les plus récents, sont ceux qui réalisent le mieux les conditions que nous venons d'exposer, aussi les a-t-on généralement adoptés pour la purification des huiles lampantes, tandis



**Fig. 32.** — Appareils de raffinage des essences.  
D'après une photographie communiquée par MM. Desmarais frères.

qu'on a du conserver l'usage des agitateurs à palettes ou à piston pour le traitement des essences. Dans cette dernière catégorie d'appareils, le mouvement est communiqué à la masse au moyen d'une tige animée d'un mouvement vertical assez rapide. Cette tige se termine par un disque qui donne au liquide un mouvement d'ascension qui a pour effet d'entraîner et de mélanger l'agent chimique avec l'huile à traiter.

La figure 32 représente l'un de ces appareils employé à l'usine Desmarais du Havre.

L'agitateur à air comprimé (fig. 33) consiste essentiellement en un cylindre en tôle, doublé de plomb, plus haut que large, dont la capacité variable dépasse parfois 2000 barils. Son fond, terminé par un entonnoir, est muni d'un tuyau de vidange par lequel s'écoulent les agents chimiques quand leur action est terminée. Ce cylindre repose généralement sur une maçonnerie circulaire.

L'air est envoyé dans l'appareil par une tubulure piquée sur le cône inférieur; il y est refoulé sous une pression de 1 à 2 atmosphères par des pompes à grand débit.

L'acide nécessaire à l'épuration étant contenu dans un réservoir spécial, on l'introduit dans l'agitateur en trois fois successives. L'alimentation s'effectue en faisant agir de l'air comprimé au-dessus du niveau de l'acide dans le réservoir qui le contient; par suite de la pression exercée, le liquide acide passe, par l'intermédiaire d'une conduite, dans l'agitateur.

Il est très important de se rendre exactement compte de la température de l'huile à traiter; celle-ci doit être inférieure à 17°. Dans le cas où les produits sortant des condenseurs sont à une température plus élevée, il est nécessaire de les refroidir soit en les faisant circuler dans une tuyauterie placée sous l'eau froide, soit en

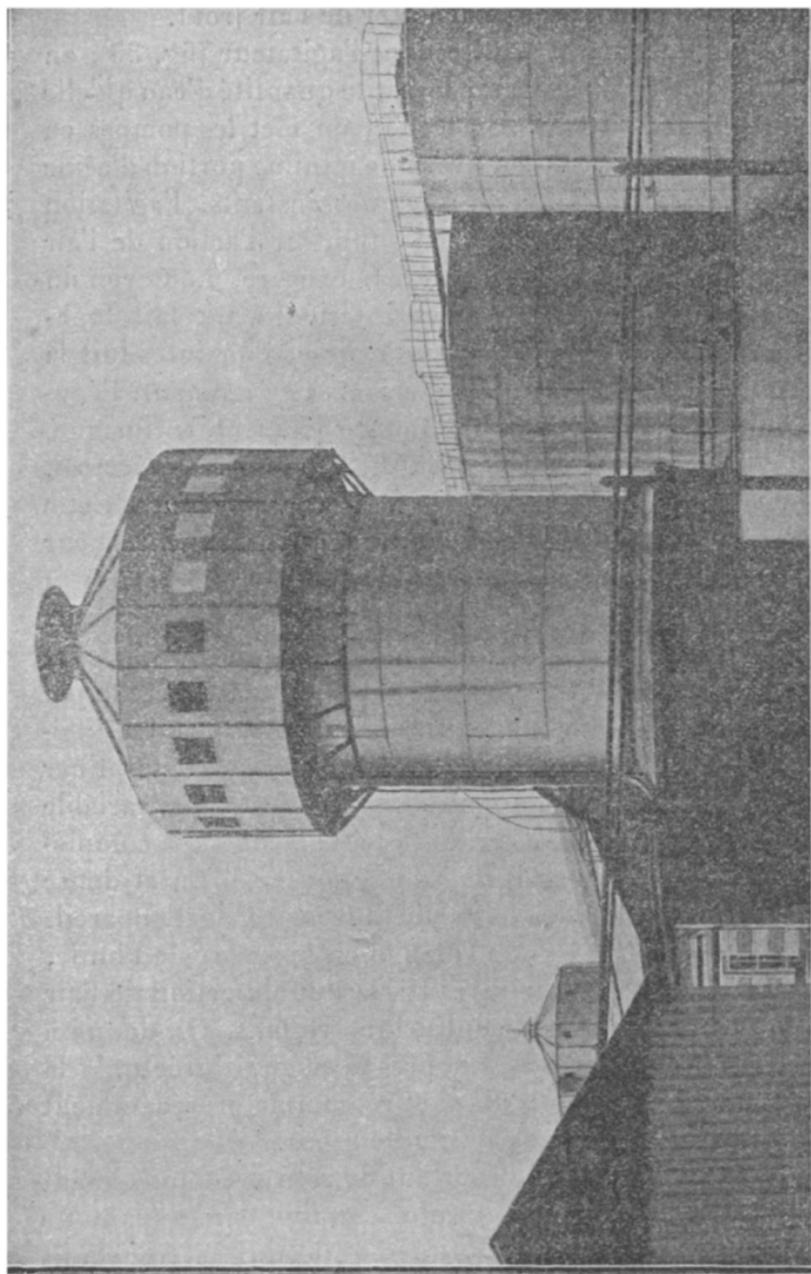


Fig. 33. — Agitateur pour le raffinage du pétrole.  
D'après une photographie communiquée par M.M. Desmarais frères.

entourant de glace les récipients qui les contiennent, ou encore en y faisant barbotter de l'air froid.

L'huile étant introduite dans l'agitateur (fig. 33), on commence par en séparer la petite quantité d'eau qu'elle peut encore retenir. A cet effet, on met les pompes en mouvement et on fait arriver une minime portion d'acide sulfurique. Au bout de quelques instants, l'agitation complète étant obtenue, on supprime l'action de l'air comprimé et on laisse reposer. On sépare, au moyen du tuyau de vidange, la couche inférieure, on fait fonctionner à nouveau la pompe à air et l'on introduit la moitié de la charge totale d'acide. A ce moment, l'épuration commence. Sous l'influence de l'acide sulfurique, le pétrole brunit et la température de la masse s'accroît, en même temps il se dégage de l'acide sulfureux. Cette première phase dure environ trois quarts d'heure pour des agitateurs d'une capacité de 1000 à 1500 barils; sa durée est nécessairement plus longue avec des appareils plus importants. Lorsque l'action paraît terminée et quand la température n'augmente plus, on arrête le jeu des pompes et on abandonne la masse au repos. La différence de densité des 2 liquides ne tarde pas à déterminer leur séparation et, au bout d'un certain temps, variable suivant la quantité d'huile traitée, l'acide s'est complètement séparé sous forme d'un liquide brun et dense qui s'est rassemblé à la partie inférieure de l'appareil. Au moyen du tuyau de vidange on le sépare de l'huile, que l'on soumet de nouveau à la double action de l'air comprimé et de l'acide sulfurique restant. On donne à cette seconde phase à peu près la même durée qu'à la première après quoi, on soutire comme précédemment l'acide qui se sépare par simple repos.

Comme il est très important de retirer complètement l'acide, il arrive souvent qu'on élimine par le tuyau de vidange une petite quantité d'huile qui se trouverait

perdue si le raffineur n'avait soin de recueillir tous ces liquides dans des réservoirs spéciaux, doublés de plomb, d'où il en extrait par dépôt et décantation, non seulement les huiles ainsi entraînées, mais aussi les goudrons enlevés par l'acide.

Quelques industriels adaptent à leurs agitateurs des dispositifs destinés à prévenir les incendies. Le système adopté par MM. Deutsch consiste en une *araignée* placée à la partie supérieure; elle est formée par deux tuyaux disposés en croix et reliés à une série de tubes en anneaux concentriques. Tous ces tubes sont percés de trous et, en cas d'inflammation du liquide, ils peuvent être mis en relation avec les générateurs et lancer à la surface du liquide de puissants jets de vapeur qui, généralement, suffisent à éteindre le feu.

Dans le cas où l'incendie n'aurait pu être arrêté par ce moyen, une disposition de tuyauterie spéciale permet de substituer de l'eau à l'huile qui se trouve alors décantée par le haut et dirigée dans des réservoirs éloignés.

La quantité d'acide sulfurique exigée par cette opération varie un peu avec la couleur des produits à raffiner: on l'évalue en moyenne à 1 1/2 pour 100. En France, les produits distillés renfermant plus d'oléfines, on doit employer jusqu'à 3 pour 100 d'acide.

Lorsque le battage à l'acide est terminé, l'huile séparée des goudrons est jaune paille clair. On la lave d'abord avec de l'eau qui est amenée dans l'agitateur au-dessus de l'huile par des conduites percées de trous et disposées soit suivant la circonférence, soit suivant l'axe de l'agitateur. Cette eau, qui arrive sous pression, pénètre à travers l'huile, s'empare de l'acide et s'échappe par le fond de l'appareil. Quand l'eau de lavage ne décèle plus de traces appréciables d'acidité, on arrête l'arrivée d'eau et on introduit 1 pour 100 d'une solution de soude caustique à 12° Baumé que l'on fait agir sur l'huile en

injectant de l'air comprimé comme dans le traitement à l'acide sulfurique. Au bout d'une demi-heure, cette opération est terminée, on laisse reposer et on soutire la lessive alcaline.

Après le traitement à la soude, on fait quelquefois un lavage à l'eau, mais cet usage n'est pas général.

Ainsi obtenues, les huiles lampantes renferment encore un peu d'eau dont on doit les débarrasser. A cet effet, on les fait arriver dans des bacs de décantation établis en tôle de chaudière et munis de serpentins destinés à réchauffer les huiles pendant les froids de l'hiver. Quelquefois les parois du bac sont recouvertes de peinture blanche.

Comme l'exposition des huiles à la lumière a pour effet de les blanchir et de leur donner du brillant, on dispose les réservoirs de dépôt de telle façon que l'huile qu'ils renferment soit soumise à la triple influence du repos, de l'air et de la lumière.

On est ainsi amené à n'employer que des bacs peu profonds, généralement établis à l'air libre et protégés seulement par un toit contre la pluie. Pour favoriser l'accès de l'air, chacune des cuves de dépôt est munie d'un tuyau qui, partant du centre, s'élève verticalement suivant l'axe. Ce tuyau se termine, à sa partie supérieure, par un certain nombre de tuyaux rayonnants percés de trous. C'est au moyen de ce système que l'on fait passer, en faisant fonctionner des pompes, le pétrole dans les réservoirs. Il en résulte un contact intime entre toutes les parties de l'huile et l'air, contact qui exerce une heureuse influence sur la qualité du produit final.

Cette tuyauterie peut d'ailleurs jouer un autre rôle; lorsque les huiles lampantes fabriquées ont un point d'éclair un peu trop faible, on peut le relever en faisant circuler l'huile dans des bacs munis de ce dispositif. Les différentes portions du pétrole se trouvant en contact

avec l'air, les portions légères s'évaporent et l'on arrive aisément, par ce moyen, à relever de 2° le point d'inflammabilité des produits fabriqués.

On peut aussi enlever au pétrole ses dernières traces d'eau en le filtrant successivement sur du sel marin et sur de la sciure de bois. L'huile à traiter arrive d'un réservoir, par la partie inférieure du filtre à sel qui est placé en contre bas. Cette dénivellation assure la marche ascendante du liquide qui, après avoir traversé le sel marin, s'écoule par un trop plein dans le filtre à sciure. Il s'échappe de celui-ci par une rigole unique et horizontale, percée d'un très grand nombre de petits trous d'où il tombe dans les bacs de réception. Les filtres à sel et à sciure sont disposés dans un local bien éclairé.

Les procédés précédemment décrits permettent d'obtenir aisément des huiles neutres et incolores, surtout lorsqu'en même temps que la soude caustique, on fait intervenir l'ammoniaque; mais lorsque la purification doit porter sur des huiles plus ou moins décomposées, qui renferment par conséquent d'importantes quantités d'oléfines, les huiles obtenues contiennent, même après lavage à la soude et à l'ammoniaque caustique, des composés sulfoconjugués qui, en brûlant, répandent de l'acide sulfureux dans l'air et noircissent la mèche de la lampe dans laquelle on les brûle, ce qui n'est pas sans présenter un certain danger étant donné les propriétés irritantes de l'acide sulfureux.

On prétend que l'on peut éviter ces inconvénients en *rectifiant* les huiles épurées sur de la soude caustique. Ce traitement, préconisé par la « Downer Company », a toujours fourni des huiles d'une qualité exceptionnelle lorsqu'il s'appliquait à des carbures renfermant peu d'oléfines et il ne semble pas improbable qu'il puisse contribuer à augmenter les qualités des huiles de décomposition.

Lorsqu'une huile renfermant des sulfocomposés est soumise à la distillation, il passe d'abord une huile à brûler légère, puis il se produit un rapide dégagement de gaz acide sulfureux qui souvent est accompagné d'un accroissement de coloration des produits restant dans la cornue. Finalement, il se dépose du soufre dans le col de la cornue, puis de l'hydrogène sulfuré prend naissance et il reste dans la cornue une masse charbonnée, à réaction acide.

Parfois il arrive que des pétroles bien préparés se troublent à la longue, le liquide prend un aspect semblable à celui qu'il aurait si on lui avait ajouté de l'eau. Des essais dus à M. A. Veith<sup>1</sup> ont montré que ce phénomène résultait de la formation et de la précipitation de sels organiques sulfonés et qu'on pouvait l'éviter en soumettant le pétrole à la double influence de l'air et de la lumière.

Pour empêcher les pétroles raffinés de prendre cet aspect qui déplaît autant au producteur qu'au consommateur, on a proposé de priver le pétrole d'acides organiques en l'agitant avec une lessive de soude caustique et séparant la liqueur aqueuse puis raffinant à l'acide sulfurique, lavant à l'eau, à la soude, puis enfin à l'eau pour éliminer les dernières portions d'alcali.

Pour l'éclairage des phares et des feux d'avant des locomotives, on emploie une huile spéciale, connue sous le nom de spermaceti minéral dont le caractère spécial est de posséder un point d'inflammabilité élevé (150° centigrades). Sa densité est de 0,845.

On l'obtient en redistillant sur une lessive de soude le pétrole raffiné dont les portions pèsent de 0,826 à 0,868 et qui ont été préalablement épurées à l'acide et à la soude.

1. Dingler's Polytechnisches Journal. 1890, p. 567, t. 277.

*Traitement des huiles à paraffine*

Dès que les essences et les huiles lampantes ont été extraites, on éteint les chaudières de distillation et, au moyen de pompes, on fait passer le liquide des cornues dans un réservoir de repos où on l'abandonne pendant plusieurs jours. Entre la chaudière et le réservoir, se trouve un serpentín réfrigérant qui refroidit les liquides évacués de la cornue.

Par le repos, les parcelles de coke qui ont pris naissance pendant la distillation se rassemblent au fond du bac ; l'huile clarifiée est soutirée par la manœuvre d'un robinet placé à la partie inférieure, à 30 centimètres environ du fond du réservoir. Le résidu est enlevé au moyen de trous d'hommes placés sur le côté et au fond du réservoir. On l'emploie, mélangé au coke ou à la houille, pour le chauffage des chaudières. Quant aux huiles, on les envoie dans des chaudières en fonte où on les redistille.

La condensation des hydrocarbures vaporisés est assurée par des condenseurs qui consistent en tuyaux métalliques plongeant dans de l'eau froide ou simplement établis à l'air. Dans le 1<sup>er</sup> cas, on doit pouvoir réchauffer à volonté l'eau du réfrigérant, afin que, sous l'influence des froids de l'hiver, l'huile ne puisse se concréter dans les tuyaux de condensation, ce qui provoquerait des explosions dangereuses. Dans le second cas, on emploie des tubes en fonte ou en fer, ayant de 0,20 à 0,25 de diamètre ; ils s'élèvent en pente douce au-dessus de la chaudière et sont munis de distance en distance d'issues qui livrent passage aux huiles les plus denses, qui se sont condensées les premières.

Les produits recueillis sont de plus en plus denses ; leur coloration croît au fur et à mesure que la distillation s'avance. Les premières portions distillées sont

assez légères pour pouvoir être mélangées aux pétroles bruts à distiller. Les secondes portions sont recueillies jusqu'à ce qu'elles pèsent 0,847; on les mélange au second pétrole d'éclairage pour les soumettre à nouveau à la distillation et en extraire des huiles lampantes. On recueille les portions suivantes jusqu'à la densité de 0,868; elles sont riches en paraffine. On les purifie à l'acide avant d'en extraire la partie solide. Enfin, les dernières parties restant dans la chaudière ne s'éliminent que sous l'influence d'une très forte température.

Vers la fin de l'opération, un peu avant qu'il ne reste que du coke dans la chaudière, il se produit une substance résineuse, jaune clair, consistante à la température ordinaire, dont la densité est d'environ 1,25 et que l'on emploie pour remonter la densité de certaines huiles de graissage dans lesquelles elle est très soluble. C'est de cette substance que l'on a extrait des corps fluorescents, tels que le thallène et le pétrolucène.

Quelques industriels préfèrent augmenter leurs pertes pour dépenser moins de charbon (et probablement augmenter la durée de leurs appareils) et, au lieu de distiller jusqu'au coke, ils retirent de leurs chaudières un brai noir qu'on emploie pour calfater les navires.

La purification à l'acide des huiles qui renferment de la paraffine est basée sur les mêmes principes que la purification chimique des huiles d'éclairage, mais, en raison de la nature spéciale des corps à traiter, il faut éviter que la température ne puisse, en aucun cas, être assez peu élevée pour déterminer la solidification complète ou partielle de la masse à traiter.

Dans ce but, l'agitateur est à doubles parois, entre lesquelles on fait, à volonté, affluer la vapeur au moment voulu. La matière à traiter doit être à une température aussi peu élevée que possible, mais on devra l'échauffer

suffisamment pour la maintenir en complète fusion à l'intérieur de l'agitateur. La purification des huiles à paraffine consomme plus d'acide sulfurique que la purification des huiles lampantes. On est en effet obligé d'employer de 3 à 5 pour 100, en volume, d'acide sulfurique. L'action est énergique, la masse brunit, de l'acide sulfureux se dégage, et, par le repos, il se forme un goudron épais pour l'évacuation duquel il est indispensable d'employer des conduites ayant un diamètre assez grand.

Après séparation des goudrons acides, la masse, toujours maintenue en fusion, est lavée à l'eau alcaline. Après repos, l'huile est envoyée dans des réservoirs de clarification où on la maintient à l'état liquide par un serpentin dans lequel circule de la vapeur. Il se sépare une couche aqueuse plus dense que l'on évacue par un robinet fixé au fond du réservoir, puis on amène l'huile dans des réservoirs refroidis artificiellement par circulation à travers un serpentin, d'une solution de chlorure de magnésium refroidie par des machines Carré ou autres. Dans certaines usines, on emploie simultanément des machines frigorifiques à l'ammoniaque et à l'acide sulfureux.

Là, l'huile est abandonnée pendant 48 heures. Au bout de ce temps, elle a pris totalement la consistance solide, on l'introduit dans des sacs en coton et on la soumet à l'action de la presse, pour en séparer d'une part la paraffine et d'autre part l'huile lourde.

On ne doit faire agir la presse hydraulique que progressivement car, si au début la pression est trop forte, une notable portion de paraffine traverse les mailles du sac et passe avec l'huile à laquelle elle communique la propriété de se figer aisément. La pression doit être lente et progressive. L'huile lourde raffinée ainsi extraite pèse environ 0,868 ; si elle est bien filtrée, son point

de congélation est à  $-1^{\circ}$  centigrade, et son point d'inflammabilité à  $162^{\circ}$  centigrades. On l'emploie directement pour le graissage, ou on la fractionne à nouveau pour en séparer des produits demandés pour des applications particulières.

Il faut traiter environ 1 hectolitre d'huiles pour paraffine purifiées, pour produire 10 kilogrammes de paraffine brute. Extraite des sacs, cette paraffine est toujours colorée, plus ou moins, suivant la qualité de l'huile de laquelle on la retire; en tous cas, sa couleur varie du jaune clair au vert. Nous reviendrons plus loin sur la purification de cette paraffine.

Les huiles lourdes séparées de la paraffine peuvent être redistillées par passage de vapeur d'eau à  $145-150^{\circ}$  et fractionnées en trois portions :

La première, qui représente environ 23 pour 100 de la masse, pèse moins de 0,835; on la dirige dans les réservoirs à huile brute. La seconde, qui pèse environ 0,865, sert à préparer les huiles neutres ou bien elle est distillée à nouveau et fractionnée en plusieurs catégories. Pour préparer les huiles neutres, on n'emploie que les produits incongelables à  $0^{\circ}$ , et on les rend incolores et inodores en les filtrant sur du noir animal et les exposant, sous une faible épaisseur, dans des réservoirs établis en plein air. Cette dernière opération fait notamment disparaître la fluorescence de ces huiles trop maigres pour pouvoir être employées pour le graissage des pièces mécaniques mais qui, convenablement mélangées à des huiles animales, fournissent d'excellentes huiles de graissage pour les pièces qui ne doivent pas fonctionner avec une trop grande vitesse.

Il reste la dernière portion, qui représente environ les quarante centièmes du produit distillé; elle pèse de 0,910 à 0,925 et sert pour la préparation des huiles à broches et à pièces mécaniques.

En modifiant un peu la marche de la distillation de façon à produire plus d'huiles à 0,910-0,925, on arrive à préparer des huiles pesant en moyenne 0,930 très bonnes pour le graissage des pièces tournant sous une pression élevée avec une vitesse relativement faible. Ces huiles sont visqueuses et ont un point d'éclair élevé.

Enfin, on produit des huiles à machine, de qualité supérieure, à forte densité et à point d'éclair élevé en soumettant l'huile provenant de la pression de la paraffine à l'action de la vapeur surchauffée qui entraîne les produits légers et enlève toute odeur aux huiles. Après cette opération, l'huile est maintenue en repos dans des réservoirs chauffés par circulation de vapeur à travers un serpentín. Elle se sépare de l'eau qu'elle avait conservée; on ne l'extrait que lorsqu'elle est parfaitement limpide.

### *Purification de la paraffine*

La paraffine brute, extraite par refroidissement et pression des huiles lourdes, est toujours plus ou moins colorée. On la fait fondre par l'action de la vapeur d'eau et on y ajoute 1 pour 100 de lessive de soude caustique. Lorsque le traitement étant terminé, on en a séparé l'eau de condensation, on y ajoute environ 25 pour 100 de benzine de pétrole et on malaxe jusqu'à obtention d'une bouillie homogène que l'on fait passer, au moyen de grandes cuillers, dans des réservoirs en étain, à large surface, dont la capacité varie généralement de 20 à 40 litres et on abandonne ces chaudrons et leur contenu pendant 3 à 4 jours dans une chambre réfrigérante dont la température est maintenue entre — 3 et — 4°. Il se sépare des cristaux de paraffine que l'on comprime à nouveau dans des sacs en toile pour

en séparer les portions liquides. Les larges cristaux de paraffine obtenus dans cette seconde pression conservent encore une teinte grisâtre. Leur point de fusion est à 55° environ. La liqueur mère séparée par la presse est envoyée dans des réservoirs à résidus où on l'accumule jusqu'à ce qu'il y en ait suffisamment pour qu'on puisse la pomper dans une chaudière spécialement réservée à cet effet, et la fractionner en diverses portions que l'on répartit suivant leur nature.

Pour faire disparaître la teinte grise de la paraffine ainsi obtenue, on a proposé de la décolorer par le noir animal. A cet effet, on la chauffe suffisamment pour l'amener à l'état de fusion et on y incorpore une certaine quantité de noir animal (3 à 6 pour 100). On brasse parfaitement la masse, de préférence en y injectant un courant d'air, puis, lorsque le mélange est intime, on laisse reposer pour permettre aux particules de noir les plus grossières de se rassembler au fond du bac. La paraffine en fusion retient encore à ce moment une certaine quantité de noir en suspension; on l'en prive en la filtrant à chaud, soit sur des filtres de papier, soit sur un tissu métallique recouvert de flanelle.

On recueille ainsi, à la sortie du filtre, une veine liquide parfaitement incolore et transparente.

Les figures 34 et 35 représentent un des dispositifs adoptés. On y voit les chaudières A dans lesquelles le brassage de la paraffine et du noir est effectué, les filtres B, ainsi que les tuyaux de vapeur qui maintiennent une température de 70 à 80°.

Le raffinage des paraffines claires préalablement purifiées par traitement aux benzines de pétrole peut aussi être effectué par l'action chimique de l'acide sulfurique, de la même façon qu'on purifie les huiles par le même agent. L'incorporation de l'acide est effectuée quand la paraffine est en fusion. L'agent décolorant est ajouté

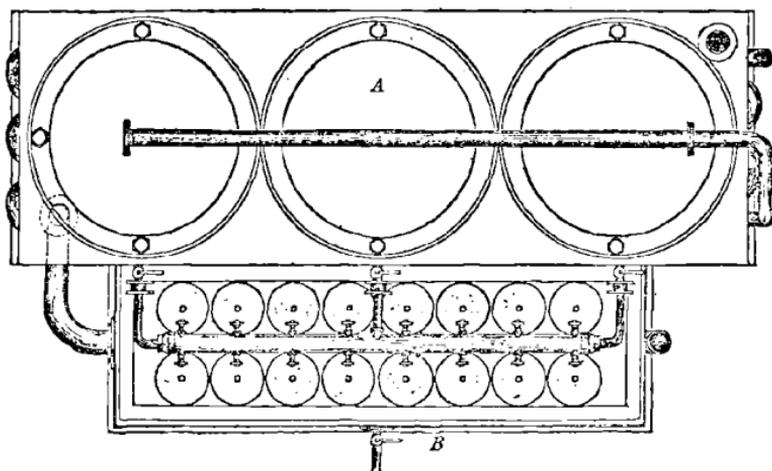


FIG. 34. — Appareil Ramdohr, pour filtrer la paraffine. Coupe horizontale.

*A*, appareil mélangeur, *B* filtre.

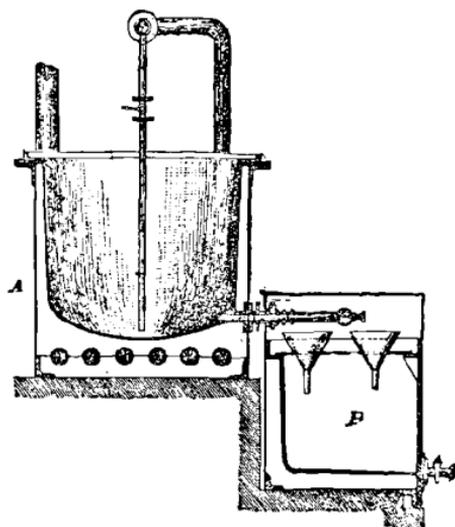


FIG. 35. — Appareil Ramdohr, pour filtrer la paraffine.

*A*, appareil mélangeur, *B* filtre.

par petites portions; en même temps, on soumet la masse à une vive agitation. Il résulte de l'action énergique de l'acide sulfurique un important dégagement d'acide sulfureux dont on assure le départ au moyen d'une hotte qui, recouvrant l'agitateur, conduit les gaz à une cheminée. Lorsque l'action s'est prolongée pendant une demi-heure, on laisse reposer pour séparer l'acide noir et dense qui se rassemble à la partie inférieure, on ajoute 5 pour 100 de lessive de soude à 2° B, et l'on remet l'agitateur en marche. Il ne reste plus qu'à séparer par repos et décantation la lessive alcaline de la paraffine qui la surmonte, et l'on maintient la cire de paraffine en fusion jusqu'à ce que, ayant perdu tout l'eau qui y était mélangée mécaniquement, elle ait pris un aspect brillant. Ainsi obtenu, ce produit est presque incolore après refroidissement.

Un procédé rapide de raffinage de la paraffine consiste à y incorporer de la benzine, à former le magma, à presser et à recommencer ces diverses opérations jusqu'à obtention d'une masse suffisamment blanche. Ce procédé économique est loin de fournir d'aussi beaux produits que le précédent.

L'argile est considérée comme l'un des meilleurs agents décolorants de la paraffine. Voici, suivant Vehrigs, comment on l'emploie depuis quelques années dans des usines qui en ont obtenu le meilleur résultat: L'argile réduite en farine impalpable dans un broyeur est tamisée puis réchauffée une demi-heure avant l'emploi, dans une marmite de fonte émaillée, de manière à arriver à peu près à la température de 400° au bout de la demi-heure. Durant ce chauffage, l'argile paraît foisonner, elle peut être facilement remuée au moyen d'une tige ou d'une pelle en fer comme une poudre légère et mobile. La dessiccation achevée, on mélange l'argile qui est à environ 300°, avec la paraffine fondue.

*Préparation spéciale de la vaseline*

Lorsque l'on a spécialement en vue la fabrication de la vaseline, on ne peut extraire en même temps la paraffine et les huiles de graissage. La matière première est l'huile lourde séparée des essences et des huiles lampantes<sup>1</sup>. Cette huile est évaporée sous une hotte de fort tirage dans des chaudières en fonte aussi remplies que possible ; par ce moyen, les vapeurs ne se condensent pas sur les parois du vase pour retomber dans la chaudière, ce qui est un point capital, parce que ce sont ces produits qui donnent à la vaseline une odeur et une causticité qui doivent être absolument évitées.

Un couvercle mobile est établi et peut être abaissé sur la chaudière en cas d'incendie ; des portes en fer ferment l'enceinte pour que le tirage ait lieu en entier dans la cheminée et soit très rapide.

L'huile ainsi concentrée est jetée sur de grands filtres en tôle (fig. 36), rappelant les formes à pains de sucre, chargés de noir animal, de tourbe spéciale, ou d'argile préalablement cuite semblable à celle qu'on emploie pour la purification de la paraffine. Ces filtres sont disposés au nombre de 90 sur 9 rangées de 10, dans une étuve en maçonnerie chauffée.

La partie évasée des filtres est au ras de la surface supérieure de l'étuve et le reste est enfermé dans l'étuve. La vaseline filtrée est reçue dans 9 rigoles inclinées vers l'avant du four, d'où elle s'écoule dans des vases appropriés ; l'huile est brune, blonde ou blanche, suivant qu'elle a subi une, deux ou trois filtrations.

On ne perd pour ainsi dire pas d'huile dans la filtration, parce que le noir, la tourbe ou la terre épuisés

1. Journal de pharmacie et de chimie, 1893.

sont traités, dans un réservoir clos, par du pétrole neuf que l'on emploie dans les autres opérations. Le décolorant est ensuite chauffé pour en retirer l'huile qui l'imprègne, puis il est revivifié par le feu.

Les huiles à vaseline peuvent aussi être décolorées par l'acide sulfurique. Dans ce cas on doit opérer sur des produits deshydratés par décantage, filtration sur le chlorure de sodium, ou traitement au chlorure de calcium ou à la glycérine suivant la nature de l'huile. On mélange ensuite dans des agitateurs en plomb, et par injection d'air, avec 2 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B. Après repos et séparation de l'acide, on recommence cette opération en employant 8 pour 100 d'acide ce qui demande environ 4 à 5 heures. Il est préférable de n'employer ces 8 parties d'acide qu'en 4 fractionnements d'égale valeur qu'on ajoute à intervalles de 30 minutes. On évite que le mélange ne s'échauffe. Suivant la nature de l'huile, on doit dans certains cas prendre un acide un peu plus fort, ou y ajouter une minime proportion de chlorure de zinc pour augmenter son action. Souvent, il est indispensable de faire un troisième traitement à l'acide, en employant cette fois une proportion de 10 pour 100, mais, dans d'autres cas, cette troisième opération devient inutile.

Après repos et décantations successives, l'huile est lavée avec 20 pour 100 d'eau chaude, sans agitation à l'air comprimé. Après 30 minutes, l'eau est soutirée, puis renouvelée jusqu'à ce que les liquides décantés n'aient plus de réaction acide, et l'on termine par un lavage avec 5 pour 100 d'une lessive de soude à 6-8° Baumé.

Lorsqu'on traite des huiles épaisses, il y a avantage à les diluer avec des benzines de pétrole bouillant entre 80 et 110°, mais, dans ce cas spécial, on doit, bien entendu, opérer l'agitation en vases clos munis d'agitateurs mécaniques et supprimer l'arrivée d'air.

On enlève finalement aux huiles traitées l'odeur désagréable qu'elles peuvent avoir en y injectant à la pression ordinaire de la vapeur d'eau et on termine la décoloration par le noir.

Divers procédés ont été proposés pour la préparation de la *vaseline artificielle*, voici l'un d'eux :

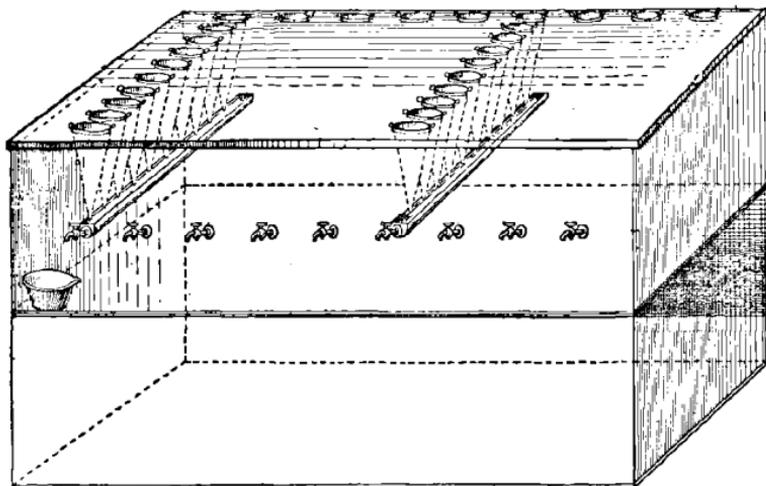


FIG. 36. — Préparation de la vaseline.

L'huile lourde du commerce, pesant 0,840 à 0,850, est épurée 2 fois à l'acide sulfurique concentré et une fois à la soude; chaque traitement est suivi d'un repos et de lavages à l'eau. Le produit est distillé dans un courant de vapeur surchauffée, mis à digérer pendant 24 heures avec 10 pour 100 de chlorure de zinc, dans un tonneau tournant, puis agité à l'air avec 2 pour 100 d'hydrosulfite de soude et lavé. On opère sur 200 kilogrammes de paraffine qu'on introduit dans une chaudière sphérique entourée d'un manchon où l'on fait arriver de la vapeur qui élève la température à 150°

environ et l'on injecte de l'air chaud dans la paraffine pendant 2 heures.

On ajoute alors 200 kilogrammes d'huile purifiée, on continue à chauffer sous pression pendant 24 heures, on introduit 20 kilogrammes de noir d'os et l'on chauffe encore pendant une heure. Le liquide décanté est enfin distillé dans le vide.

**Système général de traitement du pétrole brut de Pensylvanie** pratiqué il y a quelques années par la Downer Kérosène oil Company, Boston et Corry, Pa.

On distille l'huile brute à la vapeur et on en retire de la gazoline et 3 sortes de naphtes C, B et A dans la proportion d'environ 15 pour 100 de l'huile brute sur laquelle on opère.

|                                                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 <sup>er</sup> FRACTIONNEMENT DU PÉTROLE BRUT<br>de densité moyenne 0,895. Traitement à la vapeur à 100°.<br>Il passe : | 1 à 2 0/0 de gazoline brute D = 0,672. On la redistille par l'action de la chaleur sèche et on obtient : | Gazoline à 0,643-0,663 employée pour la carburation du gaz.<br>Gazoline 0,663-0,672 qu'on renvoie à la gazoline brute pour redistillation.                                                                                                             |
|                                                                                                                          | 10 0/0 de naphte C contenant les produits pesant de 0,672 à 0,712.                                       | Traité par 4 onces d'acide sulfurique par gallon, lavé avec de la soude caustique et redistillé.<br>Employé pour vernis, lampes à éponges, peintures, connu commercialement sous le nom de <i>Benzine naphte</i> , <i>Naphte fini C</i> jusqu'à 0,712. |
|                                                                                                                          | Naphte lourd comprenant les produits pesant de 0,712 à 0,741.                                            | On le traite par l'acide sulfurique et la soude comme s'il s'agissait de naphte C et on le redistille.                                                                                                                                                 |

Naphte fini B de 0,712 à 0,727 (2 à 2,5 0/0), employé pour vernis de voitures et peintures.  
Naphte fini A de 0,727 à 0,741 (2 à 2,5 0/0), employé pour la fabrication des tapis et des vernis; sa valeur est à peu près la même que celle de l'huile lampante.  
Ce qui reste au-dessus de 0,741 est renvoyé à l'huile brute.

Le résidu de la distillation précédente, comprenant les produits dont la densité est supérieure à 0,740, est distillé dans les chaudières à feu nu, avec 2 pour 100 d'une solution de soude caustique à 14° Baumé. Le distillat est fractionné de la façon suivante :

5<sup>e</sup> FRACTIONNEMENT DU PÉTROLE BRUT

50 0/0 d'huile à brûler, brôte, N° 1, comprenant les produits dont la densité varie de 0.750 à 0.826.

On la traite par l'acide sulfurique, à raison de 4 onces par gallon, on lave à l'eau, puis on traite par 2 0/0 d'alcali, enfin on lave à l'eau et on redistille sur de la soude en recueillant tant que la couleur est bonne. On obtient :

80 0/0 de kérosène pesant 0.804 et inflammable au-dessus de 50° centigrades.

20 0/0 de résidus

Les parties dont la densité est inférieure à 0.847 retournent à l'huile brute. Les parties dont la densité est supérieure à 0.847 sont envoyées aux huiles à machines bonnes à refroidir pour paraffine. Les cokes et résidus sont conservés.

20 0/0 huile à brûler N° 2 que l'on traite exactement comme l'huile N° 1.

Huile pesant plus de 0.847 qu'on envoie à l'huile lubrifiante brute et qu'on traite à 100° par de l'acide sulfurique (4 onces par gallon) pendant une heure; on redistille ensuite sur une solution de soude à 2 0/0 et on en extrait :

Jusqu'à 0.825 de l'huile à brûler brute qu'on mélange à l'huile N° 1. De 0.825 à 0.847 de l'huile à brûler brute N° 2.

Au-dessus de 0.847 et tant que la couleur est bonne, de l'huile à machine qui sera refroidie et pressée pour l'extraction de la paraffine.

Reste 3 0/0 de cokes que l'on conserve.

Pertes 3 0/0 environ.

Les huiles 2 fois distillées et pesant plus de 0,848 sont refroidies pendant une semaine à une température de — 3 — 5 pour l'obtention des écailles de paraffine. Le magma cristallisé pressé dans des toiles donne :

REFROIDISSEMENT ET PRESSAGE DES HUILES A MACHINES

Une portion liquide

*Huile lubrifiante exprimée* vendue comme huile à fusée pesant 0.868.

Pour obtenir l'huile carburée lourde de Merrill, on met cette huile exprimée, dans un appareil distillatoire à feu nu, pourvu d'un serpentín de vapeur. Lorsque l'huile a atteint une température d'environ 150° centigrades on fait partir la vapeur dans le serpentín et, lorsque celle-ci a acquis la température convenable, on la laisse couler du tuyau perforé sous l'huile. On recueille ainsi :

20 à 30 0/0 de produits légers qui surnagent l'eau condensée, densité 0.774 à 0.782 que l'on sépare en :

Produits compris entre 0.782 et 0.826 qu'on envoie aux huiles brutes.

Produits compris entre 0.826 et 0.879 qui vont à la cétine.

Il reste dans l'alambic l'huile carburée lourde non blanchie de Merrill de densité 0.884 à laquelle on enlève sa fluorescence en la traitant par l'acide chromique et l'acide sulfurique.

REFROIDISSEMENT ET PRESSAGE DES HUILES A MACHINES

(Suite)

Une portion solide en écailles représentant 12 % de l'huile à lubrifier recueillie précédemment.

On fond en injectant de la vapeur d'eau dans une cuve ouverte, avec 1 0/0 de lessive de soude caustique. On soufre la soude et on ajoute 25 0/0 de naphte C. On mélange bien le tout et on abandonne pendant 3 à 4 jours dans des bassins peu profonds, en un lieu froid. La paraffine cristallise, on la recueille, puis on la presse, on refond avec du naphte C sur une lessive alcaline, on presse et l'on recommence à plusieurs reprises ces opérations.

Partie solide. Paraffine en gros cristaux fondant à 54° 5.  
Paraffine en petits cristaux fondant à 46° 5.  
Partie liquide. On la renvoie au naphte C.

Quant aux résidus solides on les redistille sur une solution alcaline à 2 pour 100, on en extrait ainsi :

TRAITEMENT

des résidus solides

- 20 0/0 d'huile jusqu'à 0,826 qu'on renvoie aux huiles brutes à brûler n° 1.
- 15 0/0 d'huile pesant de 0,826 à 0,848 qu'on renvoie aux huiles brutes à brûler n° 2.
- 50 0/0 d'huiles pesant 0,848 qu'on recueille tant que la couleur est bonne et qu'on ajoute à l'huile lubrifiante brute.
- 10 0/0 de coke.
- 5 0/0 de pertes.

#### Boues acides et alcalines

Les boues alcalines servent à laver les boues acides. Le résidu boueux acide à 48°—50° Baumé abandonné au repos laisse surnager une huile boueuse acide, l'acide impur est vendu aux fabriques de superphosphates, l'huile boueuse lavée avec des résidus alcalins est redistillée.

FRACTIONNEMENT

des boues

- 80 0/0 d'huile qu'on redistille sur de la soude et qu'on fractionne à la façon de l'huile brute.
- 20 0/0 de coke et pertes. Le coke est employé comme combustible.

Usine de la Compagnie de Bear-Creek (à une heure en chemin de fer de Pittsburg).

Chauffage à l'antracite de Pensylvanie.

Cinq chaudières, *stills*, en tôle de 500 barils.

La vapeur traverse de longs tuyaux en fer refroidis par un courant d'eau continu, et le liquide est successivement condensé dans des récipients en tôle.

Il suffit de fermer et d'ouvrir une valve pour que le liquide distillé cesse d'arriver dans un des récepteurs et passe dans un autre.

*Premier produit.* — *Naphte léger.* Sa densité est de 0,651 à 0,735.

*Deuxième produit.* — *Naphte lourd.* Sa densité est de 0,735 à 0,755. A ce point commence la distillation des huiles lampantes dont le nom général est *kérosène*.

*Troisième produit.* — *Water-white* ou *huile blanc d'eau* distillant avec des densités comprises entre 0,755 et 0,800, avec une densité moyenne de 0,785 après épuration à l'acide et à l'alcali. Son point d'éclair en vase clos (appareil Abel) est de 45 à 50 degrés centigrades et sa combustion à l'air se déclare vers 65 degrés.

*Quatrième produit.* — *Light distillate.* On recueille dans un nouveau réservoir l'huile qui passe tant qu'elle ne présente pas une teinte louche et brunâtre : ce qui arrive généralement lorsque la densité atteint 0,815 à 0,825 ; le liquide du still est en pleine dissociation.

L'ensemble pèse environ 0,800 ou un peu plus.

On le mélange au deuxième produit et le tout pèse 0,797 à 0,800 parce que le quatrième produit représente une quantité d'huile très forte par rapport à l'autre ; il est connu, sous le nom de *Standard-white*.

Sa teinte est très accusée quand on l'examine par comparaison avec les liquides précédents.

Une fois épuré à l'acide et à l'alcali, il présente une coloration qui ne doit pas dépasser un certain degré. On l'évalue en regardant l'huile à la lumière d'une lampe dans des tubes de 16 pouces et demi, et par comparaison avec la teinte fournie par une lame de quartz teinté, préparée à cet effet pour servir de type.

A l'usine de Bear-Creek on produit, outre le Water-white et le Standard-white, des huiles appelées *prime-white*, *prime-white low*.

Le point d'éclair à l'appareil Abel doit atteindre 22 degrés, et sa combustion n'avoir lieu que vers 45 degrés.

*Cinquième produit. — Slops.* Le liquide resté dans le still, qui passe à partir de ce point est brun noir. On le distille jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 3 à 8 pour 100 dans la cornue, et on le garde soit pour en fabriquer de l'huile lubrifiante, soit pour le mélanger à l'huile brute des opérations subséquentes.

*Sixième produit. — Tar.* C'est du goudron qui est réservé pour une distillation ultérieure et dans le but d'en retirer la paraffine.

Dans certains cas, on s'arrête au moment où passent les slops, et le résidu est employé à la fabrication des huiles de graissage. Il pèse 0,885 à 0,903.

MM. Mellon affirment que les huiles de Washington, traitées à ce moment, produisent le rendement suivant :

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Naphte léger. . . . .         | 15 |
| Naphte lourd. . . . .         | 5  |
| Water-white. . . . .          | 28 |
| Distillate light oil. . . . . | 42 |
| Slops. . . . .                | 3  |
| Tar. . . . .                  | 3  |

Soit un rendement de 96 pour 100, duquel il faut déduire 3 pour 100 pour l'épuration à l'acide et à

l'alcali des produits, et les pertes sur le goudron. Le rendement atteint donc 93 pour 100.

L'usine de Bear-Creek est reliée à une voie ferrée qui emporte ses produits et qui apporte le combustible et les agents d'épuration. L'huile pénètre directement dans l'établissement par pipe-line. L'eau de réfrigération arrive en abondance de la colline au pied de laquelle est adossée la raffinerie et l'eau utilisée s'écoule au ruisseau de la vallée.

Les résidus du traitement à l'acide sont brûlés dans l'usine: ce qui réduit le combustible consommé. On alimente aussi les chaudières à vapeur avec des naphtes lourds lorsqu'on n'en a pas l'emploi dans la fabrication. Les produits très volatils du début ne sont pas utilisés.

#### Usine de la Standard Company à Bayonne

Cette raffinerie distillait en janvier 1892, 13,000 barils par jour.

Elle est située sur le bord de la mer dans New-Jersey, à la porte de New-York, au point terminus des pipe-lines dont l'origine était autrefois à Bradford. On a vu que maintenant la jonction est opérée entre les districts de Washington et de Bradford; de telle sorte que l'huile brute des diverses régions de la Pensylvanie est amenée à Bayonne, s'il en est besoin.

Les produits chimiques, le combustible arrivent par mer et par les chemins de fer de Pensylvanie.

Les produits fabriqués sont chargés dans l'usine sur les navires-citernes à voile ou à vapeur de la compagnie.

Cette raffinerie était à peu près exclusivement chauffée avec de l'essence brute, lourde: production de vapeur, distillation. Celle-ci s'exécute dans des chaudières en tôle de 600 barils.

Ce sont des cylindres horizontaux formés de tôle d'a-

cier, ayant un quart à trois huitièmes de pouce d'épaisseur. Ils sont soutenus aux extrémités et entourés par des murs en briques comme les bouilleurs ordinaires.

Les liquides distillés sont divisés de premier jet en six fractionnements au lieu de cinq comme à Bear-Creek.

Dans cette raffinerie, comme dans les deux dont on va parler, la condensation est opérée avec des soins extrêmes par beaucoup d'eau et dans un grand nombre de tuyaux, de façon que les liquides soient recueillis à basse température et soumis à l'épuration chimique, aussi froids que possible, ce qui diminue considérablement le déchet :

1° *Naphtes légers*, jusqu'à 0,705 environ ; moyenne voisine de 0,700.

2° *Naphtes lourds*, de 0,705 à 0,744.

3° *Naphtes extra-lourds*, light distillate, de 0,744 à 0,765.

4° *Water-white*, de 0,765 à 0,795.

5° *Heavy (lourd) distillate*, de 0,795 à 0,825.

6° *Stops*, de 0,825 au point où l'huile est très brune.

A ce moment, si l'on veut préparer de la paraffine, et c'est le cas ordinaire, le résidu bouillant du still est pompé dans un récipient où on sépare le coke qui est déjà formé ; celui-ci est employé comme combustible. Il reste un goudron épais, *tar*.

Reprenons ces produits successivement.

Le naphte (1) est, soit vendu directement sous le nom de naphte brut en Europe ou dans le pays ;

Soit distillé à la vapeur comme naphte ;

Soit fractionné en gazoline, dont la densité est de 0,636 à 0,675, et en naphte de 0,675 à 0,720 ;

Soit fractionné en trois, quatre, et même cinq produits : cymogène, rhigolène, gazoline, naphte léger ser-

vant comme dissolvant pour faire du gaz, naphte pour éclairage et chauffage, naphte lourd très employé pour remplacer l'essence térébenthine et pour le chauffage.

Le naphte lourd (2) est divisé, par une nouvelle distillation, en benzine et en light distillate.

La *benzine* est mélangée avec la portion la plus lourde du naphte (1) et le *light distillate* est réuni au light distillate (3).

Le naphte extra-lourd ou light distillate (3) est mêlé avec le heavy distillate (5) en proportions convenables pour former des produits de couleur, de densité et d'un degré d'inflammation tels qu'on les demande dans les divers pays du monde. L'ensemble est, après épuration à l'acide et à la soude, le standard-white ou export-oil, dont l'espèce la plus demandée est le pétrole allemand et anglais, ayant pour point d'éclair 21 à 24 degrés centigrades.

Le water-white (4) n'a qu'à subir l'épuration pour donner l'huile blanche (water-white) consommée aux États-Unis et dans quelques autres contrées.

La fraction (6) est soit vendue aux compagnies de gaz sous la dénomination d'*huile de gaz* ;

Soit remise dans les stills avec de la nouvelle huile brute pour être convertie par distillation dans les produits ordinaires de l'huile brute.

Le tar (7) est pris par les fabriques de paraffine et de produits lubrifiants et soumis aux traitements nécessaires pour obtenir les produits réclamés par l'industrie.

Ce sont :

8. Vaseline.
9. Cire de paraffine.
10. Nombreux produits et compositions lubrifiantes.
11. Huile de gaz.
12. Cires de queuc.

*Vaseline.* — Lorsqu'on demande de la vaseline, le  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

tar est pris vers 0,897 et filtré à travers le charbon animal ou le noir d'os.

Le produit passe d'abord presque incolore et devient graduellement plus foncé à mesure que l'action du charbon s'affaiblit. Les portions filtrées blanches et jaune clair sont séparées et conservées comme vaseline. Les portions plus foncées sont employées directement ou en mélange dans les huiles de cylindres et autres.

Si l'on emploie le tar (7) pour produire de la vaseline, on ne peut pas obtenir de paraffine.

Pour obtenir les cires et la paraffine, le tar est placé dans une cornue d'environ 250 barils de capacité et soumis à l'action du feu.

La chaleur est obtenue, même dans cette opération, au moyen d'essence lourde et d'un courant d'air.

Le premier produit de cette distillation ne contient pas de cire. Il est à la fois trop dense pour l'éclairage et trop peu visqueux pour être employé comme bonne huile lubrifiante ; on le vend généralement sans autre traitement ultérieur aux compagnies de gaz pour être employé à la fabrication du gaz ; on lui mêle quelquefois les slops (6) provenant de la première distillation.

L'huile à paraffine passe ensuite, avec une densité qui est d'abord de 0,870 et s'élève peu à peu ; le produit (10) est mis dans une cuve et conservé pour un traitement ultérieur.

A la fin de la distillation passe la cire de queue (12). C'est une substance d'aspect résineux, de toucher gras, qui est vendue et employée comme matière isolante dans les appareils électriques.

La portion distillée (10) est soumise alors à l'épuration à l'acide sulfurique dans des agitateurs entourés d'une enveloppe où circule de la vapeur pour que la masse reste bien liquide, puis elle est passée à la soude et à l'eau. Elle est alors soumise à un procédé de réfrigé-

ration (par l'ammoniaque): la cire se solidifie, on en sépare les portions liquides sous des presses hydrauliques.

L'installation de l'usine de Bayonne pour l'extraction de la paraffine est considérable.

La cire (9) pressée à deux reprises constitue les écailles brutes (*crude scale*). On les livre en cet état à divers industriels ou bien on les purifie et on vend le produit tout à fait blanc sous le nom de paraffine ou de cire raffinée. Les procédés de raffinage sont variables; celui que nous avons vu fonctionner consiste dans un traitement à la benzine de pétrole, qu'on fait suivre quelquefois d'une fusion, prolongée quelques heures, avec du noir animal, et d'une filtration sur de la laine.

Les huiles (10) dont on a séparé la paraffine sont traitées dans l'usine de Bayonne; on en fabrique un grand nombre de sortes d'huiles lubrifiantes qui sont vendues en France par la maison Thomson et Bedford. Il existe en Amérique des usines spéciales pour le traitement des résidus du raffinage après la séparation des essences, des huiles d'éclairage et de la paraffine.

Cette huile-résidu à l'état brut est un produit lubrifiant, souvent employé. Sa densité variable est toujours forte: elle atteint 0,915 à 0,925.

On la purifie de diverses façons: par une simple exposition à l'air, par un filtrage au noir animal, par la distillation.

Ce dernier procédé fournit des espèces très différentes comme densité et comme emploi.

Les plus légères n'ont que 0,835 à 0,850 de densité; tel est le *Summer*, vendu 16 francs au Havre, droit de douane non acquitté. Ce sont les moins estimées. Souvent même ce premier produit de la distillation, ne trouvant pas acheteur, est remis dans la fabrication de l'huile brute de pétrole.

Les huiles qui passent de 0,850 à 0,870 sont employées libres et surtout à l'état de mélange avec des huiles végétales et animales pour leur donner de la consistance; ce sont les huiles à broches et à pièces mécaniques ordinaires.

Les huiles les plus denses, de 0,880 à 0,930, sont les plus abondantes.

Ce sont aussi les meilleures, surtout pour les pièces de machines qui sont soumises à des pressions énergiques, ou qui tournent à de grandes vitesses.

Certaines huiles lubrifiantes sont amenées aux fortes densités dont on vient de parler par un courant de vapeur surchauffée, destiné à chasser les produits les plus volatils et les moins lourds.

Dans l'usine de Bayonne, comme dans celle de Point-Breeze (Philadelphie) et de Whiting (Chicago), tous les produits formés sont utilisés :

1° Les gaz du début, non condensables, sont ramenés dans les foyers pour économiser le combustible;

2° Les huiles lourdes sont brûlées si l'on n'en fabrique pas de la paraffine, de la vaseline ou des huiles lubrifiantes;

3° Les gondrons sulfuriques sont étendus d'eau; on en retire un goudron épais qui est brûlé après lavage, et de l'eau acide qui est utilisée pour fabriquer du sulfate de fer, ou comme engrais;

4° Le coke trouve son emploi comme combustible ou dans l'industrie électrique.

#### Usine de la Standard Company à Point-Breeze.

Elle porte le nom de *Transatlantic*; elle est située à la porte de Philadelphie, en communication avec la mer.

Le chemin de fer, « Pennsylvania Railroad », pénètre dans l'usine; celle-ci est aussi le point terminus des

pipe-linés de la Pensylvanie; le tuyau d'arrivée a 8 pouces de diamètre. Il y était entré la veille de notre visite 15,000 barils d'huiles mélangées de Virginie-ouest, de Washington et de Mac-Donald. Elle pesait 0,790.

L'huile de Bradford y arrive aussi, et elle peut y être amenée en 24 heures.

Cette raffinerie est divisée en deux parties communiquant par voie ferrée; dans l'une on ne fabrique que les huiles de graissage et la paraffine.

Ce n'est que par exception qu'en Amérique on chauffe les goudrons jusqu'au coke parce qu'on manque très rarement d'huile lampante.

Au moment de notre passage, on brûlait du charbon. Le directeur nous a déclaré qu'on avait employé de l'essence lourde au lieu de charbon pendant dix mois et qu'on l'avait cessé parce que les essences étaient en hausse.

Les stills sont de 600 barils comme à Bayonne; il y en a 60.

Le premier fractionnement est arrêté quand on atteint la densité de 0,700, et le second à 0,744.

Le water-white distillant devant nous était à la densité de 0,786.

Avec les huiles brutes légères on obtient plus de benzine et de water-white et ils sont de meilleure qualité qu'avec les huiles plus lourdes comme le Bradford.

On traitait à ce moment 10 à 12,000 barils par jour.

Les appareils de condensation varient quelque peu quant aux détails de construction, dans les diverses usines. A l'« Atlantic », ils se composent d'une série de longs serpentins immergés dans des bacs alimentés par des eaux courantes. Tous les tuyaux de ces serpentins convergent vers le récepteur, dans lequel ils débouchent à quelques pouces les uns des autres: ils sont munis,

à leurs extrémités, de *trappes* destinées à diriger les vapeurs sous les chaudières ou sous les alambics pour y être brûlées, ce qui donne de sérieuses économies de combustible. Les tuyaux de condensation se déchargent dans des récepteurs en forme de boîtes, dont les parois en verre sont disposées de façon à permettre non seulement de suivre la marche de l'opération, mais encore de prélever des échantillons, de manière à pouvoir exercer un contrôle incessant.

On ne fait pas dans cette usine, pas plus d'ailleurs qu'à Bayonne, la distillation dans le vide ou sous l'influence de la vapeur surchauffée. Par ces systèmes, la distillation se fait à la température la plus basse possible et le fractionnement se produit sans décomposition; même, si l'on emploie la vapeur surchauffée, il est possible d'amener les huiles jusqu'à la densité 0,900 sans production de produits pyrogénés. Néanmoins on y a renoncé à peu près partout, si ce n'est à l'usine Rochester.

Les naphtes bruts de la première opération sont distillés de nouveau dans des cornues cylindriques d'une contenance de 500 barils. Quelquefois on les fractionne comme il suit: cymogène (densité: 0,630); rhigolène (densité: 0,636); gazoline (densité: 0,640 à 0,670); naphte (densité: 0,670 à 0,700); benzine (densité: 0,700 à 0,729).

La durée de travail d'une charge est d'environ 48 heures. La proportion des produits légers varie beaucoup; on estime le rendement des trois premiers à 25 pour 100, celui du naphte à 20 et 25 pour 100, et enfin celui de la benzine à plus de 40 pour 100. Le procédé employé à la désinfection des naphtes est le traitement par l'acide sulfurique; toutefois la quantité d'acide employée est moindre que pour les huiles lampantes et le brassage se fait avec des palettes rotatives et non au

moyen d'une soufflerie: un demi pour 100 d'acide suffit pour cette opération.

Le traitement des huiles d'éclairage pour enlever les composés empyreumatiques produits par la distillation, qui tout à la fois colorent les huiles et leur donnent une odeur désagréable, est exécuté comme il suit: on les brasse avec 1 1/2 pour 100 d'acide sulfurique, avec de l'eau, puis avec une solution de soude caustique à 15 degrés Baumé.

On agite l'huile en y introduisant peu à peu, par le haut de l'agitateur, environ la moitié de la charge d'acide, et on continue l'agitation aussi longtemps que l'élévation de température indique qu'il se produit une action; puis on laisse reposer et on soutire l'acide à l'état de boue liquide (sludge). Après avoir ajouté le restant de l'acide, on fait un second brassage complet. L'acide soutiré, chargé des sulfoconjugués des oléfines, s'écoule coloré en brun très foncé.

L'huile est jaune paille clair; elle est lavée avec de l'eau qu'on introduit au moyen d'un tuyau perforé qui fait le tour de la partie supérieure du bac. Cette eau pénètre à travers, l'huile s'empare de l'acide et s'échappe en un courant continu par le fond de l'appareil. Quand l'eau ne décèle pas de traces appréciables d'acidité, on arrête le lavage et l'on introduit environ 1 pour 100 d'une solution de soude caustique à 15 degrés Baumé et on procède à un nouveau brassage de l'huile. On laisse reposer, on soutire et les huiles sont alors dirigées dans les bacs de dépôt (settling).

Après le traitement à la soude, on fait quelquefois un lavage à l'eau.

On a employé parfois un lavage avec de l'ammoniaque diluée pour dissoudre les sulfocomposés, mais cet usage n'existe pas dans les usines de la « Standard Company ».

Les bacs à dépôt sont peu profonds, exposés à l'air et

à la lumière; les huiles laissent déposer l'eau qu'elles peuvent contenir et deviennent claires et brillantes. Des serpentins à vapeur installés dans ces bacs permettent de chauffer les huiles quand le temps est froid, pour faciliter la précipitation.

RENDEMENT DE 100 GALLONS D'HUILE BRUTE, D'APRÈS  
I.A. " STANDARD C<sup>0</sup> ".

| DISTILLATION.                                           | REDISTILLATION.                                       | RENDEMENT.   |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|
| 13 gallons de naphte.                                   | 15 p. 100 gazoline. . . . .                           | 1 95 gallons |
|                                                         | 45 p. 100 naphte désodorisé<br>ou redistillé. . . . . | 5 85         |
|                                                         | 30 p. 100 naphte à gaz. . . . .                       | 3 90         |
|                                                         | 5 p. 100 fonds de naphtes. . . . .                    | 0 65         |
|                                                         | 5 p. 100 de perte.                                    |              |
| 20 gallons d'huile blanche d'eau (water-white). . . . . |                                                       | 20 00        |
| 54 gallons de Standard-white. . . . .                   |                                                       | 54 00        |
| 8 gallons de goudrons.                                  | 10 p. 100 de cire. . . . .                            | 0 80         |
|                                                         | 30 p. 100 de paraffine. . . . .                       | 2 40         |
|                                                         | 40 p. 100 d'huile à gaz. . . . .                      | 3 20         |
|                                                         | 20 p. 100 de perte.                                   |              |
| 5 gallons de pertes. — Pertes nettes égalent. . . . .   |                                                       | 7 25         |

Usine de la Standard Company à Whiting dans le périmètre de Chicago.

Les deux raffineries précédentes ont été construites en plusieurs fois. Celle de Chicago a été édiflée récemment sur un plan d'ensemble.

Les bâtiments sont isolés, en briques et fer. L'espace entre les constructions est très vaste. De grandes précautions sont prises contre l'incendie. L'établissement occupe 1,000 ouvriers et recouvre 300 acres<sup>1</sup>.

Ce personnel très considérable est justifié par l'immense production, par la grande variété des produits

1. L'acre vaut 40 ares 46.

formés, par la fabrication des accessoires de toutes sortes, caisses, boîtes, bidons en fer-blanc, etc. En outre, le personnel industriel, qui est minime dans les autres usines, est plus fort dans celle-ci parce que l'huile traitée est l'huile de Lima, dont il faut opérer la désulfuration par des procédés difficiles et encore à l'état d'essai.

La raffinerie est sur la voie ferrée et constitue le terminus des pipe-lines qui amènent l'huile de Lima. Elle est même l'origine de pipe-lines qui transportent l'huile brute ou l'huile lourde à des établissements industriels.

On y travaille par an au moins 10 millions de barils d'huile de Lima. L'usine de Lima en raffine environ 3 millions. La « Standard Company » vient d'ajouter une annexe à son usine de Cleveland pour augmenter la production.

La raffinerie de Chicago possède :

1° 100 stills à distiller l'huile brute, de 600 barils chacun; à 40 d'entre eux sont joints des appareils pour traiter les vapeurs distillées par l'oxyde de cuivre dans le but de désulfurer l'huile; les 60 autres sont des appareils ordinaires;

2° 16 stills de 100 barils pour distiller l'huile sur de l'oxyde de cuivre;

3° 21 stills de 500 barils, où l'on distille des essences à la vapeur;

4° 40 stills de 250 barils pour traiter les huiles à paraffine.

Les chaudières à vapeur, les stills, sont chauffés à l'huile brute ou à l'huile lourde.

Pour se rendre compte du mode de traitement suivi à Whiting, il faut connaître la nature de l'huile de Lima, qui est sulfureuse et dont la composition est très variable, car, ainsi qu'on l'a déjà indiqué, la densité de l'huile brute oscille entre 0,816 et 0,850.

D'après une publication récente de M. Weeks, qui

rédige depuis plusieurs années les documents officiels sur le pétrole, cette huile fournirait, en moyenne :

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Naphte et huile lampante. . . . . | 56 88        |
| Huiles lourdes. . . . .           | 32 00        |
| Résidus. . . . .                  | 9 60         |
| Eau. . . . .                      | 0 70         |
| Soufre en moyenne. . . . .        | 0 65         |
| TOTAL. . . . .                    | <u>99 83</u> |

Voici d'autres résultats du même auteur :

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| Naphte à 0.700. . . . .     | 16         |
| Huile lampante. . . . .     | 68         |
| Huile de paraffine. . . . . | 6          |
| Résidu solide. . . . .      | 10         |
| TOTAL. . . . .              | <u>100</u> |

Un rendement ordinaire serait, d'après M. Weeks :

|                    |   |                |       |
|--------------------|---|----------------|-------|
| Produit distillé à | } | 0.740. . . . . | 13 75 |
|                    |   | 0.748. . . . . | 35 40 |
|                    |   | 0.822. . . . . | 7 93  |
|                    |   | 0.840. . . . . | 13 40 |
|                    |   | 0.843. . . . . | 18 60 |
| Résidu. . . . .    |   | 9 65           |       |
| Eau. . . . .       |   | 0 70           |       |
| TOTAL. . . . .     |   | <u>99 43</u>   |       |

On s'attache d'abord à mélanger les produits de divers puits de façon à faire des huiles ayant autant que possible la même composition.

Deux procédés sont employés pour le traitement des huiles de Lima. Tous deux reposent sur la désulfuration par l'oxyde de cuivre, procédé connu en France où il est employé pour désulfurer les eaux glycerinées, sulfureuses, des savonneries de Marseille.

Dans le premier système, on distille l'huile brute sans réactif et l'on dirige les vapeurs dans des appareils

non refroidis, contenant de l'oxyde de cuivre, qui s'échauffent de plus en plus parce que les vapeurs ont une température de plus en plus élevée à mesure que la distillation progresse. Les vapeurs sont ensuite condensées par passage dans des tubes en fonte, de très grande surface, plongés dans de l'eau maintenue froide.

Le second moyen paraît devoir faire disparaître le précédent, malgré la nécessité de deux opérations. On commence par distiller l'huile à la méthode ordinaire sans oxyde de cuivre. On sépare le résidu et on redistille les essences et les huiles lampantes, dans des stills contenant de l'oxyde de cuivre, munis d'agitateurs qui brassent le liquide incessamment et énergiquement, de façon que l'oxyde de cuivre, très divisé et en excès, soit en suspension dans l'huile.

On nous a montré que l'huile, qui noircit énergiquement par l'acétate de plomb avant le traitement, ne donne aucune réaction avec ce réactif après la réaction de l'oxyde de cuivre.

Les essences et les huiles ainsi fabriquées ne se distinguent pas, nous a-t-on affirmé, des huiles pennsylvaniennes quand on les brûle: il ne se dégage pas de vapeurs sulfureuses, les mèches ne charbonnent pas, les verres restent sans se tacher.

L'oxyde de cuivre doit être en grand excès, car, sans cette précaution, les tuyaux sont rapidement corrodés, et même on substitue aux tuyaux en tôle des tuyaux épais en acier.

Le sulfure de cuivre formé, mélangé de goudron, est égoutté à froid, puis passé dans des fours inclinés. Le résidu, qui paraît sec, est envoyé sous des pilons ou des meules; il redevient liquide. La masse épaisse est envoyée sous des filtres-presses, et les pains obtenus, concassés, sont conduits dans le haut de cylindres en tôle, doublés de briques réfractaires, chauffés par un

foyer inférieur. Ces cylindres portent six tablettes en matériaux réfractaires sur lesquelles le sulfure de cuivre descend successivement, et lorsqu'il arrive sur la tablette inférieure, il est changé en une poudre fine d'oxyde de cuivre.

La chaleur du foyer a pour effet unique d'entretenir une température suffisante pour que le sulfure de cuivre, imprégné de produits hydro-carbonés, prenne feu et s'oxyde, de telle sorte que la presque totalité de la chaleur est dégagée par l'oxydation du sulfure de cuivre. L'oxyde de cuivre est retiré et séché à l'air, en couches minces, sous des hangars.

La fabrication était assez active, le 11 février 1892, pour qu'on eût à régénérer 75 à 100 tonnes d'oxyde par jour.

La matière cuivreuse originelle est de la pyrite cuivreuse grillée, de la matte ou du cuivre noir provenant des mines du lac Supérieur.

Nous avons été surpris de constater que l'immense quantité d'acide sulfureux était perdue dans l'atmosphère. Il nous a été répondu par le directeur de l'usine que cette industrie était récente et qu'on allait monter des chambres de plomb pour fabriquer de l'acide sulfurique.

### *Traitement des résidus*

En Amérique, on nomme *sludge* l'acide et l'alcali retirés des agitateurs.

L'acide forme une masse goudronneuse noire.

L'alcali est changé en une espèce de lait caillé savonneux, qui produit une masse couleur de rouille et des composés qui entrent en solution avec le sulfate de soude.

En évaporant le *sludge* de soude à sec et en calcinant

pour brûler la matière organique, on obtient un carbonate de soude impur, que l'on peut convertir en soude caustique par les procédés ordinaires. Le sulfate de soude et les autres impuretés s'accumulent dans la solution de soude et finalement rendent son action imparfaite. Ce procédé, essayé d'abord pour récupérer la soude, est abandonné.

Le sludge acide se sépare en deux couches, une superficielle huileuse et une plus lourde contenant l'acide.

Dans certaines usines, le liquide est soutiré, évaporé et concentré comme l'acide des chambres de plomb, les matières charbonneuses noires sont détruites par la température élevée que demande la concentration. Ce procédé fonctionne à Whiting.

A Cleveland, à Lima et près de Titusville (Pensylvanie), il y a des établissements pour récupérer l'acide employé, où l'on conduit le sludge dans des wagons-citernes; l'acide régénéré est rendu aux raffineurs au prix courant de l'acide sulfurique.

Les sludges acides sont vendus aux fabricants d'engrais dans les pays où les raffineurs y ont intérêt.

Ailleurs on les perd dans les rivières, dans les lacs, dans la mer. La quantité de ce produit qui a été versée dans Oil-Creek et la rivière Allegheny est énorme. Il s'est fixé sur les rochers et sur le sable le long de la rivière et les a teints en noir; il a détruit le poisson dans plusieurs cours d'eau. En 1884, on a employé 45,819,5 tonnes d'acide sulfurique dans les usines à pétrole; sur cette quantité on en a récupéré 21,158,75 tonnes, on en a vendu 22,162,5 tonnes aux fabricants d'engrais et 2,498 tonnes ont été jetées dans le lac Érié, les affluents de la rivière d'Ohio, la rivière Delaware, la baie Chesapeake ou l'Océan.

Dans les usines de la « Standard Company », les résidus acides sont traités par l'eau; il se sépare à la

surface un goudron épais, une très petite quantité seule se précipite au fond.

Ces goudrons recueillis sont séchés et brûlés.

A Bayonne et à l'« Atlantic », la liqueur acide est vendue pour engrais ou pour fabriquer du vitriol. Dans plusieurs usines, comme à Whiting, elle est évaporée dans des chaudières en plomb puis en verre. On consomme moitié plus d'acide environ pour traiter l'huile de Lima que l'huile de Pensylvanie, et ce sera une grande économie de changer en acide sulfurique le soufre de l'huile de l'Ohio.

A Chicago, l'acide sulfurique à 66 degrés coûte 80 cents les 100 livres et l'alcali 400 cents.

A New-York, l'acide sulfurique à 66 degrés coûte 90 cents les 100 livres.

100 livres valent 45<sup>fr</sup>5, ce qui met le prix des 100 kilogrammes à 1 dollar 97, soit 9 à 10 francs les 100 kilogrammes.

Les proportions données plus haut sont, à très peu de chose près, employées partout: 1/2 à 1 pour 100 d'acide pour les essences; 1 1/2 pour 100 pour les huiles lampantes et 4 à 6 pour 100 pour les huiles à paraffine.

On se sert en Amérique de soude anglaise.

La quantité de soude serait de 1/2 à 1 pour 100 pour les essences et les huiles d'éclairage, de 2 à 3 pour 100 pour les huiles à paraffine. Elle est à 12 ou 15 degrés Baumé.

#### Rendement des huiles brutes de pétrole aux États-Unis.

Dans l'usine de Bear-Creek, on évalue les pertes à 7 pour 100 au maximum de l'huile mise en œuvre.

Nous avons donné (page 204), d'après la « Standard Company », un compte d'après lequel ces pertes atteindraient 7,25 pour 100 dans les usines où l'on pousse à la limite extrême les fractionnements des essences et

des huiles et où l'on fabrique la paraffine, dont le traitement est très compliqué.

Le directeur d'une des usines de la « Standard » considère que le rendement d'une huile mélangée de Pensylvanie oscille autour des nombres suivants :

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Naphtes. . . . .          | 8 à 20 p. 100 |
| Huiles raffinées. . . . . | 78 à 70       |
| Résidu.. . . .            | 9 à 3         |
| Pertes.. . . .            | environ 5     |

Pour d'autres personnes compétentes, le rendement de l'huile du gisement de Washington se décompose ainsi :

|                                    |                |          |
|------------------------------------|----------------|----------|
| Naphtes. . . . .                   | 15 à 17 p. 100 |          |
| Huiles raffinées. . . . .          | 70 à 72        |          |
| Paraffine, huiles lourdes. . . . . | 6              |          |
| Coke. . . . .                      | 2              | } pertes |
| Gaz. . . . .                       | 3              |          |
|                                    | <u>100</u>     |          |

Enfin le mélange d'huile des divers districts de la Pensylvanie envoyé dans les distilleries du bord de la mer produirait :

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| Naphtes. . . . .                   | 9          |
| Huiles raffinées. . . . .          | 77         |
| Paraffine, huiles lourdes. . . . . | 9          |
| Gaz et coke. . . . .               | 5          |
|                                    | <u>100</u> |

En résumé, le rendement des huiles brutes de pétrole, de la nature de celles qu'on expédie en France, dépasse, en Amérique, 92,5 pour 100 et il atteint 95 dans les raffineries où l'on n'opère pas des fractionnements nombreux pour en retirer les diverses espèces de naphtes et les produits paraffineux à l'état de pureté.

| ANNÉES | PRODUCTION DU PÉTROLE BRUT                                  |                | STOCKS NETS                                    |                | STOCKS NETS                                               |                | STOCKS NETS                                   |                | NEW-YORK, PENNSYLVANIE, VIRGINIE DE L'OUEST ET OHIO SUB-EST |       | OHIO NORD-OUEST |       | PUITS FORÉS   |       | MOYEN PRIX DE L'HUILE SWEET |                |         |
|--------|-------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|-------|---------------|-------|-----------------------------|----------------|---------|
|        | New-York, Pennsylvanie, Virginie de l'Ouest et Ohio Sud-Est |                | Ohio (Nord-O.) Indiana, Pipe-Lines de Buckeye. |                | Huilte avec Réserveirs de la ligne de tuyaux, 31 décembre |                | Huilte de Lima Lignes de Buckeye, 31 décembre |                | Produit-Teurs                                               |       | Produit-Teurs   |       | Produit-Teurs |       | MOYEN PRIX DE L'HUILE SWEET |                |         |
|        | Barils                                                      | de 42 gallons. | Barils                                         | de 42 gallons. | Barils                                                    | de 42 gallons. | Barils                                        | de 42 gallons. | Secs                                                        | Total | Secs            | Total | Secs          | Total |                             |                |         |
| 1880   | 26,206,631                                                  | 38,940         | 26,019,704                                     | 4,059          | 4,194                                                     | 135            | 4,194                                         | 4,194          | 135                                                         | 4,194 | 135             | 4,194 | 135           | 4,194 | 124 3/8                     | Avril 74 1/4   | 94 1/4  |
| 1881   | 27,327,509                                                  | 33,867         | 34,596,612                                     | 3,676          | 3,846                                                     | 170            | 3,846                                         | 3,846          | 170                                                         | 3,846 | 170             | 3,846 | 170           | 3,846 | 101 1/4                     | Juillet 78 1/2 | 85 1/2  |
| 1882   | 30,171,500                                                  | 39,761         | 36,800,000                                     | 3,088          | 3,270                                                     | 182            | 3,270                                         | 3,270          | 182                                                         | 3,270 | 182             | 3,270 | 182           | 3,270 | 135                         | Juillet 83 1/4 | 78 3/4  |
| 1883   | 23,234,389                                                  | 47,632         | 36,800,000                                     | 2,642          | 2,900                                                     | 258            | 2,900                                         | 2,900          | 258                                                         | 2,900 | 258             | 2,900 | 258           | 2,900 | 124 3/4                     | Janv. 83 1/4   | 105 7/8 |
| 1884   | 23,862,209                                                  | 90,081         | 33,800,000                                     | 2,085          | 2,308                                                     | 253            | 2,308                                         | 2,308          | 253                                                         | 2,308 | 253             | 2,308 | 253           | 2,308 | 115 3/8                     | Juin 51 1/4    | 85 7/8  |
| 1885   | 20,567,041                                                  | 650,000        | 34,428,341                                     | 2,481          | 2,857                                                     | 376            | 2,857                                         | 2,857          | 376                                                         | 2,857 | 376             | 2,857 | 376           | 2,857 | 112 5/8                     | Janv. 68       | 88 3/8  |
| 1886   | 25,920,000                                                  | 1,782,970      | 34,156,605                                     | 2,941          | 3,525                                                     | 584            | 3,525                                         | 3,525          | 584                                                         | 3,525 | 584             | 3,525 | 584           | 3,525 | 92 1/4                      | Avril 69       | 71 3/8  |
| 1887   | 22,501,193                                                  | 5,018,015      | 28,006,211                                     | 1,267          | 1,594                                                     | 427            | 1,594                                         | 1,594          | 427                                                         | 1,594 | 427             | 1,594 | 427           | 1,594 | 90                          | Juillet 54     | 66 5/8  |
| 1888   | 16,504,116                                                  | 40,010,868     | 18,995,814                                     | 1,133          | 372                                                       | 1,505          | 372                                           | 1,505          | 372                                                         | 1,505 | 372             | 1,505 | 372           | 1,505 | 100                         | Juin 71 3/8    | 87      |
| 1889   | 22,031,548                                                  | 12,741,466     | 11,562,593                                     | 4,565          | 911                                                       | 5,476          | 911                                           | 5,476          | 911                                                         | 5,476 | 911             | 5,476 | 911           | 5,476 | 112 1/2                     | Avril 79 1/2   | 94 1/8  |
| 1890   | 29,344,113                                                  | 15,000,000     | 9,443,744                                      | 5,339          | 1,053                                                     | 6,392          | 1,053                                         | 6,392          | 1,053                                                       | 6,392 | 1,053           | 6,392 | 1,053         | 6,392 | 107 7/8                     | Déc. 60 3/4    | 86 5/8  |
| 1891   | 34,344,113                                                  | 14,500,000     | 15,254,233                                     | 2,717          | 673                                                       | 3,390          | 3,390                                         | 3,390          | 673                                                         | 3,390 | 673             | 3,390 | 673           | 3,390 | 81 3/8                      | Avril 50       | 66 7/8  |
| 1892   | 32,761,559                                                  | 13,874,288     | 17,396,389                                     | 1,517          | 437                                                       | 1,954          | 1,954                                         | 1,954          | 437                                                         | 1,954 | 437             | 1,954 | 437           | 1,954 | 64 1/8                      | Janv. 52 7/8   | 64      |
| 1893   | 30,933,298                                                  | 14,451,195     | 12,411,183                                     | 1,540          | 416                                                       | 1,956          | 1,956                                         | 1,956          | 416                                                         | 1,956 | 416             | 1,956 | 416           | 1,956 | 80                          | Oct. 50        | 55 1/2  |
| 1894   | 30,951,992                                                  | 16,074,359     | 6,336,777                                      | 2,884          | 872                                                       | 3,756          | 3,756                                         | 3,756          | 872                                                         | 3,756 | 872             | 3,756 | 872           | 3,756 | 95 3/4                      | Janv. 78 1/2   | 83 3/4  |
| 1895   | 30,406,375                                                  | 18,415,631     | 5,161,904                                      | 5,551          | 1,587                                                     | 7,138          | 7,138                                         | 7,138          | 1,587                                                       | 7,138 | 1,587           | 7,138 | 1,587         | 7,138 | 269                         | Janv. 98 1/2   | 135 1/4 |

Les Kentucky, Permese, Kansas, Colorado, Californie, produisent tous un peu de pétrole, mais il n'y a pas eu de statistiques sérieuses sur la production de ces pays.

Le Canada produit moins de 1,000,000 de barils par an et toute information officielle sur les stocks on la production serait à obtenir du Ministère de l'Intérieur de ce pays et cela à grands frais.

Les districts de production du pays de l'huile ont complètement changé dans les dernières années, depuis la réunion des différents "Pipe-Lines" en la "National Transit Co."

Les South Western Pipe-Line, Side Water Pipe-Line, Eureka — Mellon — Macksburg — New York Transit —

ont toutes assurées par la National Transit Co et on ne tient aucun détail des endroits où l'huile est produite.

La ligne des États-Unis contrôle les lignes des C<sup>ies</sup> suivantes :  
Producers and Refiners C<sup>y</sup>,  
Emery Oil Co.,  
Elsk Oil Co.

Toutes les C<sup>ies</sup> des États-Unis ont deux tuyaux et travaillent l'huile brute et raffinée.

Probablement 2,000 à 3,000 barils d'huile de Pensylvanie sont expédiés réguliers de la Pipe-Line Co.  
Dans les "Buckeye" la plus grande ligne seulement fait des rapports réguliers et environ 1/3 de la production de Lima n'est pas comptée.

TOTAL DES EXPORTATIONS DE PÉTROLE POUR L'EUROPE  
ET LE FAR WEST.

| ANNÉES | BARILS<br>en vrac à 50 gallons<br>par baril | CAISSES<br>de 10 gallons | BARILS<br>en vrac à 50 gallons<br>par baril |
|--------|---------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
|        | Raffiné                                     | Raffiné                  | Brut                                        |
| 1880   | 4.185.984                                   | 5.590.142                | 788.435                                     |
| 1881   | 5.998.874                                   | 12.161.233               | 891.871                                     |
| 1882   | 5.511.509                                   | 12.217.375               | 883.277                                     |
| 1883   | 5.589.551                                   | 13.032.009               | 1.202.611                                   |
| 1884   | 5.042.682                                   | 14.739.077               | 1.564.179                                   |
| 1885   | 5.266.275                                   | 16.525.844               | 1.584.109                                   |
| 1886   | 5.828.213                                   | 17.007.397               | 1.487.516                                   |
| 1887   | 5.937.084                                   | 16.430.625               | 1.579.383                                   |
| 1888   | 5.639.170                                   | 13.432.867               | 1.233.778                                   |
| 1889   | 6.212.009                                   | 19.248.341               | 1.423.866                                   |
| 1890   | 6.702.803                                   | 17.437.068               | 1.446.349                                   |
| 1891   | 6.847.779                                   | 13.846.507               | 1.565.581                                   |
| 1892   | 7.425.008                                   | 14.691.917               | 1.785.696                                   |
| 1893   | 9.084.838                                   | 22.848.026               | 2.006.705                                   |
| 1894   | 10.017.688                                  | 17.577.095               | 1.905.794                                   |
| 1895   | 9.990.247                                   | 13.492.954               | 1.913.839                                   |

*Raffinage du pétrole américain en France*

Le raffinage du pétrole en France s'effectue d'une façon différente suivant qu'on a ou non en vue l'extraction de la paraffine.

Usine des fils de A. Deutsch à Rouen.

L'opération présente trois phases :

- a) 1<sup>re</sup> distillation dans des cornues en tôle permettant la séparation des essences et huiles lampantes d'avec 10 à 20 pour 100 de résidus qui restent dans la chaudière.
- b) Distillation rapide des résidus précédents dans

des blacks-pots, permettant la transformation d'une certaine quantité d'huiles lourdes en huiles lampantes, avec production de coke que l'on défourne, et de gaz qui s'échappent et sont brûlés dans les foyers.

c) Séparation de la paraffine par refroidissement des huiles lourdes.

Dans l'opération a) on sépare 10 à 15 pour 100 d'essences tout venant qu'on reçoit jusqu'à la densité de 0,740-0,745, à partir de ce moment on recueille les huiles lampantes de 1<sup>er</sup> jet, 50 pour 100 environ pesant en moyenne 0,800. Enfin, on obtient 20 pour 100 d'huiles intermédiaires ou de 2<sup>e</sup> jet: leur densité moyenne est d'environ 0,825.

Les essences sont purifiées à l'acide et à la soude, puis traitées à la vapeur et fractionnées suivant les besoins. Dans cette opération il reste un résidu composé d'huiles légères que l'on réunit aux huiles lampantes de 1<sup>er</sup> jet.

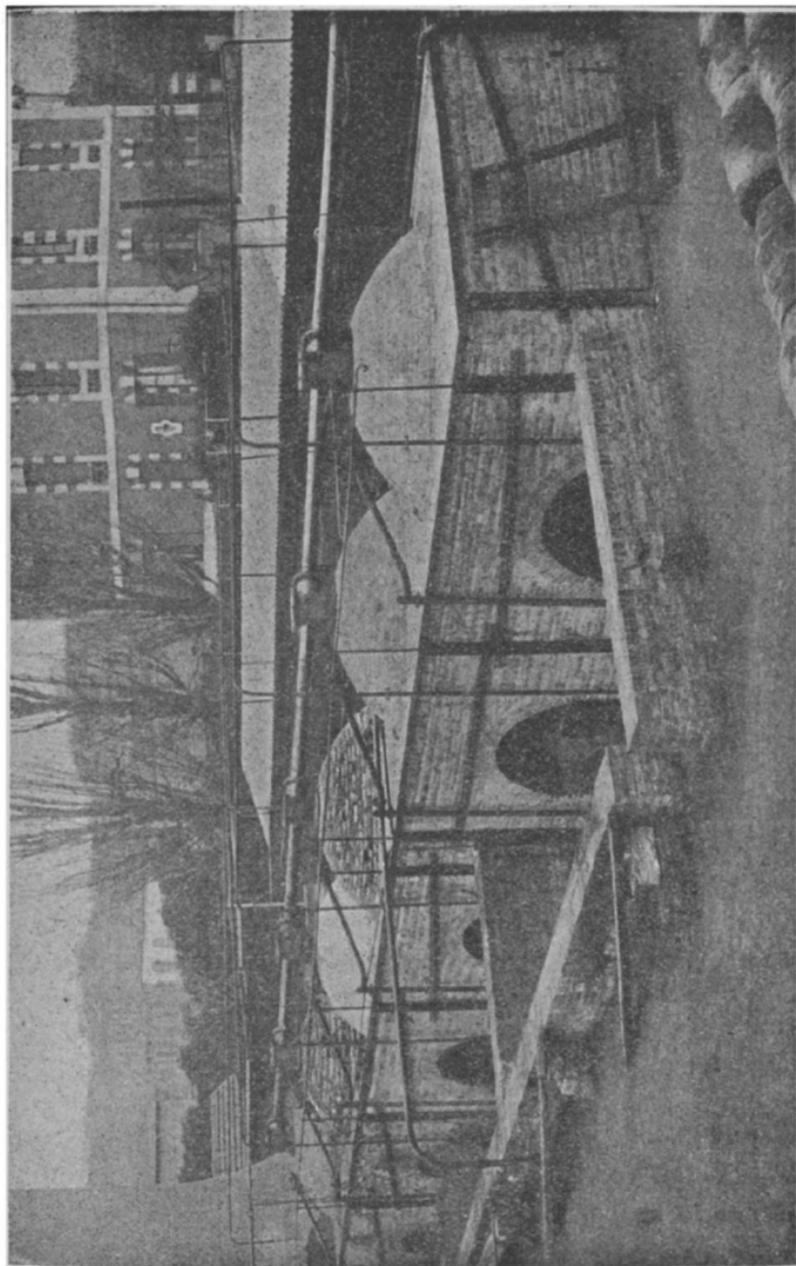
Les huiles lampantes de premier jet sont purifiées à l'acide et à la soude, puis lavées, séchées et vendues.

Les huiles lampantes de second jet sont mises de côté.

Dans l'opération b) les 10 à 15 pour 100 de produits qui restent dans les chaudières lorsque l'opération a) est terminée, sont envoyés dans un serpentin qui les refroidit et de là dans les black-pots représentés figure 37.

Ces black-pots ont la forme d'un cylindre vertical terminé par un fond sphérique dont l'épaisseur est de 0,08. Ils sont munis de trous d'homme pour le nettoyage et leurs serpentins possèdent des déflegmateurs spéciaux qui permettent de séparer de premier jet les produits les plus volatils provenant de la dissociation des huiles lourdes et de les isoler des produits inflammables.

Lorsque l'on envoie les résidus des premiers alam-  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



**Fig. 37. — Black-pots.**  
D'après une photographie communiquée par MM. Desmarais frères.

bics de distillation dans les seconds, il arrive parfois qu'il se produit des dissociations brusques, provoquant le dégagement d'un grand volume de corps gazeux qui forment des mélanges détonnants sous l'influence de la température qui règne dans les chaudières.

Cette action est si brusque qu'elle ne peut être comparée qu'à une explosion de grisou et bien que les appareils soient en communication avec l'air libre, il est arrivé que, malgré l'usage de soupapes de sûreté, on n'a pu éviter l'explosion.

Lorsque cet accident se produit, il est des plus graves non seulement parce que la secousse est telle qu'elle peut être ressentie à plus d'un kilomètre, mais aussi en raison de l'incendie qui en est la conséquence fatale.

Cet accident est très rare dans les pays où l'on rencontre de riches gisements oléifères, parce que les raffineries qui y sont établies n'ont que rarement intérêt à pousser aussi avant la distillation.

Les black-pots sont souvent disposés par batteries de 8 à 10. On y mène la distillation assez rapidement et l'on recueille 1 à 2 pour 100 d'huiles lampantes de second jet 0,830-0,840 que l'on réunit à celles qui proviennent de l'opération *a*), puis 8 à 16 pour 100 d'huiles lourdes d'une densité moyenne de 0,850. On les refroidit, dans l'opération *c*), et, par pression, on extrait environ 5 pour 100 de paraffine brute. Les huiles lourdes ainsi déparaffinées pèsent environ 0,849, on y ajoute les deuxièmes jets et on redistille le tout lentement dans des chaudières en tôle, à la façon du pétrole brut. On en extrait ainsi des huiles de premier et de second jet, des huiles lourdes, du coke et des gaz que l'on traite et que l'on emploie comme les produits de mêmes noms extraits directement du brut.

Reste dans les black-pots du coke.

Le tableau suivant résume ce traitement.

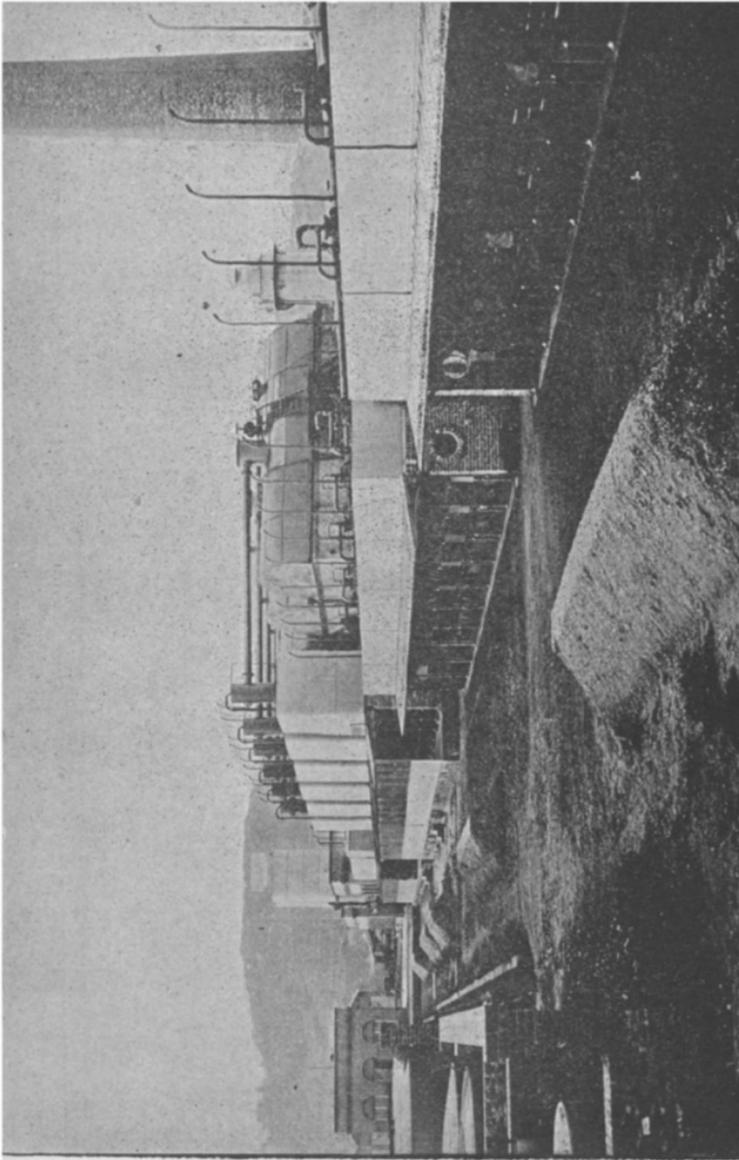


Fig. 38. — Appareils distillatoires de la raffinerie « La Luciline » à Rouen.  
D'après une photographie communiquée par M. Henry Deutsch.

1. Les flèches indiquent de quelle façon sont réunies les diverses fractions.
2. Il faut remarquer qu'on peut toujours transformer par la distillation lente une huile lourde en produits plus légers, de sorte que, par une série de distillations, on la transformerait totalement en gaz, huile lampante, essence et coke.

1° Des gaz que l'on brûle ;  
 2° Des essences qui, traitées à la vapeur, fournissent . . . . .  
 3° Huiles lampantes D = 0.800

{ Gazoline à 0.650  
 Essences diverses jusqu'à 0.740  
 Résidus pesant 0.770 }

4° Huiles intermédiaires D = 0.825

1° Des gaz que l'on brûle.  
 2° Des huiles intermédiaires à 0.830 - 0.840  
 3° Des huiles lourdes que l'on refroidit . . . . .  
 4° Des huiles vertes.  
 5° Une graisse.

{ Il se passe à la distillation }  
 { Il reste dans la cornue un résidu }  
 { que l'on fait passer dans les black-pots }  
 { où on les distille. }

{ Il passe à la distillation }  
 { dans les appareils }  
 { du coke. }  
 Ce mélange sert à chauffer les foyers.

1° des gaz.  
 2° des essences lourdes et d'huiles intermédiaires est redistillé/entement dans des chaudières en tôle.  
 3° des huiles lampantes.  
 4° des huiles intermédiaires.  
 5° des résidus.  
 6° du coke.

{ Le mélange d'huiles lourdes et d'huiles intermédiaires est redistillé/entement dans des chaudières en tôle. }  
 Il fournit :

Il passe à la 1<sup>re</sup> distillation

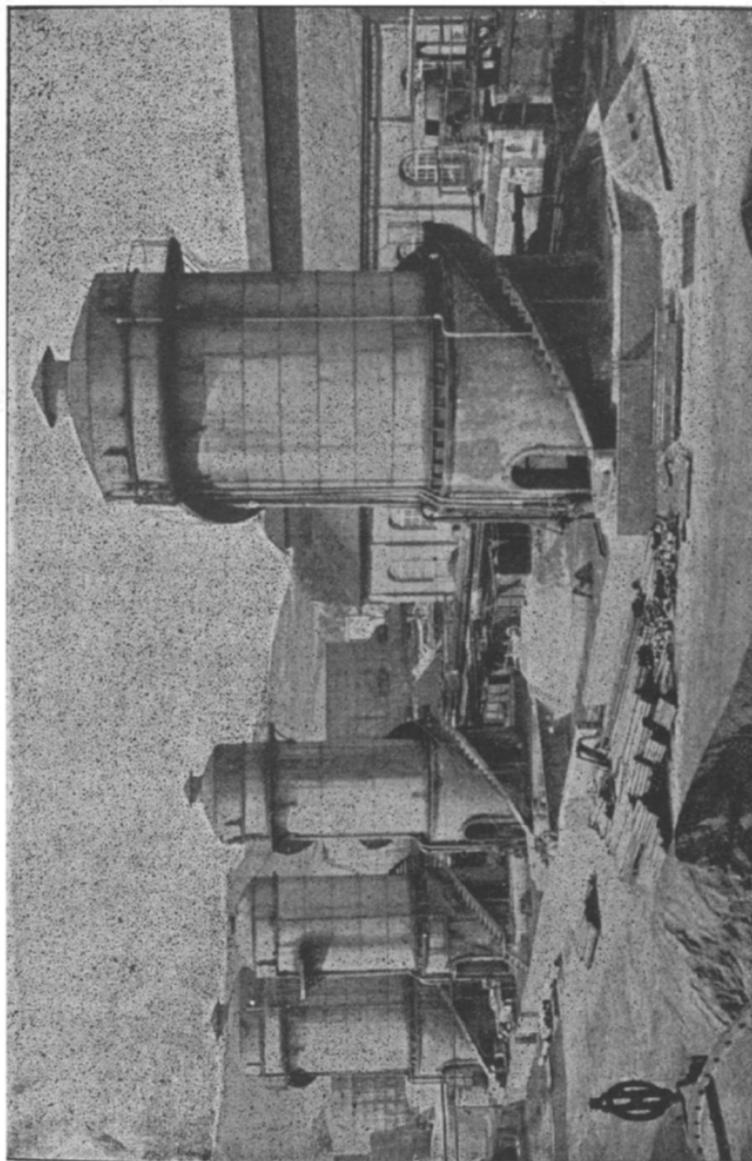


Fig. 39. — Agitateurs de la raffinerie « La Luciline » à Rouen.  
D'après une photographie communiquéé par M. Henry Deutsch.

**Usine de la Société Desmarais frères au Havre,**

a) On charge dans les chaudières en tôle environ 65,000 kilogrammes de brut et l'on distille de façon à ne laisser que 15 pour 100 de résidus.

b) Les résidus sont envoyés dans les black-pots où on les distille.

On recueille ainsi en bloc diverses sortes d'huiles qui passent à la distillation et il reste environ 1,950 kilogrammes de brai.

La figure 40 (pages 222-223) représente un groupe de 6 black-pots de l'usine Desmarais au Havre.

Dans l'opération a) on fractionne de premier jet les essences jusqu'à 0,740, les lampants de 0,740 à 0,820 et les huiles lourdes dont la densité moyenne est de 0,840 environ.

Ces dernières sont chargées par 35,000 kilogrammes à la fois dans les mêmes chaudières en tôle que celles que l'on emploie pour le brut et qui, par conséquent, se trouvent chargées de beaucoup moins de liquide que dans les opérations pour brut, et on distille lentement, ce qui permet d'extraire un mélange d'essences, d'huiles lampantes et d'huiles lourdes qu'on redistille avec les bruts. Le résidu 15 pour 100 est traité comme le résidu des huiles brutes, dans les black-pots.

Dans l'opération b) les huiles distillées sont recueillies en bloc et redistillées avec les bruts.

La figure 41 (p.227) est une reproduction d'une photographie communiquée par MM. Desmarais; elle montre un groupe de réservoirs destinés à recevoir les divers produits de la distillation effectuée à leur usine de Blaye.

Le tableau suivant résume la marche de cette raffinerie.



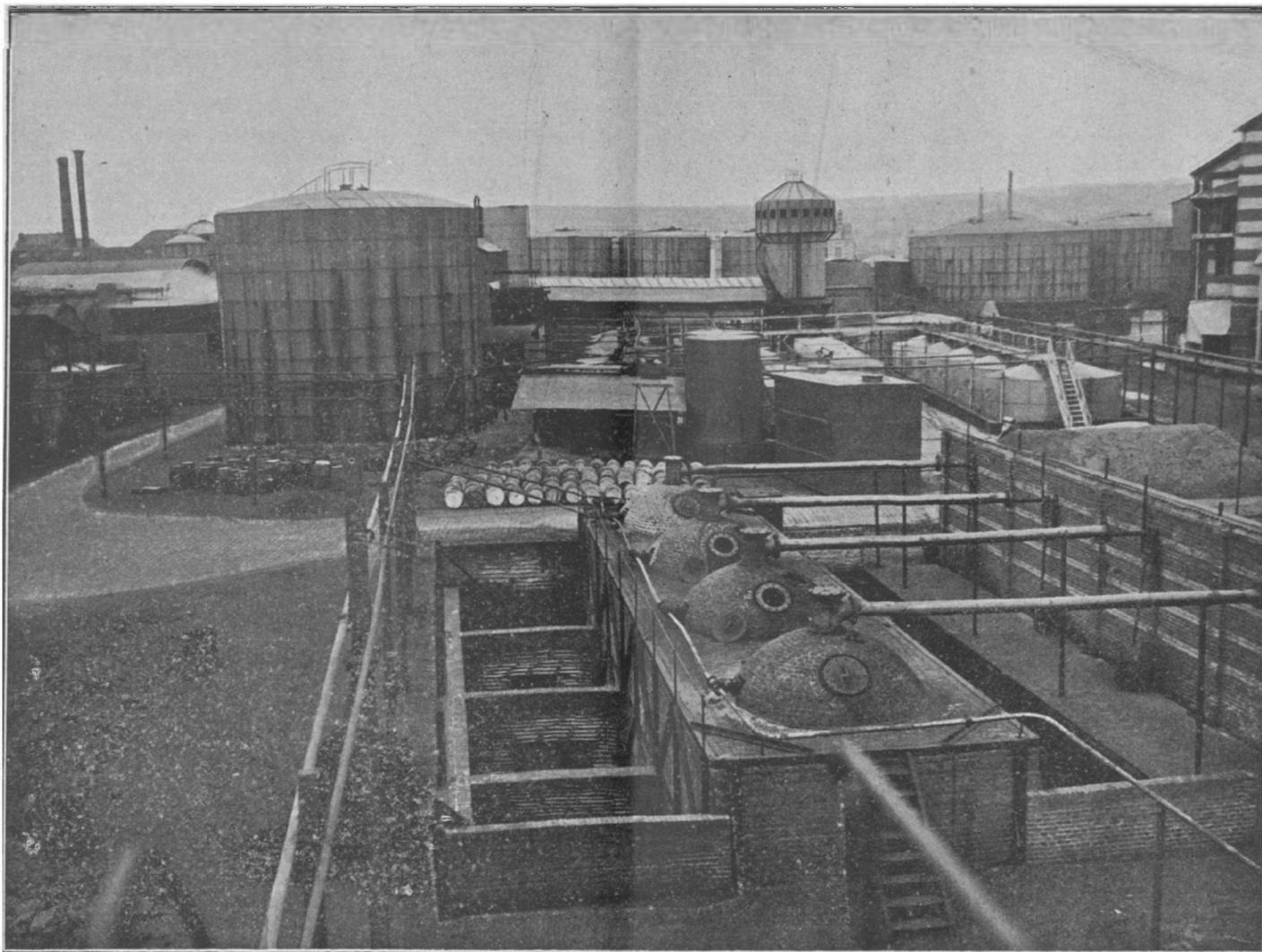
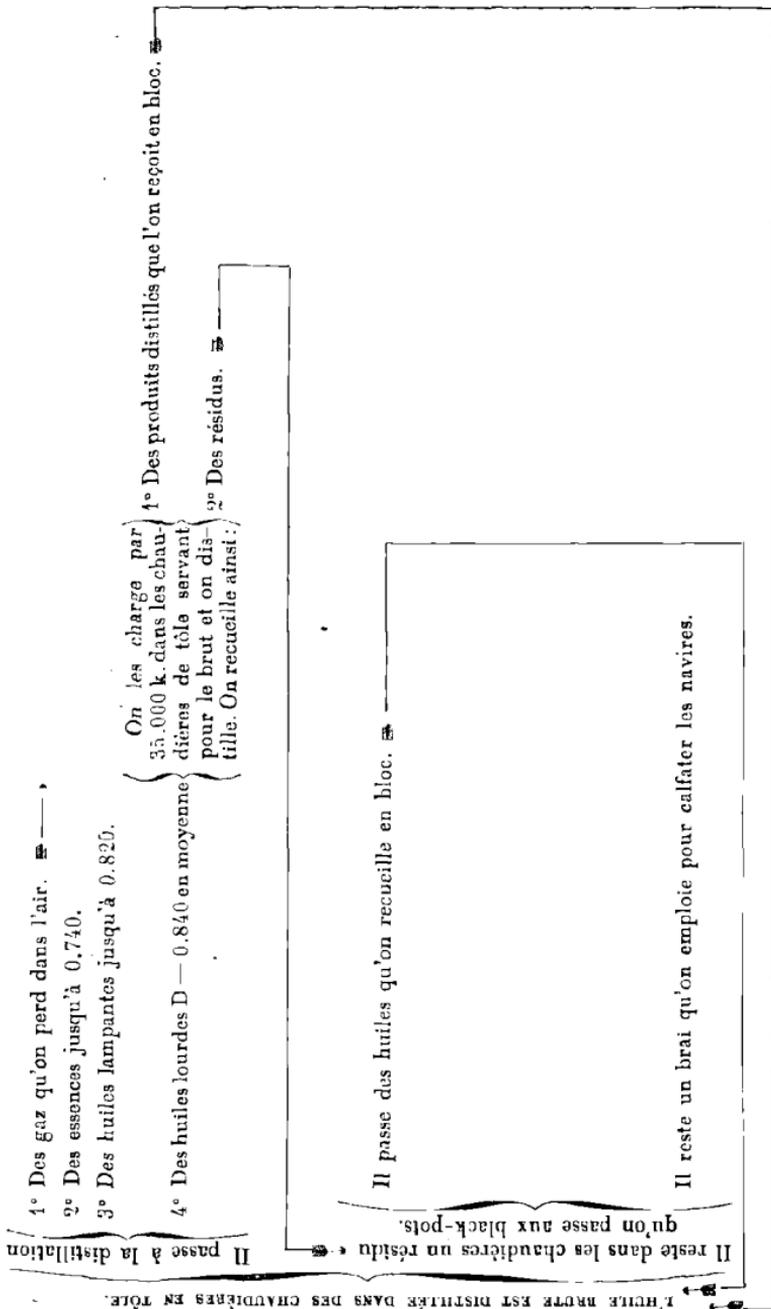


FIG. 40. — Vue d'ensemble des principaux appareils de distillation et de raffinage de l'usine Desmarais frères, au Havre.





### Usine de la Société anonyme des huiles minérales de Colombes

Le traitement du pétrole brut américain est effectué en vue d'obtenir des essences et de l'huile lampante. Les produits accessoires sont du coke et du gaz.

La distillation présente deux phases :

a) Distillation et fractionnement en essences et huiles lampantes des carbures forméniques. Elle s'effectue dans des chaudières en tôle.

b) Dissociation des huiles paraffineuses pour les transformer en produits lampants miscibles aux précédents, dans des proportions déterminées par la constitution même du pétrole brut mis en œuvre.

Cette seconde opération, qui commence déjà dans les chaudières en tôle de grande capacité, se termine et s'effectue en presque totalité dans des chaudières en fonte dites *black-pots*.

a) Les chaudières en tôle ont une capacité de 60 à 110 mètres cubes; elles sont chauffées à feu nu. L'opération est suivie à l'aréomètre et *contrôlée avec un thermomètre enregistreur plongeant dans le liquide*.

Les produits distillés sont partagés en :

1<sup>o</sup> Essence désignée *essence brute tout venant* (23 pour 100 en poids environ), comprenant tous les carbures passant jusqu'à la densité 0,745 à 15° centigrades;

2<sup>o</sup> Les huiles désignées *Distillés (1<sup>er</sup> jet)* (39 pour 100 en poids environ), comprenant les produits passant entre 0,745 et 0,813 à + 15°;

3<sup>o</sup> Les huiles désignées *Distillés (2<sup>o</sup> jet)* (20 pour 100 en poids), prises à partir de la densité 0,813. Ces huiles renferment des carbures légers et inflammables résultant du commencement de dissociation qui se produit à peu près à partir du passage vers 360° et de la densité 0,813.

Dès ce moment la densité cesse en effet d'augmenter

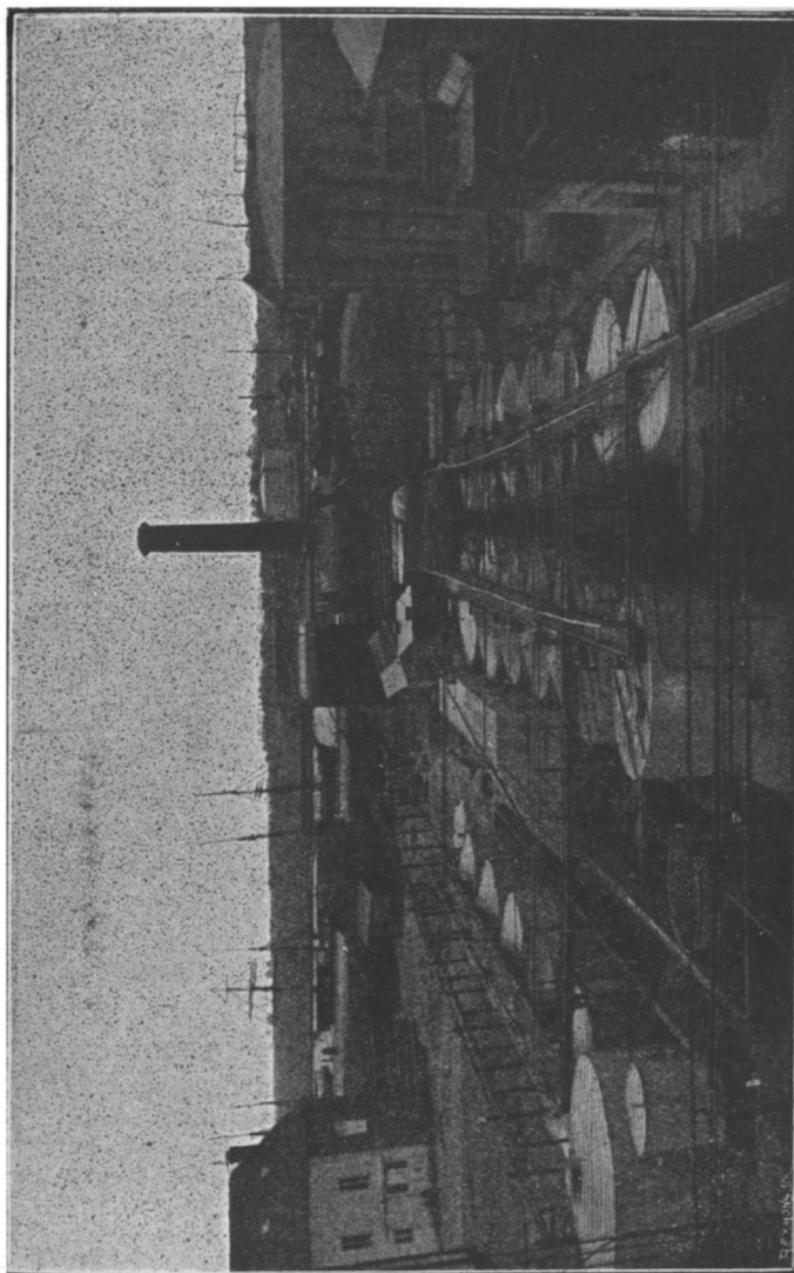


Fig. 41. — Groupe de réservoirs recevant les produits de distillation.  
D'après une photographie communiquée par MM. Desmarais frères.

et varie avec le chauffage et le temps. On cesse le feu lorsqu'il reste une quantité déterminée de résidus (17 pour 100 en poids environ). La perte est de 2 pour 100.

b) Ces résidus sont évacués, à la température de 300° environ, dans des réchauffeurs où ils sont maintenus à cette température et conduits ensuite dans les black-pots.

Les black-pots en fonte ont une capacité de 12 à 14 mètres cubes; ils sont alimentés d'une manière *continue* avec le liquide des réchauffeurs; la quantité de résidus qu'ils contiennent est donc aussi constante que possible.

Les produits distillés sont partagés en :

1° Huiles (71 pour 100 en poids) désignées *Distillés* deuxième jet, ou huiles miscibles que l'on réunit aux huiles de même nom obtenues précédemment;

2° Huiles lourdes, graisses, résines (9 pour 100 en poids). Les huiles lourdes font retour au pétrole brut. Le résidu est formé de coke (10 pour 100 en poids). La perte est d'environ 10 pour 100.

Une opération dans un black-pot comporte moyennement la dissociation des résidus provenant de 119,000 kilogrammes de pétrole brut distillé dans les chaudières<sup>1</sup>.

#### Purification

On est en présence :

1° De l'essence brute tout venant;

1. Comme la séparation des divers produits du black-pot n'est jamais absolue, on obtient des termes intermédiaires qui doivent être à nouveau rectifiés. Cette opération se pratique aussi bien pour les essences que pour les huiles lourdes. Dans le 1<sup>er</sup> cas elle a pour but de séparer les huiles lourdes des essences qu'elles rendaient grasses, tandis que dans le second elle a pour effet de purger l'huile lourde des huiles légères et des gaz qu'elle pourrait retenir et qui la rendraient trop inflammable.

- 2° Des distillés (1<sup>er</sup> jet) (carbures non dissociés);
- 3° Des distillés (2<sup>e</sup> jet) (carbures dissociés provenant des chaudières et des black-pots);
- 4° D'huiles lourdes paraffinées;
- 5° De coke;
- 6° De gaz résultant de la dissociation.

**A. Essence.** — L'essence brute tout venant est traitée par l'acide sulfurique 66° et par la soude caustique; le produit est ensuite rectifié au moyen de la vapeur à 140° dans un appareil spécial; il fournit:

1° Soit l'essence commerciale désignée *essence rectifiée* formée par la réunion de la totalité des carbures passant jusqu'à la densité 0,740 (température des vapeurs 130°).

Soit les différents carbures exigés par l'industrie et appelés gazoline (0,650, benzolines diverses (0,680, 0,700, 0,710, 0,720, 0,730) essence à détacher et dissolvants des corps gras;

2° Comme résidus de l'opération, restant dans l'appareil, les carbures plus lourds qui ont été entraînés avec les précédents lors de la distillation du pétrole brut dans les chaudières.

Ces résidus sont appelés *distillés légers*.

**B. Huile lampante.** — Elle est constituée avec:

- 1° Les distillés légers ci-dessus;
- 2° Les distillés (1<sup>er</sup> jet) obtenus à la distillation dans les chaudières;
- 3° Les distillés (2<sup>e</sup> jet) préalablement traités par injection de vapeur, afin de leur enlever, par volatilisation et entraînement, les carbures les plus légers résultant de la dissociation qui rendent ces huiles éminemment inflammables.

Ces carbures légers existent dans les deuxièmes jets, dans la proportion de 7 à 8 pour 100, en poids; ils sont ajoutés à l'essence brute tout venant.

Ces trois éléments constitutifs de l'huile lampante sont mélangés dans les proportions déterminées par la composition même du pétrole brut.

Le mélange, après traitement à l'acide sulfurique 66° et au carbonate de soude, constitue, après filtration, l'huile lampante.

**C. Huiles lourdes.** — Elles sont produites 1 1/2 à 2 pour 100 du brut dans les black-pots, à la fin de l'opération, au moment de pratiquer le séchage ou la calcination. Elles rentrent dans la fabrication par addition au pétrole brut chargé dans les chaudières.

**COKE.** — Est employé concurremment avec le gaz pour le chauffage des black-pots (1 1/2 à 2 0/0 en poids du pétrole brut), ou à la fabrication des crayons électriques.

**GAZ.** — Est produit en quantités importantes dans les différentes opérations. On a constaté :

1° à la distillation du pétrole brut dans les chaudières (période de dissociation) :

0<sup>m</sup>c 270 par 100 kilogrammes de pétrole brut.

2° à la dissociation des résidus dans les black-pots :

3<sup>m</sup>c 250 par 100 kilogrammes de résidus.

3° à la vaporisation du deuxième jet :

0<sup>m</sup>c 320 par 100 kilogrammes de distillés.

Les gaz produits dans ces diverses opérations sont recueillis par des canalisations spéciales, refroidis à la température la plus basse possible, lavés ensuite à l'huile grasse de façon à être privés de la plus grande quantité possible de leurs carbures liquides. Ils sont ensuite emmagasinés dans un gazomètre et distribués pour l'éclairage et le chauffage.

Les huiles grasses qui ont servi à les laver sont traitées par un courant de vapeur, elles abandonnent ainsi les carbures très volatils qu'elles ont dissous ; ceux-ci sont condensés dans des serpentins.

Le tableau suivant résume les différentes opérations dont nous avons parlé.

|                                                                          |        |                                                                       |       |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------|
| Pétrole brut 100                                                         |        |                                                                       |       |                                               |
| Essence tout venant. . . . .                                             | 23 0/0 | Gazoline, benzolines, essence rectifiée commerciale (73 0/0). . . . . |       | 18.56                                         |
| (A) Essence de vaporisation des distillés de 2 <sup>e</sup> jet. . . . . | 2.43   |                                                                       |       |                                               |
|                                                                          | 25.43  | Distillés légers (34 0/0). . . . .                                    | 6.10  | Pétrole raffiné 73.00 après traitement. 70.00 |
| Distillés 1 <sup>er</sup> jet (39 0/0). . . . .                          |        |                                                                       | 39.00 |                                               |
| Distillés 2 <sup>e</sup> jet (20 0/0). . . . .                           | 20     | 2 <sup>e</sup> jet vaporisé (86.4 0/0). . . . .                       | 27.90 |                                               |
|                                                                          | 32.4   | (A)                                                                   |       |                                               |
| Distillés 2 <sup>e</sup> jet (73 0/0). . . . .                           | 12.4   | Essence de vaporisation (7.5 0/0). . . . .                            |       | 2.43                                          |
| Résidus 17 0/0                                                           |        | Huile lourde (11 0/0). . . . .                                        |       | 1.87                                          |
|                                                                          |        | Coke (10 0/0). . . . .                                                |       | 1.70                                          |
|                                                                          |        |                                                                       |       | 94.56                                         |

### Graisse jaune des black-pots

A la fin de l'opération de dissociation des résidus dans les black-pots, pendant la période du séchage du coke, il se dégage d'abondantes fumées jaunes, il se condense des huiles très denses, tenant en suspension une matière jaune.

Cette matière traitée par lavage à l'essence de pétrole laisse une poudre jaune-clair qui renferme le *pétrocène*.

Son point de fusion est 180°.

Le produit peut se sublimer.

Fondu, il donne par refroidissement une masse cristalline verte peu soluble dans l'alcool, soluble dans l'essence de pétrole, très soluble dans la benzine.

Le bichromate de potasse et l'acide sulfurique agissent à l'ébullition sur le pétrocène; il se forme un produit d'oxydation rouge-brique qui fond vers 210°.

Ce produit d'oxydation est partiellement soluble dans l'acide acétique cristallisable; la dissolution est rouge; le résidu est jaune et fond à 210°.

Il se dissout également en partie dans le carbonate de soude, à chaud; la solution est précipitée par l'acide chlorhydrique.

### Graisses noires

Les résidus évacués des chaudières de première distillation contiennent une quantité excessivement importante de vaseline brute. En les maintenant pendant un temps convenable à une température appropriée, on les amène à consistance pâteuse. Ils constituent alors un lubrifiant solide de la plus grande valeur.

En les purifiant un peu davantage, on peut les transformer en un produit très onctueux qui sert au graissage des sabots des chevaux.

## Sulfate d'ammoniaque

On utilise les goudrons acides, provenant du lavage des huiles lampantes, à la fabrication du sulfate d'ammoniaque. L'ammoniaque est fournie par la distillation d'eaux vannes, qui sont traitées dans une colonne agitée du système Mallet.

Comparaison entre les procédés de raffinage en France  
et aux États-Unis

Le système français et le système américain ne diffèrent donc que dans la manière de terminer le traitement.

En Amérique, on distille de premier jet jusqu'à ce que l'huile qui passe soit assez concentrée par la distillation et par la dissociation pour qu'on en retire économiquement la paraffine ; c'est le cas général. Il est rare qu'on se serve du résidu de la distillation pour fabriquer des huiles lourdes sans séparation de la paraffine, parce que les produits obtenus dans ces conditions sont de basse qualité, se troublent et se figent à trop haute température ; d'autre part, la fabrication de la vaseline est relativement peu importante.

En France, on arrête la distillation vers la fin, et on transporte le goudron épais, qui reste, dans le black-pot où on le chauffe jusqu'au coke.

En 1855, le professeur Sillimann, ayant entre les mains un échantillon de pétrole, lequel n'était pas encore un objet d'exploitation, remarqua que lorsqu'on le distille, le point d'ébullition, qui monte d'abord régulièrement, baisse à un certain moment et éprouve des variations ; il en conclut que le pétrole se détruit dans ces circonstances, à la façon d'une foule de composés organiques, et même il se demanda si le pétrole, tel qu'on le retire du sol, n'est déjà pas lui-même un produit de distillation destructive.

Aujourd'hui, si le second point est encore contro-

versé, le premier est hors de doute. La distillation, qui, au début, paraît n'avoir d'autre effet que de séparer les produits préexistants, donne bientôt lieu à une décomposition (cracking); la température oscille; des hydrocarbures, les uns plus légers, les autres plus lourds, prennent naissance en même temps que du charbon se sépare.

Les hydrocarbures du pétrole naturel sont presque exclusivement formés de carbures saturés homologues dont il existe plusieurs sortes isomères; après le cracking, ces hydrocarbures sont mélangés à d'autres de séries diverses, à des oléfines surtout.

Si la température n'est pas très haute, on obtient des carbures plus légers qui sont, pour la plupart, des liquides. Si la température est très haute, ces liquides deviennent de plus en plus volatils, gazeux même comme le formène, l'éthylène; il se forme, en résumé, du charbon, quelques carbures lourds et surtout des carbures plus légers, plus inflammables, à molécule moins chargée de carbone et d'hydrogène.

Cette destruction, donnant lieu à des composés moins complexes d'autres séries, a été vérifiée par Thorp et Joung sur les derniers termes de la série des carbures saturés, appelés aussi *paraffines*, qui sont solides et constituent la paraffine proprement dite.

Ils ont constaté qu'en la distillant sous pression, elle se décompose, pour la majeure partie, en carbures de la série des oléfines et, pour une faible partie, en carbures de la série des paraffines.

En dirigeant de la paraffine sur du coke porté au rouge, elle se transforme surtout en produits gazeux. (Voyez p. 150.)

Les hydrocarbures légers de la série saturée se comportent de même et nous verrons, dans la partie de cet ouvrage qui traite du chauffage par les produits du pétrole, que le naphte donne, par décomposition ignée,

des gaz combustibles qui sont utilisés dans diverses industries.

Ainsi la décomposition des huiles de pétrole par la chaleur a pour effet de produire des oléfines liquides, des gaz et du coke. Les oléfines liquides sont, pour l'éclairage, de qualité inférieure aux hydrocarbures saturés naturels du pétrole.

La méthode américaine est donc logique parce qu'elle se propose de retirer de l'huile brute les produits qui s'y trouvent, en leur faisant subir le moins d'altération possible : naphtes, pétroles lampants, huiles lourdes, paraffines. La méthode que suivent les raffineurs français, envisagée au point de vue scientifique, est au contraire absolument irrationnelle. Après avoir extrait le naphte et le pétrole lampants, on s'efforce de détruire les huiles lourdes excellentes pour le graissage ainsi que la paraffine qui a une valeur plus élevée et de les changer en huile d'éclairage, mais il faut remarquer que cette façon d'opérer leur était en quelque sorte imposée par l'ancien régime douanier qui leur donnait un avantage commercial à produire le plus possible de lampants. Depuis 1893, époque à laquelle les droits de douane ont été abaissés de moitié, certains raffineurs produisent la paraffine, ce qui indique que leur travail de raffinage tend à se rapprocher du système américain.

Au début de l'exploitation du pétrole, l'huile lourde étant à peu près sans valeur, 10 cents le gallon, M. Merrill la soumit au procédé Atwood, qui consiste à décomposer l'huile dans des vases en fonte par une température aussi peu élevée que possible sous l'action d'un courant de vapeur. Il obtint de l'huile à 0,800 de densité, qu'il vendait 90 cents à 1 dollar 40 le gallon.

On dit que la « Down Kérosène Company » a pratiqué longtemps ce genre de fabrication, qui doit donner

un rendement plus fort que la décomposition brutale par la chaleur, suivie en France, et fournir de meilleurs produits.

A quel moment de la distillation transvase-t-on le goudron de la cornue dans le black-pot? Suivant M. Deutsch et M. Lesieur, lorsqu'on a distillé environ 85 pour 100 de l'huile.

La question ainsi posée n'est pas résoluble, parce que l'arrêt doit varier avec la nature de l'huile sur laquelle on opère.

A notre avis, pour les huiles de Washington et de Parker, traitées en France, le transvasement doit être effectué beaucoup plus tard, au moment où le raffineur américain s'arrête lui-même, c'est-à-dire au moment où l'huile qui reste est assez concentrée pour permettre convenablement l'extraction de la paraffine.

#### Des divers produits extraits du pétrole en Amérique

Les dérivés du pétrole fabriqués aux États-Unis sont très variés et leurs désignations sont innombrables parce que chaque fabricant dénomme d'une façon différente des produits semblables. Voici pour mémoire les diverses substances que la *Standard Company* inscrit sur ses catalogues :

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Essences.</i></p> <p>Gazoline ordinaire.</p> <p>— désodorisée (0.636).</p> <p>— à 86 degrés Baumé (0.648).</p> <p>Gazoline à 80 degrés Baumé (0.666).</p> <p>Gazoline de 76 à 72 degrés, ordinaire (0.675 à 0.690).</p> <p>Gazoline de 76 à 73 degrés, désodorisé (0.675 à 0.690).</p> <p>Naphte brut (0.725 à 0.710).</p> | <p>Naphte désodorisé pour foyers (0.690 à 0.710).</p> <p>Naphte pour l'éclairage des rues (0.700 à 0.710).</p> <p>Benzine de 62 à 63 degrés, désodorisée (0.725 à 0.730).</p> <p>Naphte pour vernis, peintures (0.725 à 0.736).</p> <p>Naphte prime city.</p> <p>Pétrolène.</p> <p>Mitholène.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Huiles lourdes.*

Wool stock.  
 Matchless cylinder.  
 Shiard cylinder.  
 Model cylinder.  
 Capitol cylinder.  
 Omega cylinder.  
 Cosmos cylinder.  
 N° 1 Filtered cylinder.  
 N° 2 Filtered cylinder.  
 Bradford à 0,897.  
 Stoneham à 0,897.  
 Manchester spindle.  
 Cotton king compress oil.  
 Standard engine.  
 25 to 30 cold test oil.  
 15 cold test oil.  
 Zéro cold test.  
 Summer oil.  
 Smith's Ferry.  
 Mineral seal.  
 33 reduced Smith's Ferry.  
 Eldorado castor.  
 Eldorado engine.  
 Peerless machinery.  
 Llama Wool.  
 H. Filtered.  
 B. Filtered.  
 A. Filtered.  
 A. A. Filtered.  
 Machinery.  
 Challenge machinery.  
 A Cold test.  
 B Cold test.  
 Locomotive valve.  
 Atlantic red oil.  
 Zone paraffine.  
 Paraffine (0,910).  
 Paraffine (0,885).  
 Bagging oil.  
 Alexander neutral.  
 Bayonne extra.

XXX. Spindle.  
 U. S. Spindle.  
 Extra viscosity oil.  
 Vaseline.  
 Tar still wax coke.  
 Still wax.  
 Soap stock.  
 Red oil.  
 Magneto oil.  
 Black oil.  
 Paraffine oil (0,903).  
 — (0,886).  
 — (0,910).  
 — (0,905).  
 — (0,835).  
 — (0,875).  
 — (0,865).  
 Queens spindle oil.  
 Bayonne engine.  
 High viscosity oil.  
 Rope oil.  
 Signal oil.  
 N. cylinder.  
 Alaska cylinder.  
 Dynamo oil.  
 Crude wax 124 M. P.  
 Crude wax 137.  
 Crude wax 110.  
 Hard Refined wax 136.  
 Hard Refined wax 130.  
 Hard Refined wax 125.  
 Refined wax 120.  
 Soft raffined wax.  
 Candle.  
 Car Grease.  
 Axle Grease.

*Huiles lampantes.*

Huile pour la ville de New-York.  
 Huile pour l'État de New-York.  
 — de l'Ohio.

|                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Huile pour l'État d'Indiana.     | Astral oil.                   |
| — de Michigan.                   | Crown acme oil.               |
| — de Wisconsin.                  | Light house.                  |
| — de Minnesota.                  | Government.                   |
| — de Nebraska.                   | Headlight.                    |
| — de Kentucky.                   | Fire proof oil.               |
| — de S. Dakota.                  | Baltic.                       |
| — du Texas.                      | Java.                         |
| — de Iowa.                       | Perfection.                   |
| — de la Californie.              | Comet.                        |
| Celsius refined oil.             | Imperial brillant.            |
| Royal daylight oil (Angleterre). | Westminster.                  |
| Tea rose oil.                    | Home-light.                   |
| Brillant oil.                    | Pearl.                        |
| Radiant oil.                     | Safety.                       |
| Stove oil.                       | Mineral Seale 118 degrés Fl.  |
| Water-white oil.                 | et 149 degrés Burn.           |
| Prime-white oil.                 | Cars (Pullmann) 118 degrés    |
| Standard oil.                    | Fl. et 148 degrés Burn.       |
| Red oil.                         | Railroad 44 degrés Fl.        |
| Scarlet oil.                     | — 49 degrés Fl.               |
| White rose oil.                  | — 44 degrés Fl. et 76         |
| Eupion oil.                      | degrés Burn.                  |
| Focène oil.                      | Railroad (le plus répandu) 65 |
| Elaine oil.                      | degrés Burn.                  |

Nous n'allons nous occuper que des produits dont les noms sont généralement acceptés.

**ESSENCES.** — *Cymogène* gazeux à la température ordinaire, liquéfiable par le refroidissement et la pression.

Bout vers 0 degré, densité = 110 degrés Baumé.

Est utilisé pour la fabrication de la glace.

*Rhigolène* condensable dans la glace ou mieux dans un mélange de glace et de sel.

Bout à 18°3, densité 0,600, serait employé en médecine comme anesthésique.

*Éther de pétrole.* — Bout de 40 à 60 degrés, densité 0,650 à 0,660; sert à carburer l'air pour la fabrication

du gaz, utilisé comme dissolvant du caoutchouc et des huiles grasses.

*Gazolines.* — On donne ce nom au mélange très complexe qu'on obtient par la rectification des essences sans isoler les produits très légers et très volatils dont on vient de parler.

Bout de 50 à 90 degrés; densité de 0,635 à 0,670 et 0,690.

On en fabrique par distillation plusieurs sortes; les principales sont aux densités de 0,636, 0,645, 0,648, 0,666.

On les emploie pour beaucoup d'usages:

Carburant du gaz;

Chauffage dans les fourneaux de cuisine;

Chauffage de la petite industrie pour fondre, souder, etc. (le liquide est placé dans un réservoir supérieur communiquant aux appareils par un tube muni de robinets);

Éclairage des rues, dans les pays où il n'y a pas de gaz;

Dissolution des résines, essences, dans la fabrication des vernis et des toiles cirées;

Extraction des huiles de graines.

*Naphte.* — Bout de 80 à 110 degrés; densité de 0,680 à 0,725 et 0,736. Mêmes usages que la gazoline; sert surtout dans les pays plus chauds, ou quand la température devient élevée, pendant l'été.

Il en existe plusieurs sortes, qui se différencient par la densité et le point d'ébullition plus ou moins élevé.

On distingue la *ligroïne*, qui bout de 80 à 120 degrés, dont la densité est de 0,710 à 0,730. Employée comme dissolvant en pharmacie, comme combustible dans les lampes à éponges, qui sont rares en Amérique.

A New-York, l'emploi de l'essence est prohibé, dans

les maisons, pour l'éclairage; ce qui ne s'explique pas, puisque les produits plus légers et plus inflammables sont très usités pour le chauffage domestique et industriel.

*Benzine.* — Bout de 120 à 150 degrés; densité, 0,720 à 0,740 ou 0,745.

Très employée pour dégraisser, détacher, nettoyer les caractères d'imprimerie; pour remplacer l'essence de térébenthine dans les vernis, peintures, etc.

C'est dans cette catégorie qu'on doit ranger l'*heavy naphta*, ou essence lourde, qui est d'un usage considérable pour le chauffage; elle est trop lourde pour entrer dans les naphtes et trop légère pour passer aux pétroles lampants.

Ainsi, nous l'avons vue remplacer le charbon à la raffinerie de Bayonne, servir dans la fabrique de bidons de la « Standard Company », à New-York, pour fondre l'étain, étamer la tôle, souder, etc. Comme il faisait très froid à ce moment (30 janvier 1891), cette essence lourde était chauffée dans une enveloppe extérieure au réservoir qui la contenait; on peut l'entraîner aussi par un jet de vapeur ou par une injection d'air sous pression.

**HUILES D'ÉCLAIRAGE.** — Les huiles dont la densité est supérieure aux précédentes constituent les pétroles lampants. On a vu déjà qu'on les titre par deux étalons: la couleur et la combustion.

La couleur varie du jaune pâle (*Standard-white*) au blanc paille (*Prime-white*), pour arriver à la teinte blanche de l'eau (*Water-white*).

**HUILES LOURDES.** — Passons à la troisième sorte de produits, les huiles lourdes.

On a vu que certaines huiles sont lourdes à l'état naturel:

En Pensylvanie: à Smethport, Franklin et Smith's  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Ferry ; en Virginie : à Volcano ; dans l'Ohio : à Lima ; en Californie : au Colorado.

Certaines sont employées à l'état naturel, mais c'est l'exception ; la plupart sont soumises à l'action du feu (*reduced oil*) autrefois dans des appareils ouverts au soleil, actuellement dans des appareils distillatoires en s'efforçant de surchauffer le moins possible ; suivant la valeur du produit final, on les soumet à des épurations plus ou moins soignées par l'acide sulfurique, la soude, l'action prolongée de l'air, un courant de vapeur, etc.

La majeure partie des huiles lourdes est extraite du résidu que laissent les huiles ordinaires après l'extraction des essences et des produits lampants.

Dans quelques usines où l'on traite des pétroles ne contenant que des quantités très minimes de paraffines, on change directement le résidu en huile de graissage, mais c'est encore une exception. Les huiles de graissage sont généralement constituées par les huiles plus ou moins lourdes qui restent après l'extraction de la paraffine. Leur densité est très variable ; il en est de même pour leur viscosité qui est moindre que celle des huiles du Caucase à densité semblable ; celles-ci, d'ailleurs, ne renferment pas de paraffine et, par suite, elles ne figent pas quand elles se trouvent amenées à de basses températures.

PARAFFINE. — Le point de fusion des paraffines de pétrole fabriquées aux États-Unis varie suivant leur degré de pureté.

On en distingue trois sortes principales :

$$\text{Paraffine fondant à } \left\{ \begin{array}{l} 51^{\circ}6. \\ 53^{\circ}3. \\ 56^{\circ}2. \end{array} \right.$$

Les plus molles sont d'un blanc d'albâtre, opaques ; les plus dures sont d'un blanc bleuâtre translucide. On

les emploie pour l'éclairage, la préparation des tissus imperméables, la filature, la falsification des cires, etc.

Elles servent à enduire le bois, le liège, les métaux, en vue de les protéger de l'humidité, de l'action des acides et d'autres corps corrosifs, à fabriquer des allumettes de prix, des vernis hydrofuges, à préparer de la vaseline artificielle, à empeser le linge et surtout à préparer les enveloppes des cartouches de dynamite et des poudres de mines et de guerre.

**VASELINE OU PÉTRÉOLINE.**— Sa densité varie de 0,835 à 0,860. Elle fond à 40° environ; c'est un produit complètement neutre, inaltérable à l'air, se vaporisant sans répandre de vapeurs âcres et sans laisser de résidu. Ni les acides, ni les alcalis ne l'altèrent à froid. Elle ne peut être confondue avec la vaseline artificielle que l'on obtient en faisant dissoudre de la paraffine dans de l'huile de paraffine. En soumettant à une température de — 5° une solution de vaseline dans 3 parties d'éther, on en sépare un composé solide qui reste mou, offrant la composition de la paraffine, tandis que la solution éthérée abandonne, par évaporation du solvant, de l'huile lourde. En effectuant la même opération sur de la vaseline artificielle, on en extrait, au lieu d'un corps mou, de la paraffine cristallisée.

Les recherches d'Engler et Böhm ont montré que, sous l'influence d'une élévation progressive de température, la vaseline naturelle perd peu à peu de sa viscosité, tandis que, dans les mêmes conditions, la vaseline artificielle passe brusquement de l'état épais à l'état liquide.

Chauffée en vase clos à 110°, la vaseline absorbe de l'oxygène et fournit des dérivés acides (Frésenius), mais, à la température ordinaire, c'est-à-dire aux environs de 30°, elle ne subit pour ainsi dire aucune altération ainsi que l'ont prouvé les expériences de MM. Engler

et Böhm. Ces auteurs ont en effet prouvé qu'une couche mince de vaseline de 16 centimètres carrés n'avait absorbé que 0,015 d'oxygène en 14 jours à la température de 30°.

Elle est très employée en pharmacie pour la préparation des pommades, on l'utilise pour le graissage, la conservation des peaux, des objets en métal, on l'a aussi préconisée pour empêcher la mousse dans les sucreries, les distilleries et les fabriques d'extraits.

### Rendements

Au point de vue de leur rendement industriel en huiles d'éclairage, on peut classer les pétroles américains dans l'ordre suivant :

- Huiles claires de Washington.
- de Parkers, Clarendon, Foxburg.
- de Middle district.
- de Bradford.

Le rendement d'un pétrole brut américain à 45°, de New-York, de Pensylvanie, d'Ohio ou de Virginie occidentale donnerait, d'après une note due aux raffineurs français, les rendements suivants :

|                             |      |   |      |     |
|-----------------------------|------|---|------|-----|
| Gazoline. . . . .           | 1    | à | 1.5  | 0/0 |
| Naphte C. . . . .           | 10   |   | 10   | 0/0 |
| Naphte B. . . . .           | 2.5  |   | 2.5  | 0/0 |
| Naphte A. . . . .           | 2    |   | 2.5  |     |
|                             |      |   | 15.5 | à   |
|                             |      |   | 16.5 | 0/0 |
| Huile d'éclairage. . . . .  | 50   |   | 54   | 0/0 |
| Huile de graissage. . . . . | 17.5 |   | 17.5 | 0/0 |
| Cire de paraffine. . . . .  | 2    |   | 2    | 0/0 |
| Pertes. . . . .             | 15   |   | 10   | 0/0 |
|                             |      |   | 100  | 100 |

Les pertes se décomposeraient ainsi :

|                                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| Eau et sédiments. . . . .                                               | 0.5  |
| Evaporation au dépotage. . . . .                                        | 0.17 |
| Déperdition par pompage, circulation et séjour en<br>réservoir. . . . . | 0.50 |

*Première Distillation.*

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| Pertes en gaz non condensables. . . . . | 2.25 |
|-----------------------------------------|------|

*Deuxième Distillation.*

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| Déchets de distillation des résidus. . . . . | 0.90 |
|----------------------------------------------|------|

*Troisième Distillation.*

TRAVAIL DE DÉCOMPOSITION.

|                                                                                         |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Déchets de redistillation des huiles lourdes. . . . .                                   | 2.25  |
| Rectification des essences et benzines provenant de<br>la distillation du brut. . . . . | 0.65  |
| Traitement chimique. . . . .                                                            | 1.78  |
| Perte en coke. . . . .                                                                  | 2.00  |
|                                                                                         | <hr/> |
|                                                                                         | 11.00 |

Ces pertes sont manifestement plus fortes que celles qu'accusent les raffineries américaines et la diminution de rendement ne peut s'expliquer aisément.

## Pétrole Russe

### *Distillation et raffinage en Russie*

Le naphte extrait du sol est amené du plateau de Sourakhan aux usines de distillation au moyen de conduites ayant généralement 15 centimètres de diamètre. Les usines sont presque toutes groupées à l'Est de Bakou et en forment un faubourg auquel on a donné



FIG. 42. — Une fontaine jaillissante à Bakou.

D'après une photographie de M. H. Deutsch.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

le nom de Ville-Noire, en raison des torrents de l'épaisse fumée que dégagent les cheminées des distilleries.

L'outillage des raffineries moyennes se compose des appareils suivants : un réservoir en fer pour l'emmagasinage du naphte naturel ; des alambics de distillation chauffés par une partie du résidu de la distillation ; un réservoir pour le refroidissement de l'huile d'éclairage, des réservoirs pour la purification de celle-ci par les traitements successifs à l'acide sulfurique et à la soude caustique, des réservoirs pour l'emmagasinage des huiles d'éclairage, des essences et du résidu, un réseau de tuyaux reliant entre eux les réservoirs et l'alambic, de petites pompes servant à refouler l'huile dans ces tuyaux, enfin, des conduites établies avec des tuyaux en fer, d'une longueur variable de 150 mètres à quelques kilomètres, servant à conduire les huiles d'éclairage, les essences et le résidu soit aux embarcadères, soit dans d'autres usines. Les établissements qui se livrent à la fabrication d'huiles de graissage raffinées, extraites du *résidu*, possèdent pour ce travail un outillage spécial, identique à celui qui sert à la production de l'huile d'éclairage. Ajoutons que les fabricants qui tiennent à livrer des produits de bonne qualité injectent de la vapeur surchauffée dans les alambics de distillation.

On conçoit que la nature et les proportions des produits de la distillation varient suivant le mode de conduite de cette opération.

Au point de vue industriel, on peut considérer le pétrole brut russe comme composé de 3 parties différentes séparables par la distillation et qui sont formées :

1° De carbures passant avant 150° et qui constituent les essences que l'on n'emploie guère pour l'éclairage,

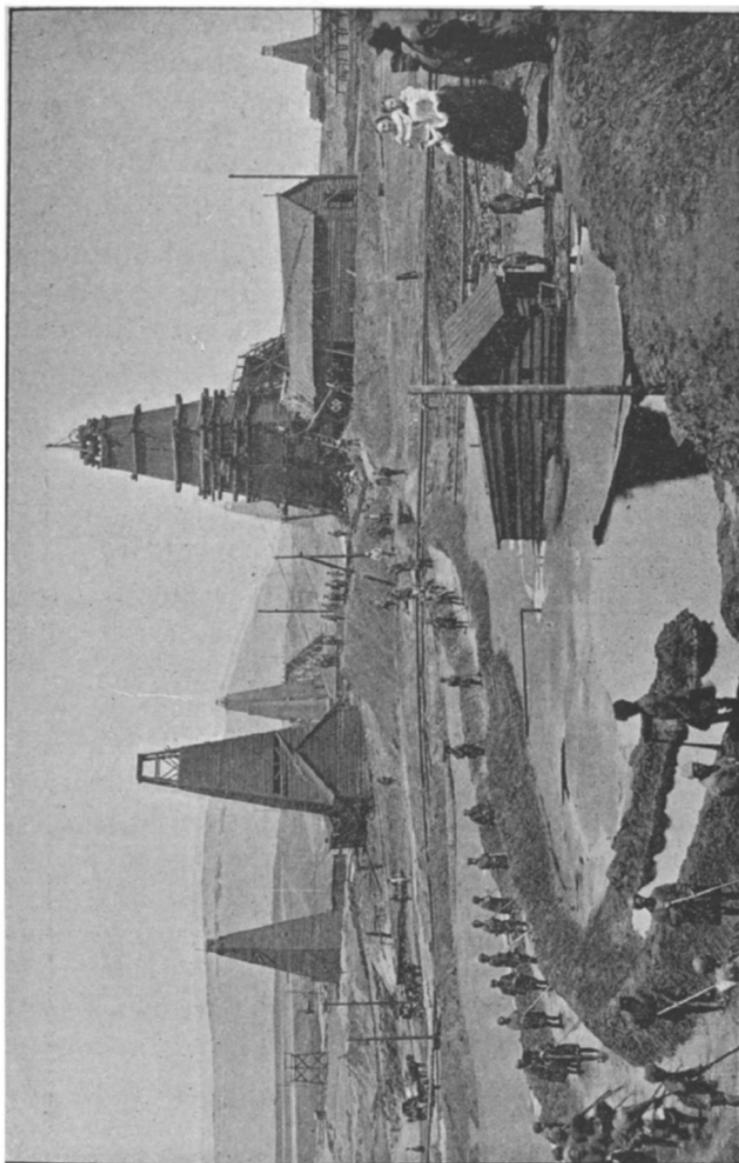


Fig. 43. — Exploitation d'une fontaine de Naphte à Bakou.  
D'après une photographie de M. Henry Deutsch.

en raison de leur inflammabilité, mais que l'on utilise comme dissolvants.

2° De carbures distillant entre 150 et 200° constituant les pétroles d'éclairage proprement dits.

3° D'un résidu distillant en grande partie entre 280 et 400° lorsqu'on fait intervenir la vapeur surchauffée et le vide.

En fractionnant les produits de la distillation de ce résidu, on en peut encore extraire des huiles lampantes, des carbures utilisables comme dissolvants ou comme matière première pour la préparation du gaz riche, des huiles de graissage, et des carbures à consistance molle, assez semblables à la vaseline.

Les appareils employés à Bakou pour distiller le naphte sont très variables comme forme et capacité.

Les anciennes usines employaient invariablement de petites chaudières cylindriques verticales de 12 à 15 mètres cubes de capacité. Quelques raffineries les emploient encore. Ces appareils ont conservé le nom de « chaudières Tartares ».

Actuellement elles ont presque entièrement disparu et ne sont plus guère utilisées que pour distiller les résidus et faire les huiles de graissage. Les raffineries emploient généralement pour la distillation du naphte des chaudières cylindriques horizontales (fig. 45) d'une plus grande capacité : 30 à 60 mètres cubes.

Ces appareils sont fréquemment disposés par groupe de 8 ou 10, fonctionnant isolément ou en batterie. Dans le premier cas la distillation s'y opère à l'aide du feu et de la vapeur surchauffée à 230°. Le seul combustible employé est le mazout, ou résidu de naphte, qu'on divise à l'aide de pulvérisateurs.

La benzine et les huiles solaires ne sont pas employées au chauffage.

A la distillation les produits sont séparés comme suit :



**FIG. 44. — Exploitation d'une fontaine à Bakou.**  
D'après une photographie de M. Henry Deutsch,  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Du commencement jusqu'à la densité de 0,750 le produit qui distille constitue la benzine, d'une densité moyenne de 0,730 ;

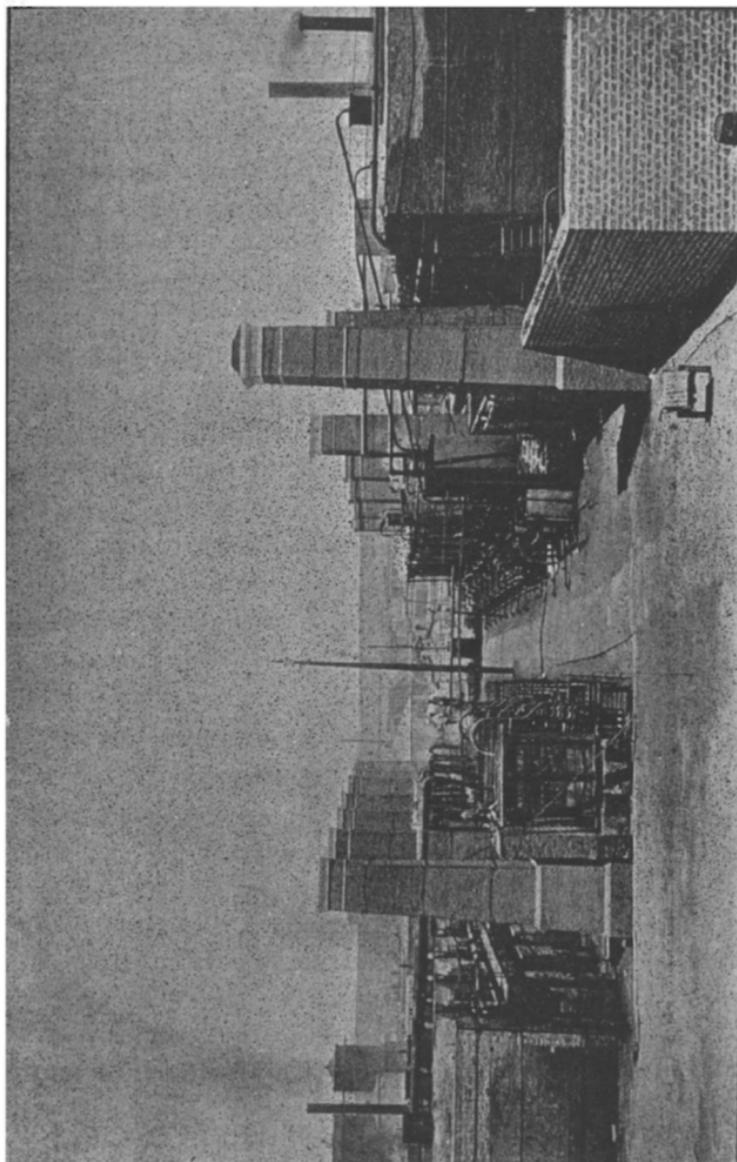
De 0,750 à 0,855 on a les huiles lampantes, d'une densité moyenne de 820-822. Ici la distillation est arrêtée, et les résidus de la chaudière ou mazouts sont décantés : soit dans d'autres chaudières, où la distillation est continuée pour la fabrication des huiles de graissage ; soit dans d'immenses bassins en terre, constituant ainsi le combustible employé au chauffage.

Les chaudières employées à la distillation des résidus et à la fabrication des huiles de graissage sont aussi de forme et de capacité variables ; les anciennes raffineries emploient les chaudières tartares, mais les nouvelles emploient des chaudières horizontales de 25 à 30 mètres cubes.

La distillation s'y opère comme dans les chaudières à distiller le naphte, à l'aide du feu et de la vapeur surchauffée à 300°.

Les produits qui constituent ces résidus émettent en effet des vapeurs si denses qu'elles s'élèvent péniblement dans l'espace libre de la chaudière et que, étant soumises à une température élevée, elles ne tarderaient pas à se dissocier et à fournir des huiles de mauvaise qualité si l'on n'avait le soin de les entraîner aussitôt qu'elles ont pris naissance, au moyen de vapeur d'eau surchauffée. Cette vapeur surchauffée traverse, dans la chaudière, quatre bouts de conduite coudés avant d'être répartie, par un tube persillé, dans les résidus que l'on soumet à la distillation fractionnée.

Il s'échappe donc des chaudières de distillation un mélange intime de carbures vaporisés et de vapeur d'eau surchauffée qui passe d'abord dans 2 séparateurs où le faible refroidissement qu'il y subit suffit à permettre la condensation des hydrocarbures qui n'ont



**Fig. 45. —** Vue des chaudières distillatoires de la Société industrielle et commerciale de Naphte.  
D'après un cliché de M. Henry Deutsch.

pas été décomposés par l'action pyrogénée, tandis que les huiles de décomposition et la vapeur d'eau ne repassent à l'état liquide qu'après avoir traversé un serpentín refroidi par immersion dans un courant d'eau froide.

C'est dans le premier séparateur que la température est nécessairement le plus élevée puisque c'est lui qui est le plus rapproché de la chaudière, aussi les huiles qui s'en écoulent par le tube de sortie sont-elles de 2 à 5 millièmes plus lourdes que celles que l'on recueille au moyen du second séparateur.

L'huile qui distille d'abord depuis 0,855 jusqu'à 0,880 est une huile lourde et peu inflammable, comme celle qui apparaît à la fin de la distillation des chaudières à naphte, ses propriétés ne lui permettent pas d'entrer dans la moyenne des huiles lampantes, d'autre part elle est trop légère pour être propre au graissage. On lui a donné le nom d'huile solaire ou huile d'éclairage de sûreté; on l'ajoute fréquemment au mazout.

Les huiles propres au graissage sont prises entre 0,880 et 0,930.

Le rendement moyen du naphte à Bakou est de :

Benzine, 2 à 3 pour 100 ;  
Kérosène, 28 à 32 pour 100 ;  
Huile à graisser, 18 à 28 pour 100.

La benzine trouve un écoulement difficile, aussi la plupart des raffineries la laissent perdre dans la Caspienne.

D'autres en mélangent les parties les plus lourdes avec les huiles solaires pour faire un pétrole inférieur, fumeux, qui est vendu en Perse.

L'usine Nobel emploie le second système de distillation nommé continue: les chaudières horizontales, à foyer intérieur, y sont groupées par série de 6 à 20

ou 22 réunies entre elles par un tuyau de 6 à 7 pouces de diamètre intérieur. Le liquide brut, chauffé préalablement à 60 ou 70° à l'aide de la chaleur des résidus sortant de la dernière chaudière, entre dans la première, passe dans la seconde par un tuyau inférieur, puis dans la troisième et ainsi de suite jusqu'à la dernière, d'où il sort complètement épuisé, à l'état de goudron épais qui se prend immédiatement en masse solide. Le dispositif est tel que l'une quelconque des chaudières peut être arrêtée sans que le fonctionnement général soit modifié. L'opération est méthodique. Chaque appareil donne un produit ayant à peu près constamment la même densité; voici la progression des densités dans la série :

|                 |                |                |                  |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                    |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 <sup>er</sup> | 2 <sup>e</sup> | 3 <sup>e</sup> | 4 <sup>e</sup>   | 5 <sup>e</sup> | 6 <sup>e</sup> | 7 <sup>e</sup> | 8 <sup>e</sup> | 9 <sup>e</sup> | 10 <sup>e</sup> | 11 <sup>e</sup> | 12 <sup>e</sup> | 13 <sup>e</sup> | 14 <sup>e</sup> | 15 <sup>e</sup> | 16 <sup>e</sup> | 17 <sup>e</sup> | 18 <sup>e</sup>    | 19 <sup>e</sup> | 20 <sup>e</sup> | 21 <sup>e</sup> | 22 <sup>e</sup> |
| 715             | 735            | 740            | 750              | 760            | 770            | 780            | 790            | 800            | 810             | 820             | 830             | 840             | 850             | 860             | 870             | 880             | 890                | 900             | 910             | 920             | 930             |
| BENZINE         |                |                | HUILES LAMPANTES |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 | HUILE SOLAIRE   |                 |                 | HUILE DE GRAISSAGE |                 |                 |                 |                 |

Le mazout qui seul est employé au chauffage, avec l'aide des pulvérisateurs, provient, soit de la distillation des chaudières à naphte, soit du naphte évaporé naturellement dans les lacs ou flaques qui se produisent dans les fontaines jaillissantes du plateau de Balakhany, alors qu'on est dans l'impossibilité de recueillir tout le naphte.

On peut admettre que le naphte de Bakou donne en moyenne :

|    |     |                                |
|----|-----|--------------------------------|
| 35 | 0/0 | de kérosène ou huile lampante. |
| 60 | 0/0 | de mazout ou résidus.          |
| 5  | 0/0 | de déchet.                     |

Quant aux rendements fournis par le fractionnement de ces diverses portions, ils varient suivant les usines et la nature du naphte. Ainsi, suivant M. L. Salomon, on obtiendrait :

|                                                                                                |              |        |                 |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|-----------------|--------|
| Benzine à . . . . .                                                                            | 0.725-0,760. | 1 0/0  | inflammable à — | 10° C. |
| Gazoline. . . . .                                                                              | 0 775-0,787. | 3 0/0  | —               | 0      |
| Kérosène ou huile<br>d'éclairage. . . . .                                                      | 0.830-0,822. | 27 0/0 | —               | + 32   |
| Huile solaire (pé-<br>trole de sûreté). . . . .                                                | 0.860-0,870. | 12 0/0 | —               | + 100  |
| Huile à graisser pour métiers<br>et filature. . . . .                                          | 0.890.       | 10 0/0 | —               | + 150  |
| Huile à graisser pour ma-<br>chines à vapeur. . . . .                                          | 0.905.       | 17 0/0 | —               | + 175  |
| Huile à graisser pour cylin-<br>dres à vapeur. . . . .                                         | 0.915.       | 5 0/0  |                 |        |
| Vaseline. . . . .                                                                              | 0.925.       | 1 0/0  |                 |        |
| Goudron provenant de la distillation<br>du résidu et pouvant servir de<br>combustible. . . . . |              | 14 0/0 |                 |        |
| Pertes dans les diverses opérations. . . . .                                                   |              | 10 0/0 |                 |        |

tandis que, suivant M. Boulfroy, on obtiendrait par une première distillation :

- 10 0/0 en premier jet d'huile mauvaise odeur.
- 45 0/0 cœur de distillation, servant à faire les huiles raffinées.
- 40 0/0 de goudrons qui, remélangés avec les dix pour cent d'huile mauvaise odeur, servent au chauffage des appareils.
- 5 0/0 eau et pertes.

---

100

---

En réalité, le pétrole brut de Bakou ne donne guère que 35 pour 100 d'huile d'éclairage, les résidus représentent environ la moitié de la matière traitée. La majeure partie de ces résidus sert comme combustible, une autre portion est utilisée comme matière première pour la préparation des huiles de graissage.

100 pounds de mazout donnent par redistillation :

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| 15 0/0 | Huile solaire brute.  |
| 5 0/0  | — de broches brute.   |
| 25 0/0 | — de machines brute.  |
| 2 0/0  | — de cylindres brute. |
| 48 0/0 | Goudron.              |
| 5 0/0  | Déchet.               |
| <hr/>  |                       |
| 100    | TOTAL.                |

### Épuration chimique

On met en œuvre, pour cette opération, des appareils identiques à ceux qu'on utilise pour les produits américains et que représente la figure 46. Cependant il convient de faire ici quelques remarques :

Lorsqu'après avoir purifié les huiles lampantes par l'acide sulfurique et en avoir séparé, comme à l'ordinaire, les goudrons acides, on les agite avec la lessive de soude à 30-33° B, elles se troublent et à la surface du liquide on voit apparaître des bulles gazeuses ; en continuant l'opération, il arrive un moment où des flocons blancs viennent nager à la surface du liquide. C'est le terme final de l'opération ; l'huile à ce moment est incolore et limpide ; il ne reste plus qu'à la laisser reposer, à la séparer par décantation puis à la laver de façon à lui enlever toute trace de sel de soude qu'elle renferme toujours, quelque soin que l'on ait apporté à la décantation. Cette opération réussit le mieux en effectuant d'abord un lavage à la soude faible (6 à 8° B.) puis à l'eau pure. Sans cette précaution, l'huile produite durcirait la mèche de la lampe dans laquelle on l'emploierait, et on obtiendrait de ce fait une diminution de l'intensité lumineuse.

Comme les précédents, les produits les plus lourds sont purifiés à l'acide sulfurique et à la soude, puis lavés à plusieurs reprises à l'eau chaude. Mais si l'huile doit être soumise à une nouvelle distillation destinée à la rectifier, on remplace la soude par de la chaux et la rectification fournit alors les différentes catégories d'huiles séparées les unes des autres.

Les pertes subies au raffinage sont évaluées à environ 10 pour 100 pour le kérosène et à 15 pour 100 pour les huiles de broches, de machines et de cylindres.

Les quantités d'acide sulfurique et de soude mises en œuvre sont les suivantes :

1° Pour l'essence on emploie :

1 0/0 d'acide sulfurique à 66°.  
0.25 0/0 de soude caustique.

2° Pour le kérosène :

de 0.6 0/0 à 1 0/0 d'acide sulfurique à 66°.  
de 0.25 0/0 à 0.33 0/0 de soude caustique.

3° Les huiles solaires ne sont que très rarement soumises au raffinage ; en général, on les mélange au mazout destiné à être employé comme combustible ; pour les raffiner, on emploie :

3 0/0 d'acide sulfurique à 66°.  
0.50 0/0 de soude caustique.

4° Pour les huiles de broches, de machines et de cylindres, on emploie :

de 6 à 8 0/0 d'acide sulfurique à 66°.  
de 0.6 à 0.85 0/0 de soude caustique.

L'acide sulfurique coûte à Bakou :

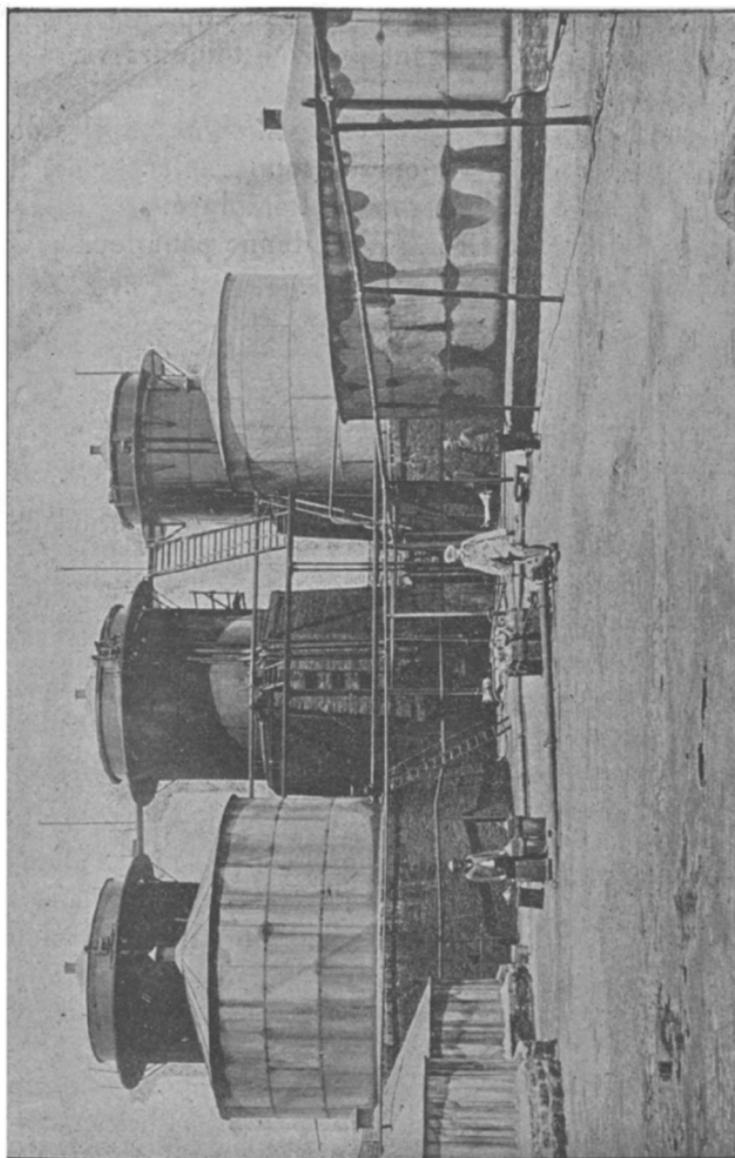
0,90 copeks à 1 rouble le pound, soit 13 fr. 74 à 15 fr. 27 les 100 kilogrammes.

La soude caustique coûte à Bakou :

De 3 roubles à 3 roubles 20 le pound, soit 45 fr. 82 à 48 fr. 88 les 100 kilogrammes.

On compte pour les frais de distillation et d'épuration du pétrole de 0 fr. 80 à 1 fr. 20 par 100 kilogrammes suivant l'importance des usines, et dans ces chiffres se trouvent compris les frais généraux, l'entretien et l'amortissement du matériel, mais le combustible n'entre pas en compte.

Les frais généraux, l'administration, ouvriers, réparations, entretien, en résumé, tous les frais absolument



**FIG. 46.** — Agitateurs de la raffinerie de la Société industrielle et commerciale de Naphte à Bakou.  
D'après une photographie communiquée par M. Henry Deutsch.

compris représentent 3 copeks par pound sur la production du kérosène, et 8 copeks par pound sur la production des huiles de graissage. On ne compte rien pour les huiles solaires, qui sont presque toujours versées dans le mazout.

Le rendement des huiles solaires et des huiles de graissage n'est pas toujours absolument le même, il varie suivant la qualité du mazout employé.

Ainsi, par exemple, M. André donne pour deux qualités différentes les rendements suivants :

|                          | 1 <sup>re</sup> DISTILLATION | 2 <sup>e</sup> DISTILLATION |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Huiles solaires. . . . . | 17 0/0                       | 17 0/0                      |
| — de broches. . . . .    | 9 0/0                        | 6 0/0                       |
| — de machines. . . . .   | 20 0/0                       | 27 0/0                      |
| — de cylindres. . . . .  | 6 0/0                        | 3 0/0                       |

Les déchets du raffinage consistent en savons de soude, qui sont jusqu'à présent sans emploi.

On régénère environ 70 à 75 pour 100 de la soude consommée, par évaporation, calcination et caustification.

La soude ainsi obtenue revient à moitié du prix coûtant, soit environ 1 rouble 50, au lieu de 3 roubles le pound, tous frais compris.

Pendant longtemps, le mazout dont nous venons de parler n'eut d'autre emploi que le chauffage des alambics des distilleries locales ; son abondance en faisait un embarras que l'on supprimait en mettant le feu aux lacs qu'il formait ou en le déversant dans la mer Caspienne. L'immense développement pris par l'extraction du naphte dans ces dernières années a fait rechercher l'utilisation de ce résidu. Il a été alors reconnu qu'il constitue un excellent combustible<sup>1</sup> pour les chau-

1. *Revue générale*, n° de janvier 1885, communication de M. Thomas Urquhart à l'*Institution des Ingénieurs Mécaniciens d'Angleterre*.

dières à vapeur et qu'il peut servir tel quel comme lubrifiant.

Ce résidu, c'est-à-dire le naphte extrait du sol puis simplement débarrassé par un chauffage jusque vers 300° centigrades des essences et des huiles d'éclairage proprement dites, mais qui n'a pas été lui-même distillé, forme donc ce que nous pouvons appeler l'huile russe brute de graissage. Il constitue le lubrifiant dont la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest a fait depuis 1878 un emploi toujours croissant dans son service de traction <sup>1</sup>.

Ce résidu est un liquide noir à reflets violacés; en couche mince, il a une couleur mordorée; sa densité varie de 0,905 à 0,915, mais au point de vue du graissage, il importe qu'elle reste comprise entre 0,910 et 0,915. Il est encore liquide à — 10°; au-dessous de cette température, il s'épaissit, mais même à — 30° centigrades il ne prend que la consistance du savon vert. Il émet vers 135° des vapeurs inflammables; il est très visqueux à la température ordinaire; au dessus de + 50° centigrades sa viscosité diminue, il est vrai, plus rapidement que celle du colza, à mesure que la température augmente, mais jusqu'à + 100° le résidu du naphte est à ce point de vue supérieur au colza.

### *Raffinage du pétrole russe en France*

Le faible rendement du pétrole russe en huiles lampantes n'avait pas permis aux industriels français de le travailler avantageusement.

Depuis la nouvelle législation des pétroles, on introduit légalement en France, au droit du pétrole brut, un mélange de 90 pour 100 de distillat et de 10 pour

1. Rapport de l'ingénieur L. Salomon sur les huiles de pétrole employées au graissage.

100 de mazout, préparé en Russie, et qui est, par conséquent, un pétrole enrichi en huiles lampantes.

Le travail de ce produit en notre pays étant de date récente, on ne possède que des renseignements généraux sur le mode de traitement qui lui est réservé, et qui paraît assez simple :

Une première distillation en sépare 4 à 5 pour 100 de produits inflammables qu'on traite à la vapeur pour entraîner les parties inflammables. Le résidu est réuni au distillé proprement dit ; on obtient ainsi environ 91 pour 100 de produits lampants que l'on mélange aux huiles lampantes américaines. Le résidu (9 pour 100) est un mazout que l'on emploie pour le graissage, après l'avoir amené à satisfaire aux conditions exigées par les industriels qui l'emploient, en éliminant en particulier, par l'action de la chaleur, les portions volatiles qu'il peut renfermer.

Suivant d'autres industriels, une première distillation donnerait :

1° Des produits inflammables qu'on traite comme il a été dit ;

2° Des huiles lampantes ;

3° Des huiles intermédiaires ;

4° Du mazout.

Les huiles intermédiaires seraient alors dissociées comme les huiles intermédiaires américaines. Le mazout serait entièrement employé pour le graissage. L'huile lampante ne serait jamais mêlée aux huiles lampantes américaines.

### *Raffinage du pétrole russe en Autriche-Hongrie*

Nous extrayons du rapport officiel de M. G. Chesneau<sup>1</sup>,

1. M. G. Chesneau, Rapport. Paris, Imprimerie nationale. 1893.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

ingénieur au corps des mines, les renseignements suivants relatifs à cette industrie :

Le pétrole russe dit *brut* (*russisches Rohöl*) employé dans les usines autrichiennes est le produit connu en France sous le nom de *distillat*; ce n'est pas du pétrole brut russe naturel ou naphte (qui ne contient que 35 pour 100 d'huile lampante), mais bien un mélange, préparé à Batoum pour l'exportation en Autriche, de pétrole lampant russe — provenant d'une première distillation de naphte brut naturel, et non raffiné à l'acide et à la soude — et de mazout ou résidu de la distillation de naphte brut, en proportions telles que la densité du mélange soit un peu supérieure à 0,830 ce qui constitue un produit considéré par la douane de ce pays comme une *huile lourde brute impropre à l'éclairage sans une opération préalable*, et à laquelle on applique le droit d'entrée le moins élevé.

Suivant que l'usine autrichienne désire un maximum de lampant, ou au contraire une huile riche en produits lourds, on lui expédie un « distillat » de densité à peine supérieure à 0,830 et contenant jusqu'à 90,9 pour 100 de lampant, ou bien au contraire des huiles contenant de 15 à 20 pour 100 de mazout et pesant 0,836 à 0,840. Quelques usines préfèrent employer un mélange de lampant et de naphte brut naturel, au lieu de mazout (par exemple 85 pour 100 de lampant et 15 pour 100 de naphte naturel) dont la distillation est, paraît-il, un peu plus régulière<sup>1</sup>.

On peut dire que d'une façon générale toutes les huiles russes dites *brutes*, distillées en Autriche-Hongrie, sont des mélanges de 85 à 90 pour 100 d'huile

1. On emploie ce mélange notamment à l'Ungarische Petroleum Industrie Actien Gesellschaft, de Budapest.

lampante russe (densité 0,817 à 0,825) avec 15 à 9 pour 100 de produits lourds (résidus ou naphte brut), ayant une densité variant de 0,830 à 0,840, les plus légères rendant au laboratoire environ 90 pour 100 de lampant jusqu'à 300 degrés centigrades.

C'est également ce qui ressort des analyses que nous avons faites sur deux échantillons rapportés en France par M. Chesneau chargé de mission en Autriche.

ANALYSES DE 2 PÉTROLES RUSSES IMPORTÉS EN AUTRICHE-HONGRIE COMME HUILES BRUTES.

| NUMÉROS<br>DES FRACTIONNEMENTS<br>(au 1/20 en volume) | DISTILLAT RUSSE<br>MÉLANGE DE LAMPANT<br>et de mazout<br>Densité à 15° C.<br>= 0.830 |                                 | DISTILLAT RUSSE<br>MÉLANGE DE LAMPANT<br>et de naphte brut<br>Densité à 15° C.<br>= 0.835 |                                 | OBSERVATIONS                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | TEMPÉRA-<br>TURE<br>d'ébulli-<br>tion 1                                              | DENSITÉS 2<br>à 15 degrés<br>C. | TEMPÉRA-<br>TURE<br>d'ébulli-<br>tion 1                                                   | DENSITÉS 2<br>à 15 degrés<br>C. |                                                                                                |
| 1. . . . .                                            | 129°                                                                                 | 0.782                           | 100°                                                                                      | 0.786                           | 1. En degrés centigrades.<br>2. Ramenées à 15° C. par calcul au moyen des tables de réduction. |
| 2. . . . .                                            | 129°                                                                                 | 0.787                           | 122°                                                                                      | 0.787                           |                                                                                                |
| 3. . . . .                                            | 130°                                                                                 | 0.790                           | 134°                                                                                      | 0.792                           |                                                                                                |
| 4. . . . .                                            | 159°                                                                                 | 0.796                           | 134°                                                                                      | 0.799                           |                                                                                                |
| 5. . . . .                                            | 157°                                                                                 | 0.801                           | 150°                                                                                      | 0.808                           |                                                                                                |
| 6. . . . .                                            | 141°                                                                                 | 0.802                           | 147°                                                                                      | 0.813                           |                                                                                                |
| 7. . . . .                                            | 145°                                                                                 | 0.806                           | 149°                                                                                      | 0.802                           |                                                                                                |
| 8. . . . .                                            | 140°                                                                                 | 0.812                           | 152°                                                                                      | 0.817                           |                                                                                                |
| 9. . . . .                                            | 151°                                                                                 | 0.821                           | 144°                                                                                      | 0.822                           |                                                                                                |
| 10. . . . .                                           | 149°                                                                                 | 0.824                           | 142°                                                                                      | 0.824                           |                                                                                                |
| 11. . . . .                                           | 160°                                                                                 | 0.826                           | 142°                                                                                      | 0.829                           |                                                                                                |
| 12. . . . .                                           | 160°                                                                                 | 0.832                           | 156°                                                                                      | 0.833                           |                                                                                                |
| 13. . . . .                                           | 163°                                                                                 | 0.837                           | 151°                                                                                      | 0.837                           |                                                                                                |
| 14. . . . .                                           | 185°                                                                                 | 0.841                           | 169°                                                                                      | 0.841                           |                                                                                                |
| 15. . . . .                                           | 190°                                                                                 | 0.843                           | 182°                                                                                      | 0.845                           |                                                                                                |
| 16. . . . .                                           | 195°                                                                                 | 0.847                           | 188°                                                                                      | 0.849                           |                                                                                                |
| 17. . . . .                                           | 215°                                                                                 | 0.852                           | 203°                                                                                      | 0.852                           |                                                                                                |
| 18. . . . .                                           | 235°                                                                                 | 0.857                           | 279°                                                                                      | 0.857                           |                                                                                                |
| 19. . . . .                                           | 240°                                                                                 | 0.859                           | 281°                                                                                      | 0.855                           |                                                                                                |
| 20. . . . .                                           | »                                                                                    | »                               | 380°                                                                                      | 0.887                           |                                                                                                |

Le point d'éclair, à l'appareil Abel, de ces distillats est de 30 à 35 degrés centigrades, point très élevé à cause de la faible proportion d'essence.

La distillation et le raffinage de l'huile brute russe diffèrent peu d'une usine à l'autre. D'une façon générale, l'huile brute est soumise à une première distillation dans de grandes chaudières horizontales, jusqu'à ce qu'il reste environ 15 pour 100 de résidu dans la chaudière. Dans cette première distillation, le chauffage est fait à feu nu par des foyers extérieurs, jusqu'à ce que les filets, dont les premiers ont une densité de 0,765 environ, arrivent à peser 0,840; à partir de ce moment, on injecte généralement une certaine quantité de vapeur surchauffée, comme dans le procédé russe de distillation du naphte brut.

Le résidu de cette première distillation est envoyé dans des cornues de distillation plus petites, généralement verticales, chauffées par un foyer extérieur, et surtout par l'injection d'une forte proportion de vapeur surchauffée (moitié environ du poids de résidu distillé).

Dans cette distillation, on va généralement jusqu'au coke du premier coup; quelquefois on s'arrête quand il reste un résidu de forte densité (0,910 à 0,915), qui passe à son tour dans des cornues de troisième distillation où les nouveaux résidus sont « crackés ».

Les filets de la première distillation constituent les lampants; ceux de la deuxième donnent encore au début un peu de lampant, et ensuite toute la série des huiles de graissage; ceux de la troisième sont constitués par une huile assez lourde d'où l'on peut retirer encore quelquefois un peu de lampant, mais surtout des huiles solaires peu visqueuses, employées pour la fabrication du gaz d'huile.

Bien entendu, chaque distillation est fractionnée en

un grand nombre de parties, recueillies à part, qui sont envoyées dans des réservoirs séparés; on les remélange ensuite de façon à obtenir des produits de densités déterminées.

Les produits distillés sont soumis ensuite à un battage à l'acide sulfurique concentré, suivi d'un battage à la lessive de soude caustique : entre les deux battages et après le second, on fait des lavages à l'eau. Les consommations d'acide et de soude sont d'autant plus grandes que l'huile est plus lourde.

L'huile lampante est, dans toutes les usines, filtrée sur du sel marin pour terminer son épuration, comme les pétroles de luxe en France; certains produits lourds sont améliorés au moyen de matières telles que la nitronaphtaline.

Enfin, dans quelques usines, on emploie l'action de la lumière pour terminer le blanchiment du pétrole lampant, en le plaçant dans des réservoirs peu profonds recouverts en verre; comme cela se pratique pour les huiles de schiste en France, dans l'Autunois.

On voit ainsi qu'en définitive chaque produit marchand n'a été distillé qu'une fois (chaque série de chaudières ne distillant que les résidus de la série précédente) et ne subit qu'un seul battage à l'acide et à la soude : malgré la simplicité de ces opérations, les produits obtenus sont fort beaux, ce qui tient à ce que la presque totalité du brut d'où l'on part a déjà subi une première distillation en Russie et qu'il n'y a plus guère qu'à séparer par fractionnement les produits de densités différentes du « distillat ». Aussi les consommations de combustible sont-elles relativement faibles.

Tel est, dans ses grandes lignes, le procédé de raffinage suivi en Autriche-Hongrie : il ne diffère dans l'application que par quelques variantes d'une usine à

l'autre, et par le plus ou moins de grandeur et de commodité des installations. Nous décrirons surtout comme types deux des cinq usines; l'une de moyenne importance (usine de Gustave Wagenmann, à Vienne), l'autre extrêmement considérable et remarquablement aménagée, la raffinerie de Fiume; nous dirons quelques mots seulement des autres en insistant sur les différences qu'elles présentent par rapport aux précédentes.

#### Raffinerie de M. Gustave Wagenmann, à Vienne

Cette raffinerie traite annuellement 80,000 quintaux métriques d'huile brute russe; l'usine contient en outre une importante fabrique de cérésine, tirée de l'ozokérite de Galicie.

La raffinerie comprend 7 réservoirs pour l'huile brute pouvant contenir 50,000 quintaux, 9 chaudières horizontales en tôle de première (et deuxième) distillation, contenant 18,000 kilogrammes; 5 cornues en fonte de distillation pour résidus lourds par vapeur surchauffée, contenant 3,000 kilogrammes; 3 batteuses à acide et 6 batteuses à soude.

L'huile brute arrive de Trieste par wagons-citernes dans une gare de banlieue de Vienne voisine de l'usine, où elle est amenée par chariots-citernes, l'usine n'étant pas reliée au chemin de fer.

La première distillation se fait en deux temps dans deux séries de chaudières distinctes: la première partie de l'opération se fait par charges de 18,000 kilogrammes, la distillation étant opérée par chauffage à feu nu, sans vapeur surchauffée. On recueille dans cette première opération, en quatre parties fractionnées, 75 pour 100 de l'huile brute, la densité moyenne des filets étant de 0,820 à 0,825. Le résidu (25 pour 100) est envoyé dans des chaudières semblables de 18,000 kilogrammes, où la distillation est poussée à plus haute

température, quelquefois avec intervention de vapeur surchauffée quand on veut obtenir des huiles de graissage de qualité supérieure. On recueille encore dans cette deuxième opération 40 pour 100 de lampants que l'on fractionne, et 60 pour 100 de résidus (soit 15 pour 100 du poids initial d'huile brute) qui sont envoyés dans les cornues de distillation par vapeur surchauffée. La distillation dans ces chaudières dure trente heures.

Les résidus d'un densité de 0,870 sont distillés en vingt-quatre heures par charges de 3,000 kilogrammes dans les cornues en fonte chauffées mi-partie par un foyer extérieur, mi-partie par vapeur surchauffée; on emploie en vapeur moitié du poids de l'huile distillée. Les filets d'huile lourde distillés sont fractionnés en quinze parties.

Le battage du lampant à l'acide et à la soude se fait à la température de 25 degrés centigrades; en hiver, on chauffe un peu la masse d'huile au moyen d'un calorifère à vapeur. Les batteuses en tôle ont la forme de cylindres verticaux de 3 mètres de hauteur et 2 mètres de diamètre, terminés à la base par une partie conique. Le mélange de l'huile et de l'acide ou de la soude se fait au moyen d'air comprimé.

Pour le battage du lampant, la quantité d'acide sulfurique à 66 degrés employée est de 1 à 1,25 pour 100 du poids de l'huile, celle de soude, de 0,4 pour 100 de soude caustique mise en dissolution concentrée. Le battage à l'acide dure une heure; le battage qui suit, à la soude, vingt minutes.

Pour les huiles lourdes, on emploie 5 à 6 pour 100 d'acide et 2 à 3 pour 100 de soude.

L'huile de graissage pour chemins de fer ne subit pas d'épuration chimique; le produit distillé est simplement filtré.

Le rendement pour 100 kilogrammes de brut russe,

de densité 0,831 à 0,832, a été déclaré à l'usine le suivant :

|                                          | DENSITÉS.   |
|------------------------------------------|-------------|
| 87 à 88 p. 100 d'huile lampante. . . . . | 0.825       |
| 3 p. 100 d'huile à gaz. . . . .          | 0.890/0.900 |
| 6 p. 100 d'huile de graissage. . . . .   | 0.890/0.910 |
| 4 à 3 p. 100 de perte en coke et gaz.    |             |

Comme combustible<sup>1</sup>, on consomme en charbon 8 à 10 pour 100 du poids de lampant produit dans les première et deuxième distillations. La distillation dans les cornues pour huile lourde en consomme beaucoup plus (40 pour 100 ? du poids d'huile lourde produite).

L'acide sulfurique à Vienne revient à 8 francs les 100 kilogrammes, la soude à 36 francs.

Le personnel employé est de 14 ouvriers pour les distillations et 2 pour l'épuration chimique, soit 1 ouvrier par 500,000 kilogrammes d'huile brute traitée, les salaires varient de 2 fr. 40 à 5 francs.

L'usine Wagenmann traite également une certaine quantité d'huile brute américaine dont elle retire la paraffine par le procédé habituel (réfrigération de l'huile paraffinée, compression, puis série de fusions avec un peu d'essence suivie de compressions, et enfin filtrage sur noir animal).

L'huile est livrée en fût à raison de 17 florins (34 francs) les 100 kilogrammes net, à fût perdu.

#### Raffinerie de Fiume (Mineral oil Raffinerie Actien Gesellschaf)

La raffinerie de Fiume, la plus importante de l'Autriche-Hongrie, traite annuellement 56 millions de

1. Il n'a pas été possible à M. Chesneau d'obtenir la consommation totale de charbon par 100 kilogrammes de brut traité, les mêmes chaudières produisant la vapeur à toute l'usine qui comprend d'importantes industries annexes.

kilogrammes de pétrole brut russe et américain (environ 70 pour 100 de russe et 30 pour 100 d'américain). Le brut russe est du distillat de densité 0,832 à 0,837 contenant 10 à 15 pour 100 de mazout, dont le point d'éclair à l'appareil Abel est de 30 à 33 degrés centigrades; le pétrole américain est du Bradford mélangé.

L'usine est établie au bord de la mer, à côté du port à pétrole (port franc), mais sur le territoire douanier (*Zollgebiet*). L'huile brute est envoyée des bateaux-citernes, au moyen des pompes des bateaux actionnées par de la vapeur envoyée de l'usine, soit dans des réservoirs d'attente situés sur le territoire du port franc, soit directement dans le bâtiment de l'usine où sont installées les balances de la douane. L'huile dédouanée est ensuite envoyée par pompes dans les réservoirs de l'usine (six réservoirs pouvant contenir 15 millions de kilogrammes). Ces réservoirs sont installés au point le plus haut de l'usine, et tous les mouvements des huiles envoyées d'une chaudière à un autre récipient s'exécutent ensuite par la gravité. Une batterie de pompes centrales distribue l'huile aux batteuses et aux différents réservoirs de produits finis.

La distillation comprend :

1° Une batterie de 17 chaudières de première distillation, en tôle, horizontales, d'une contenance de 72,500 kilogrammes, chauffées chacune par deux foyers extérieurs, sur lesquels viennent en outre brûler les gaz non condensables provenant de la distillation ;

2° Une batterie de 24 cornues de deuxième distillation verticales, en fonte, d'une contenance de 6,000 kilogrammes ;

3° Une série de 26 petits réservoirs pour recevoir les filets des différentes distillations.

Ces trois batteries d'appareils sont à des niveaux successifs de plus en plus bas, et l'envoi des produits

d'une batterie d'appareils à l'autre se fait par un simple jeu de robinets.

Le battage à l'acide et à la soude se fait :

1<sup>o</sup> Pour le pétrole lampant dans deux grandes batteuses verticales de 200,000 kilogrammes chacune ;

2<sup>o</sup> Pour les huiles lourdes dans trois batteuses de 15,000 kilogrammes chacune.

L'usine comprend en outre une importante fabrique de paraffine et un atelier de superphosphate utilisant les résidus acides, enfin une tonnellerie et une fabrique mécanique de bidons en fer-blanc pour l'expédition du pétrole en caisse. L'installation de cette importante usine à flanc de montagne a exigé des dérochements considérables.

La distillation de l'huile brute dans les chaudières de première distillation se fait toujours à pleine charge (72,500 kilogrammes), c'est-à-dire que l'on remplace l'huile distillée, au fur et à mesure, par de l'huile brute nouvelle, jusqu'à ce que la chaudière soit pleine de résidu lourd qu'on envoie aux cornues de deuxième distillation. On réalise ainsi une sorte de distillation semi-continue, en vue d'économiser du combustible ; il est vrai que l'on perd par rayonnement beaucoup plus de chaleur que dans une distillation simple discontinue, puisqu'il faut maintenir le contenu complet de la chaudière à une température de plus en plus élevée ; en outre, la conduite de la distillation est assez délicate pour obtenir une marche régulière ascendante dans la densité des filets.

Les premiers filets ont une densité de 0,765, et l'on charge la chaudière en poussant la distillation jusqu'à ce que le résidu ait une densité de 0,872. Le chauffage se fait en outre par vapeur surchauffée injectée dans les chaudières, à partir du moment où la densité des filets atteint 0,840.

La distillation, fractionnée suivant les produits à obtenir, dure une semaine.

Le résidu emplissant la chaudière, qui représente 14 à 18 pour 100 de l'huile brute employée, est envoyé par la gravité dans les cornues de distillation, de 6,000 kilogrammes de charge. Le chauffage des cornues se fait en partie par un foyer extérieur, et surtout par la vapeur surchauffée injectée dans la masse; les filets sont fractionnés en quatre parties. Pour le pétrole russe, on ne pousse pas la distillation jusqu'au coke; on l'arrête quand il reste un résidu de 7 pour 100 environ d'une densité de 0,910 à 0,915. Ce résidu est ou bien simplement filtré sur de la sciure de bois, et vendu comme huile de graissage pour chemins de fer, ou bien *cracké* dans des cornues de distillation de même capacité (deux cornues sur vingt-quatre sont employées à cet usage). On obtient un résidu de coke et de l'huile de densité 0,900 peu visqueuse, qui sert pour la fabrication du gaz, avec une petite quantité d'huile lampante comme premiers filets.

Le battage à l'acide et à la soude se fait par la méthode ordinaire. Les consommations qui ont été déclarées seraient de 3 pour 100 d'acide sulfurique et 0,75 pour 100 de soude pour les lampants, 5 à 10 pour 100 d'acide sulfurique pour les huiles lourdes et une consommation de soude un peu supérieure à la précédente.

Les rendements indiqués seraient de 85 pour 100 de lampant et 8 pour 100 d'huiles lourdes, avec 7 pour 100 de perte, mais par rapport aux chiffres des factures de l'expéditeur de Batoum, et non par rapport à l'huile brute réellement traitée à l'usine. La perte réelle est certainement moins élevée.

Le nombre des ouvriers employés à la distillation et au raffinage est de 48 (1 par 1,200,000 kilogrammes

de brut traité); le nombre total des ouvriers de l'usine est de 300.

L'expédition des produits finis se fait ou bien par fûts américains (145 kilogrammes net) revenant à 2 florins ou 2 fl. 50, plus 0 fl. 20 de mise à neuf soit en tout 2 fl. 50 (5 francs), ou bien en bidons de fer-blanc de 15 litres, ou enfin en wagons-citernes de 10 et 15 tonnes.

#### Raffineries de Trieste et de Budapest

L'usine de Trieste (*Triester miner alöl Raffinerie*), construite tout récemment, est entièrement semblable à celle de Fiume, dont elle ne diffère que par l'importance des installations faites pour traiter 25 millions de kilogrammes de brut russe (exclusivement) mais susceptibles d'une extension presque indéfinie, grâce à l'heureuse disposition du terrain. Elle possède cinq grandes chaudières de première distillation et huit cornues de deuxième, deux grandes batteuses et deux petites, le tout de même dimension qu'à Fiume. Dans les chaudières de première distillation exécutée comme à Fiume, on ne garde que 8 à 10 pour 100 de résidus qui sont envoyés aux cornues et distillés à sec jusqu'au coke (1/2 pour 100 de résidu de coke); il n'y a ainsi que deux distillations successives. Au battage, les consommations d'acide et de soude qui ont été déclarées sont les mêmes qu'à Fiume. On a affirmé en outre que la consommation totale en charbon de l'usine était de 25 à 27,000 kilogrammes de houille anglaise par 100 kilogrammes de brut traité. L'acide sulfurique coûte 4 florins à 4 fl. 50, la soude caustique (à 70 pour 100 d'oxyde de sodium pur et sec) 16 fl. 50 à 17 florins les 100 kilogrammes.

L'usine de Budapest (*Ungarische Petroleum Industrie Act. Ges.*) traite par an en moyenne 14 millions

de kilogrammes de distillat russe (formé de 85 pour 100 de lampant et 15 pour 100 de naphte brut naturel) 2 millions de kilogrammes de brut américain, et un peu de brut roumain et galicien. Les chaudières de première distillation au nombre de 12 ont une capacité de 40,000 kilogrammes (10 chaudières) ou de 70,000 kilogrammes (2 chaudières), l'opération discontinue y dure soixante heures en tout, dont quarante de filets. Le brut russe (densité 0,835) est distillé jusqu'à ce que le filet titre 0,860, et le résidu de 15 à 20 pour 100 (densité 0,900) est envoyé dans des cornues (quatre cornues à vapeur surchauffée et huit cornues à *cracking* pour les huiles américaines, galiciennes et roumaines) où il est distillé à la vapeur surchauffée.

La consommation de charbon est de 12 kilogrammes par 100 kilogrammes de lampant produit à la première distillation; la consommation totale de l'usine serait de 40 kilogrammes par 100 kilogrammes de brut; la consommation d'acide de 2 pour 100 pour les lampants et 10 pour 100 pour les lourds, celle de soude caustique de 0,2 pour 100 pour le lampant et 2 pour 100 pour les huiles lourdes.

#### Usine de Kronstadt (Siebenburger Petroleum Raffinerie Act. Ges.)

Cette usine, récemment montée par la société de Fiume, est exactement construite comme celle de Fiume, mais réduite à peu près au dixième comme matériel; elle ne traite en effet que 6 millions de kilogrammes d'huile brute roumaine. Elle comprend deux grandes chaudières de première distillation et sept cornues de deuxième distillation pour les résidus de la première. Le travail est conduit comme à Fiume à cette différence près qu'on emploie un peu de vapeur surchauffée dans la première distillation et pas dans la seconde.

### Consommations et rendements moyens pour le distillat

On a vu plus haut que les chiffres déclarés dans les différentes usines offrent des écarts considérables ; quelques-uns même sont manifestement exagérés. Il est par suite assez difficile de se faire une idée exacte des consommations et rendements réels. En prenant pour bases les renseignements qui ont paru le mieux fondés, on peut admettre en moyenne les chiffres suivants pour une bonne fabrication :

*Rendement.* — 100 kilogrammes de distillat russe de densité 0,831 à 0,836 rendent suivant la densité :

Densité 0.831.      Densité 0.836

88 p. 100 à 84 p. 100 d'huile lampante 0.821/0.825.

9 p. 100 à 11 p. 100 d'huile lourde 0.880/0.915.

Perte : 3 p. 100 à 5 p. 100 en coke et gaz et résidus de battage.

*Consommations.* — Pour les consommations de combustible, on consomme assez uniformément 8 à 12 kilogrammes pour la première distillation, par 100 kilogrammes de lampants produits ; mais, pour la consommation totale de la raffinerie, les chiffres accusés ont varié de 25 à 40 kilogrammes par quintal de brut traité. Ces chiffres sont en effet très variables suivant les industries annexes de l'usine ; de plus, les consommations sont très élevées pour les huiles lourdes à cause de l'emploi très large de vapeur surchauffée, et les industriels ne tenant pas assez compte de la faible proportion d'huile lourde contenue dans le brut ont une tendance à forcer le chiffre de la consommation rapportée aux 100 kilogrammes de brut traité.

En admettant 10 pour 100 de consommation du poids traité pour la première distillation et 50 pour 100 pour la distillation à sec du résidu de la première distillation (16 pour 100 du poids de brut initial), on

arrive à 18 kilogrammes de consommation par 100 kilogrammes de brut traité, pour les distillations, et, en y joignant la faible quantité de combustible consommée pour le battage et le jeu des pompes, on arrive à un maximum de 22 kilogrammes environ de houille consommée pour la distillation et l'épuration de 100 kilogrammes de brut russe.

La consommation d'acide sulfurique a été déclarée de 1 à 1,25 pour 100 à l'usine Wagenmann et de 3 pour 100 à Fiume pour les lampants; le premier chiffre peut être regardé comme suffisant, car il ne faut pas oublier que le pétrole contenu dans le brut traité a été déjà distillé une fois, et que, par suite, son épuration doit être beaucoup plus facile qu'en Russie où l'on consomme au maximum 2 pour 100 d'acide sulfurique pour le raffinage du lampant obtenu par une distillation simple du naphte brut naturel. Le lampant provenant de la distillation du *distillat* est déjà extrêmement beau, à peine coloré, et de fortes consommations d'acide sulfurique sont, sinon inutiles, du moins superflues pour obtenir un produit marchand ordinaire. Si réellement certaines usines autrichiennes consomment jusqu'à 3 pour 100 d'acide pour raffiner le lampant, il faut y voir le résultat de la concurrence des raffineries entre elles, grâce à laquelle elles livrent au public comme pétrole ordinaire un pétrole complètement décoloré (blanc d'eau) qui serait considéré en Allemagne ou en France comme pétrole de luxe. La protection élevée dont jouit le raffinage en Autriche-Hongrie autorise d'ailleurs ces fortes consommations en vue d'obtenir des qualités exceptionnelles.

Pour le raffinage du lourd, on consomme 5 à 10 pour 100 en acide du poids du lourd traité suivant sa densité ou la qualité que l'on veut obtenir, ce qui rap-

porté aux 100 kilogrammes de brut représente seulement 0,5 à 1 pour 100. On peut donc en définitive admettre une consommation totale de 1<sup>kg</sup>,5 à 2 kilogrammes d'acide pour 100 kilogrammes de distillat traité.

La consommation de soude caustique pour l'épuration des huiles lampantes varie de 0,2 à 0,75, pour celles des huiles lourdes de 2 à 3 pour 100 du poids traité, ce qui, ramené aux 100 kilogrammes d'huile brute, donne en moyenne 0,75 pour 100 de soude caustique consommée.

Quant au prix de revient du raffinage, M. Chesneau n'a pu obtenir à cet égard aucun renseignement des industriels autrichiens, non plus que des fonctionnaires de la douane ou du commerce. Le raffinage du lampant est en tout cas relativement peu coûteux d'après les consommations et la main-d'œuvre indiquées plus haut; celui des huiles lourdes est beaucoup plus coûteux et très variable d'ailleurs d'après les qualités que l'on désire obtenir.

Nous rangeons dans le tableau ci-après les principaux produits marchands obtenus en Autriche-Hongrie, avec indication de leurs qualités, et de leurs prix de vente en gros en fût (à Trieste ou Fiume).

L'épicier achète le pétrole lampant, rendu à son magasin, en moyenne 18 fl. 50 (37 francs) les 100 kilogrammes net, fût compris, aux revendeurs en gros. Il vend le pétrole 16 kreutzer le litre<sup>1</sup> (0 fr. 32) et revend le fût 2 florins. Il a donc comme produits: le prix du fût (2 florins), plus 100 kilogrammes représentant 120 litres à 16 kreutzer, soit 19 florins, en tout 21 florins; son bénéfice est donc de 2 fl. 50, soit 5 francs aux 100 kilogrammes.

1. A Vienne 18 kreutzer (36 centimes).

| DÉSIGNATION<br>DES PRODUITS                                            | COULEUR                                                      | POIDS<br>spécifique<br>à 15 degrés<br>centigrades | VISCOSITÉ<br>à<br>l'appareil<br>Engler<br>à 20 degrés | POINT<br>D'ÉCLAIR<br>appareil Abel<br>fermé    | POINT<br>DE COMBUSTION | POINT<br>de<br>CONGÉLATION | RIX<br>par<br>100 KILO-<br>GRAMMES<br>NET<br>fût compris |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Pétrole lampant. . . . .<br>( <i>Leuchtöl.</i> )                       | Blanc d'eau. . . . .<br>( <i>Wasser hell.</i> )              | 0,817 à 0,824                                     | »                                                     | Au moins<br>+ 21°<br>(30 degrés<br>en moyenne) | »                      | »                          | florins<br>17                                            |
| Huile de nettoyage. . . . .<br>( <i>Putzöl.</i> )                      | Blanc jaunâtre. . . . .<br>( <i>Hell gelb.</i> )             | 0,882 à 0,885                                     | 3 à 4                                                 | 150° à 160°C.<br>160° à 165°                   | »                      | »                          | 8                                                        |
| Huiles à broches. . . . .<br>( <i>Spindel öl.</i> )                    | Jaune. . . . .<br>( <i>Gelb.</i> )                           | 0,890 à 0,895                                     | 10 à 12                                               | 170° à 180°                                    | 190°                   | Au-dessous<br>de — 15°     | 9 à 10                                                   |
| Huile de graissage légère. . . . .<br>( <i>Leichtes maschinen öl</i> ) | Jaune à rouge<br>brun. . . . .<br>( <i>Gelb-rothbraun.</i> ) | 0,900 à 0,903                                     | 13 à 18                                               | 180° à 185°                                    | 195° à 200°            | Id.                        | 10 à 11                                                  |
| Huile de graissage lourde. . . . .<br>( <i>Schweres.</i> )             | Jaune foncé à<br>brun. . . . .                               | 0,905 à 0,908                                     | 23 à 28                                               | 192° à 195°                                    | 215° à 220°            | Au-dessous<br>de — 18°     | 15 à 18                                                  |
| Huile pour chemin de fer. . . . .<br>( <i>Vulcan öl.</i> )             | Brun foncé. . . . .                                          | 0,910 à 0,915                                     | 40 à 60                                               | 180°                                           | 190°                   | Au-dessous<br>de — 12°     | 8                                                        |

Il n'existe pour le pétrole lampant aucun règlement de police prescrivant un minimum de point d'inflammation ; mais les usages de la Bourse de Vienne qui ont prévalu dans toute la monarchie fixent, outre les densités maxima et minima des diverses catégories de pétroles marchands, le point d'inflammation de pétroles de toutes sortes (américain, russe et indigène) à 21° centigrades au moins à l'appareil Abel (point d'éclair de l'appareil Abel fermé ordinaire). En pratique le point d'éclair est à 30° centigrades en moyenne pour le lampant russe ordinaire.

### Pétroles d'Alsace

#### Traitement des huiles de sondage

Les huiles vierges de sondage sont chauffées dans des alambics. Les premiers produits de cette distillation sont de l'huile lampante qui, après traitements successifs par l'acide sulfurique et par la soude, est livrée au commerce avec une densité de 0,805 à 0,809.

Les produits ultérieurs de la distillation peuvent être employés comme huile à gaz, ou peuvent servir à obtenir par des traitements à l'acide et à la soude, une huile de graissage ; mais celle-ci ne peut convenir que pour des organes légers tels que les métiers de filature. Cette huile, d'une couleur jaune clair, opaline, a une densité égale à 0,895.

Le traitement de 100 kilogrammes produit finalement :

30 à 35 kilog. de pétrole lampant,  
49 à 54 — d'huile à gaz.

Les pertes s'élèvent de 15 à 16 kilogrammes en y comprenant le coke restant dans les alambics de distillation. Parfois même elles peuvent s'élever jusqu'à 26 pour 100.

## VII

## L'éclairage au pétrole

Le pétrole constitue un agent d'éclairage d'un emploi commode que l'on utilise à l'état de gaz, d'essences, d'huiles lampantes, d'huiles lourdes et d'hydrocarbures solides.

|                        |   |                                                                            |
|------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------|
| I. A l'état de gaz..   | } | A. — Gaz riche provenant de la décomposition pyrogénée des huiles lourdes. |
|                        |   | B. — Pour carburer le gaz d'éclairage.                                     |
|                        |   | C. — Pour carburer le gaz d'eau.                                           |
|                        |   | D. — Pour carburer l'air.                                                  |
| II. A l'état liquide.  | } | A. — Essences.                                                             |
|                        |   | B. — Huiles lampantes.                                                     |
|                        |   | C. — Huiles lourdes.                                                       |
| III. A l'état solide.. |   | Bougies de paraffine.                                                      |

*Emploi du pétrole à l'état de gaz***A. — GAZ RICHE**

Le gaz de pétrole possède, sur le gaz de houille, l'avantage de ne renfermer que de très minimes proportions de composés ammoniacaux et sulfurés. Tandis que le premier subit aisément la compression sans perdre sensiblement de son pouvoir éclairant, le second, au contraire, s'appauvrit par suite de l'abandon de ses éléments les plus carburés, si bien qu'au bout de 2 ou 3 jours de compression, il n'éclaire presque plus.

Un certain nombre d'applications nécessitant le transport de l'agent éclairant sous un faible volume, de nombreux efforts ont été tentés, notamment par les compagnies de chemin de fer, pour atteindre ce résultat.

Ces tentatives ont été couronnées de succès, et, aujourd'hui, l'éclairage d'un très grand nombre de wagons est obtenu par le gaz riche ou gaz de pétrole.

Il a été pris un grand nombre de brevets pour la fabrication du gaz d'éclairage avec du pétrole brut ou avec les produits lourds qui en dérivent. Tous ces brevets ont un principe commun : distiller le pétrole et ses dérivés à une température assez élevée pour en dissocier tous les éléments et les transformer en produits gazeux. L'huile servant à fabriquer le gaz est amenée dans une cornue préalablement chauffée au rouge. Le chauffage de la cornue, la distribution des liquides, l'épuration des gaz pour les débarrasser du pétrole non décomposé et des matières goudroneuses, diffèrent plus ou moins dans les divers brevets, mais le principe fondamental est le même. Nous ne décrivons donc ici que le procédé appliqué le plus généralement en France suivant les brevets Pintsch. Ce procédé de fabrication de gaz d'éclairage est très employé dans les grandes fabriques, dans les villages et dans les petites villes d'Amérique. Il convient tout spécialement à l'éclairage à cause de la simplicité relative de l'appareil, de la facilité de la fabrication et de la pureté du produit fabriqué.

#### Fabrication du gaz riche

Dans le système Pintsch, on emploie exclusivement des substances liquides de densité élevée ; elles peuvent provenir soit des schistes soit du pétrole. A la Compagnie du chemin de fer de l'Est, on utilise les résidus provenant du graissage des boîtes des wagons, graissage qui est effectué au moyen d'huile russe d'une densité moyenne d'environ 0,920.

Le cambouis qui se forme dans les boîtes est recueilli et filtré sur des plaques d'acier perforé ; on ob-

tient ainsi une huile visqueuse dont la densité atteint parfois 0,930 et que l'on décompose par la chaleur.

Le four (fig. 50) (p. 282-283) dans lequel s'opère la distillation chauffe deux cornues en fonte superposées. L'huile contenue dans un réservoir B, situé à la partie supérieure du four, s'écoule par un tuyau recourbé en forme de siphon et arrive dans la cornue supérieure A, chauffée à une température voisine de 800°; le débit de l'huile est réglé très minutieusement, au moyen d'une vis micrométrique. Une alimentation automatique et toujours égale ne donnerait que de mauvais résultats, parce que la quantité d'huile introduite doit varier selon la température plus ou moins élevée des cornues, et selon la qualité et la nature de la matière employée.

Ce point est essentiel pour atteindre le rendement de gaz le plus élevé, et pour que la transformation en gaz de la matière employée soit complète.

Des regards placés à côté du foyer permettent de se rendre compte du degré de chaleur des cornues.

L'huile s'écoule d'abord dans une auge en tôle C, placée sur le fond de la cornue supérieure; l'emploi de cette auge permet à l'huile de se répandre plus facilement en une couche mince et égale, ce qui facilite l'évaporation; elle a encore l'avantage de rendre le nettoyage facile et rapide, et de prolonger considérablement la durée de la cornue, qui serait mise hors de service au bout de très peu de temps, si l'huile froide tombait continuellement goutte à goutte sur un même point.

La vapeur d'huile, produite dans la cornue supérieure, et déjà gazéifiée en partie, pénètre par un raccord dans la cornue inférieure D, chauffée vers 900°; elle a la même forme et les mêmes dimensions que la précédente, là s'achève complètement la transformation de la matière en gaz.

En sortant de la cornue inférieure, le gaz arrive dans un barillet E, placé en contre bas de la cornue. Il y abandonne une certaine quantité de goudron.

Les cornues sont en forme de  $\ominus$  ; on emploie, suivant les besoins, une des trois dimensions suivantes : 260 millimètres, 173 millimètres et 130 millimètres ; on en établit même qui n'ont que 100 millimètres, pour l'alimentation des bouées.

Celles qu'utilise la Compagnie des chemins de fer de l'Est ont 0,260 de large sur environ 1,50 de longueur.

L'agencement des foyers est tel que les cornues ne soient pas exposées à l'action directe de la flamme.

Le gaz, en sortant du barillet E, arrive dans les condenseurs GG' (fig. 47, 48, 49), où il se débarrasse du goudron entraîné sous forme de vapeur ; ils consistent en 2 grands cylindres verticaux ayant 2 mètres de haut sur 0<sup>m</sup>,70 de diamètre. Ils sont refroidis par un écoulement continu d'eau qui, arrivant à la partie supérieure du cylindre, ruisselle sur toute sa surface extérieure et tombe dans des canaux qui l'expulsent ; il se purifie complètement en traversant : 1<sup>o</sup> le laveur J, un cylindre de 1<sup>m</sup>,25 de diamètre sur 0<sup>m</sup>,80 de large, rempli de morceaux de bois disposés en chicane ; 2<sup>o</sup> les épurateurs I et I'.

Un compteur L, placé à la sortie des épurateurs, enregistre la production. Les gaz ainsi épurés viennent se rassembler dans le gazomètre.

La cuve du gazomètre est, selon l'importance de l'usine, soit en fer et tôle, soit en maçonnerie ; la cloche est en tôle, comme celle des usines à gaz de houille.

Le goudron résultant de la fabrication s'écoule au dehors, et est recueilli dans des citernes disposées à cet effet en II et II'. La Compagnie des chemins de fer de l'Est emploie ces goudrons pour le goudronnage.

FIG. 47

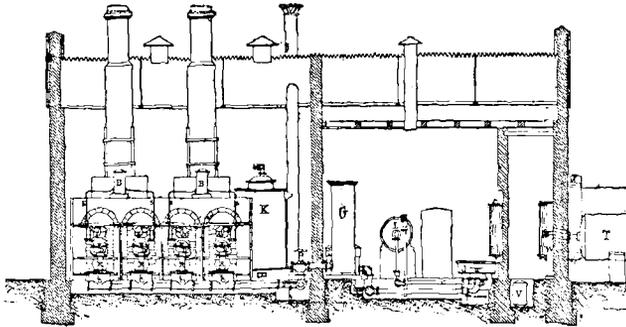


FIG. 49

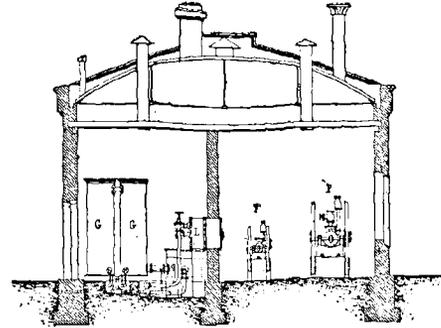


FIG. 48

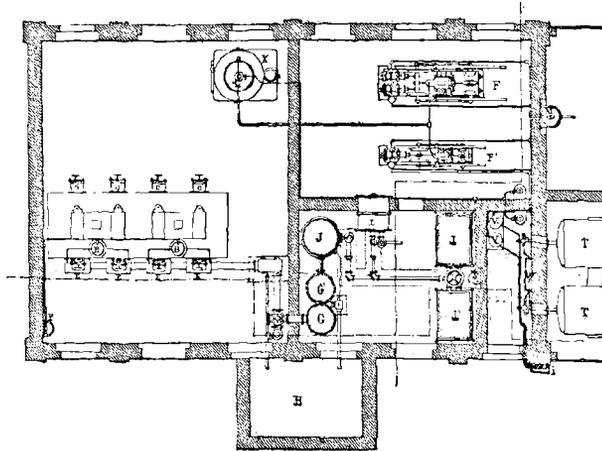


FIG. 50

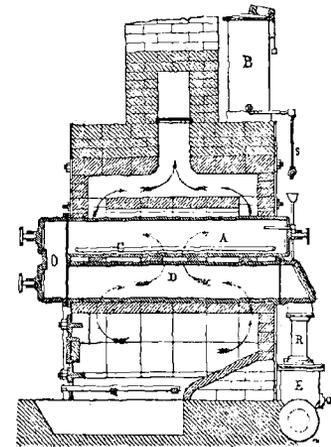


FIG. 47 à 50. — Usine de fabrication du gaz comprimé.

FIG. 47. — Élévation. Coupe longitudinale.

FIG. 49. — Coupe transversale.

FIG. 48. — Plan.

FIG. 50. — Coupe d'un four.

Les appareils qui viennent d'être décrits constituent la fabrication proprement dite du gaz, telle qu'elle doit être établie pour l'éclairage des villes, bâtiments, etc.

Quand le gaz doit être utilisé à l'éclairage des wagons ou des bouées, on le comprime; en effet, pour ces applications, il est absolument nécessaire que l'on puisse emmagasiner la plus grande quantité de gaz possible sous un faible volume.

La compression s'opère au moyen d'une pompe aspirante et foulante F qui aspire le gaz, contenu dans le gazomètre, à travers un cylindre M, placé à l'extérieur, dont la fonction consiste à le débarrasser de toutes les particules liquides ou de la vapeur qu'il pourrait entraîner avec lui; de cette façon, il se présente parfaitement sec à la compression.

Les pompes sont de deux types, de grandeurs différentes, selon l'importance de l'usine.

La plus forte possède deux cylindres de compression, le plus grand ayant 170 millimètres, le second 100 millimètres de diamètre; ils sont assujettis, ainsi que le cylindre à vapeur, sur un même bâti.

La course du piston est de 320 millimètres.

Les deux cylindres compresseurs sont à double effet et reliés entre eux par des soupapes, dont la disposition réduit au minimum possible l'espace nuisible.

Le gaz, puisé dans le gazomètre, est comprimé d'abord dans le plus grand cylindre, à une pression de 4 atmosphères environ; il passe alors dans le second cylindre qui le comprime à 10 ou 12 atmosphères dans le réservoir qui sert d'accumulateur.

L'arbre de la pompe porte de chaque côté un grand volant qui assure une marche régulière et douce. Tous les organes de la pompe, des soupapes, etc., sont combinés de façon que, même pendant le travail, on puisse en surveiller avec facilité le fonctionnement.

Pour une production peu importante, la petite pompe suffit; elle n'a qu'un cylindre de compression, relié directement à la tige du piston, sur lequel agit la vapeur; elle comprime le gaz à une pression de 10 atmosphères et suffit pour emmagasiner 7 mètres cubes de gaz par heure.

La vapeur nécessaire au fonctionnement de la pompe est produite par la chaudière K, située dans la chambre des fours; l'ouvrier chargé de surveiller la production du gaz peut ainsi également s'occuper de sa conduite.

100 kilogrammes d'huile donnent en moyenne de 52 à 54 mètres cubes de gaz.

Les hydrocarbures liquides qui se séparent du gaz par la compression sont recueillis et retenus dans un récipient cylindrique V, placé entre la pompe et les accumulateurs T dans lesquels se trouve refoulé le gaz riche.

Les huiles russes lourdes donnent par ce traitement, et pour 1000 mètres cubes de gaz recueilli dans les réservoirs, une condensation de 150 kilogrammes d'hydrocarbures liquides dans les bouteilles, et de 35 kilogrammes de produits liquides dans les accumulateurs<sup>1</sup>.

Les accumulateurs sont de grands réservoirs en tôle rivée ou soudée; par suite de la pression à laquelle ils sont soumis et de la condition de parfaite étanchéité, qu'ils doivent remplir, il est indispensable de les construire avec beaucoup de soin.

1. Les liquides de condensation sont de compositions variables. Nous leur avons trouvé les densités suivantes selon qu'ils proviennent des :

|                             |                       |                        |       |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------|
| Mazout. . . . .             | }                     | Bouteilles. . . . .    | 0.855 |
|                             |                       | Accumulateurs. . . . . | 0.796 |
| Schistes d'Écosse. . . . .  | }                     | Bouteilles. . . . .    | 0.860 |
|                             |                       | Accumulateurs. . . . . | 0.850 |
| Schistes de Saint-Hilaire.. | (Bouteilles). . . . . | 0.837                  |       |

On emploie un ou plusieurs accumulateurs de façon à pouvoir faire à tout moment le remplissage; dans ce but, ils sont à volonté réunis ou indépendants l'un de l'autre.

Différents appareils de sûreté sont disposés dans l'usine.

Un indicateur à eau placé dans la chambre de distillation indique la marche de chacun des appareils: cornues, condenseur, épurateurs, laveurs, compteurs, entrée du gazomètre; et fait connaître, en cas de dérangement, celui qui est à visiter.

Un second indicateur, communiquant avec la pompe de compression, fait voir si sa marche est régulière.

Enfin un manomètre est placé sur la pompe elle-même, et un autre communique avec chaque accumulateur; on peut ainsi toujours se rendre compte de la pression qui existe dans chacun d'eux, et leur capacité étant connue, on sait en même temps quelle est la quantité de gaz dont on dispose.

Une soupape spéciale N permet au gaz de s'échapper au dehors, dans le cas où un engorgement viendrait à se produire dans les cornues ou les conduites. La dimension de l'usine et l'importance de chaque appareil varient selon la quantité de gaz à produire et l'usage auquel il est destiné.

Certaines installations ont six paires de cornues de 260 millimètres, tandis que pour des applications n'exigeant qu'une faible consommation de gaz il suffit d'une seule paire de cornues de 100 millimètres.

Pour apprécier ce qu'il est utile de faire, il y a lieu de se baser sur la quantité de gaz que peut produire une paire de cornues; celle-ci est de 8<sup>m<sup>3</sup></sup>,5 par heure, pour une paire de cornues de 260 millimètres; de 5<sup>m<sup>3</sup></sup>,5 pour celles de 175 millimètres; de 3<sup>m<sup>3</sup></sup>,5 pour celles de 130 millimètres; de 1 mètre cube environ pour les usines

très petites n'ayant que des cornues de 100 millimètres spécialement destinées à l'alimentation des bouées. Il est indispensable d'avoir toujours une paire de cornues en réserve.

#### Éclairage des wagons par le gaz riche

Les premiers essais d'éclairage des wagons par le gaz ont été faits, il y a près de 25 ans, au chemin de fer de l'Est. La Société du gaz portatif exploitant les brevets Hugon installa l'éclairage au gaz d'un wagon de 1<sup>re</sup> classe; le gaz employé était un gaz riche provenant de la distillation du boghead et comprimé à 10 atmosphères. Ces essais, bien qu'ayant eu un certain succès, ne furent pas continués.

Plus tard, le Metropolitan Railway de Londres tenta l'application du gaz ordinaire en l'emmagasinant dans des sacs en cuir au-dessus de chaque wagon, mais ce système n'était guère pratique, même avec de petits parcours et on l'abandonna bientôt pour une installation de gaz riche.

On a essayé aussi, sans plus de résultats, de comprimer le gaz ordinaire, pour lui faire occuper un moindre volume.

En 1869, M. Cambrelin, ingénieur des chemins de fer de l'État belge, appliqua le premier en grand, sur le continent, l'éclairage au gaz par son système qui consiste à placer dans chaque train un réservoir unique renfermant un gaz riche comprimé à 10 atmosphères provenant de la distillation de boghead, de résidus de pétrole et d'huiles de paraffine. Plus de 2,500 voitures furent munies de ce système en Belgique, mais à cause des nombreux inconvénients que présente l'installation d'une conduite unique, d'un bout à l'autre du train, il ne s'est pas répandu et est resté localisé dans le réseau de l'État belge.

Il est peu de systèmes qui n'aient été ensuite expérimentés : après avoir eu recours au gaz riche comprimé obtenu par la distillation des matières solides (boghead) seules, ou mélangé avec du gaz provenant de la distillation des huiles, ou encore additionné de gaz ordinaire, on s'adressa au gaz ordinaire carburé (systèmes Sugg, Riedinger, etc.), puis au gaz riche comprimé produit par la distillation des matières liquides.

Avec un réservoir unique par train, on avait l'avantage de réunir la provision de gaz en un seul point, de n'avoir besoin que d'un régulateur, etc.; mais les raccords entre les conduites de chaque voiture donnaient lieu à des fuites constantes, les secousses que reçoivent pendant la marche les tuyaux de raccord, faisaient subir aux flammes des vacillations fréquentes; une partie des voitures était exposée à rester dans l'obscurité lorsqu'on était obligé de couper le train, bien que dans le système Cambrelin cependant, un ingénieux système permette l'alimentation pendant plusieurs minutes, des wagons de queue par un petit réservoir placé sur le fourgon d'arrière.

On peut considérer comme admis aujourd'hui : 1° qu'il faut munir chaque voiture d'un réservoir spécial contenant une provision de gaz suffisante; 2° qu'il faut se servir d'un gaz très riche, comprimé à plusieurs atmosphères, pour diminuer son volume.

L'alimentation des lampes de wagons est obtenue au moyen de réservoirs à gaz en tôle, de 5 millimètres d'épaisseur, avec une double rangée de rivets; leurs fonds sont bombés et fixés au moyen de vis. On les dispose au-dessus ou au-dessous de la voiture (fig. 51).

On leur donne généralement 1<sup>m</sup>,850; par exception seulement on en a construit de 3 mètres de long, leur diamètre varie de 320 à 520 millimètres. Afin d'obtenir



une étanchéité parfaite, ils sont étamés et soudés intérieurement et extérieurement.

Le nombre et la dimension des réservoirs varient d'après le nombre de becs de chaque voiture et en raison de la durée de l'éclairage.

Ils sont remplis de gaz à une pression de 6 à 7 kilogrammes. Afin de rendre plus facile cette opération, une soupape de remplissage *c* (fig. 51) est disposée de chaque côté de la voiture, elle est renfermée dans une boîte métallique qui sert à la protéger.

Lorsque plusieurs réservoirs sont placés sur une voiture, ils sont reliés entre eux par un tuyau de 7 millimètres de diamètre, un tuyau de 5 millimètres les fait communiquer avec le régulateur.

Le régulateur Pintsch sert à faire sortir le gaz du réservoir sous une pression constante; il se compose d'une cuvette en fonte *A* (fig. 51), de 250 millimètres de diamètre et de 160 millimètres de hauteur, fermée à sa partie supérieure par une membrane *B* en cuir, imperméable au gaz, au centre de laquelle est fixée une tige *C*, qui peut se mouvoir autour d'une articulation placée près du point d'attache. Cette tige est reliée de même à sa partie inférieure à un levier *D*, qui sert à régler l'introduction du gaz. Un ressort *E*, agissant en sens contraire à l'action de la membrane, maintient ce levier qui se trouve ainsi rendu complètement indépendant des cahots que subit le wagon. Il en résulte qu'il n'y a pas de choc qui soit capable de produire l'extinction des lumières.

Le levier agissant pour l'ouverture ou la fermeture de la soupape sert à l'admission du gaz dans le régulateur. L'orifice *F*, par lequel il est introduit, est calculé de façon à ne laisser passer qu'une quantité de gaz correspondante à une pression de 16 millimètres.

Ceci posé, dès que cette pression est atteinte dans le

régulateur, la membrane en se soulevant agit sur le levier qui ferme la soupape. Lorsque, par suite de la consommation, la pression diminue, le ressort ramène le levier dans sa position primitive et il se produit une nouvelle admission de gaz. L'équilibre se trouve ainsi maintenu par une succession de mouvements alternatifs analogues.

Ce régulateur est placé à l'abri de tout accident (fig. 51) sous la caisse de la voiture, une conduite A, de 7 millimètres, établit la communication avec le toit de la voiture; elle est munie d'un robinet principal qui permet d'éteindre à la fois toutes les lumières.

Les lampes de chaque compartiment sont alimentées par des tuyaux branchés sur cette conduite A (fig. 51); elles ont également un robinet, on peut ainsi n'allumer que le nombre de becs nécessaires.

Les becs peuvent tourner autour d'une charnière *m*, de sorte qu'en enlevant le réflecteur *o*, on n'a qu'à relever le bras qui porte le bec *r*, pour nettoyer sans difficulté la coupe *s*.

Le corps de la lanterne est en fonte, le couvercle, l'entonnoir et la cheminée sont en fer-blanc.

La figure 52 en indique la disposition.

Le brûleur est un papillon en stéatite et sa construction doit être très soignée pour obtenir une belle flamme.

Les produits de la combustion sont guidés au dehors par un tuyau aplati *t*, correspondant avec une ouverture pratiquée dans le centre du réflecteur qui est en tôle émaillée.

L'air nécessaire entre par le couvercle de la lanterne, et pénètre dans la coupe, au moyen d'échancrures ménagées dans le pourtour de la cloche en fonte sur laquelle est fixé le réflecteur.

Comme la combustion s'opère sous une très faible pression, et que la quantité de gaz consommée est très

restreinte, les flammes sont sujettes à s'éteindre facilement, par le moindre courant d'air, il est donc important de supprimer toute communication entre la lanterne et l'intérieur de la voiture, ce qui a de plus l'avantage d'éviter aux voyageurs l'odeur du gaz.

Un dispositif permet de réduire la flamme à l'état de veilleuse, dans ces conditions la consommation du gaz est presque nulle.

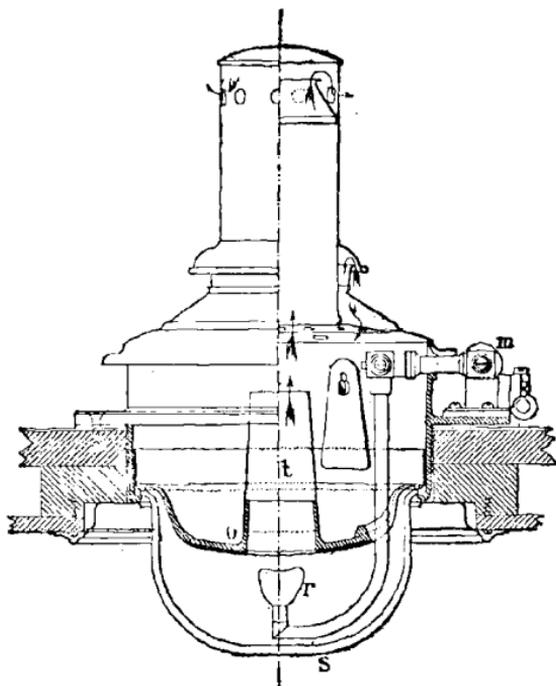


FIG. 52. — Lanterne de wagon.

On obtient ce résultat au moyen d'un appareil particulier, disposé de façon à réduire la flamme à son *minimum*, sans qu'elle puisse s'éteindre.

Il est mis soit à la disposition des voyageurs, soit seulement à la portée du conducteur du train. Dans le  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

premier cas, il y a, par chaque compartiment, un bouton qu'il suffit de tourner pour réduire la flamme ou la relever; pour de longs trajets, cet appareil a l'avantage de réduire la dépense, quand les voyageurs préfèrent dormir.

Dans le second cas, un levier placé à l'une des extrémités de chaque voiture donne au conducteur du train la faculté de lever ou de baisser la flamme, soit avant ou après le passage d'un tunnel, soit à la tombée de la nuit; de la sorte on ne fait pas de dépense inutile de lumière, et on peut obtenir sur certaines lignes une économie de près de 30 pour 100 sur la quantité de gaz consommé.

Pour remplir les réservoirs, on établit le long des quais d'embarquement un tuyau souterrain en plomb étamé de 8 millimètres d'épaisseur et de 16 millimètres de diamètre intérieur, timbré à 15 atmosphères, sur lequel à des distances de 9 à 10 mètres, correspondant à la longueur d'une voiture, sont placées des bouches de chargement.

Ces bouches sont des boîtes ovales, en fonte, fermées par un couvercle; elles contiennent un robinet communiquant avec la conduite. Pour remplir les réservoirs, on relie les robinets de chargement des voitures avec les bouches de chargement, au moyen d'un tuyau de caoutchouc dont l'extrémité se visse exactement. On fait cesser l'admission du gaz dès que le manomètre indique une pression de 7 atmosphères; l'opération dure environ une minute par voiture.

Indépendamment des usages que nous venons de signaler, on a proposé l'emploi du gaz riche pour l'éclairage des bateaux, des phares et des bouées. La facilité avec laquelle on peut le transporter et le conserver, sous un petit volume en font un agent d'éclairage intéressant, rendant de réels services dans un certain nombre d'applications.

**B. — GAZ D'ÉCLAIRAGE CARBURÉ**

MM. Sugg, Riedinger et autres ont cherché à éviter l'altération que subit le gaz de houille quand on le comprime, en l'enrichissant par mélange avec un gaz éminemment riche.

Dans le système de M. Sugg, un courant de gaz ordinaire se mélange à chaud avec des vapeurs de pétrole imprégnant de la limaille de fer; le pétrole étant volatilisé, ses vapeurs mélangées avec le gaz ordinaire descendent dans une cornue inférieure où se fait la distillation du mélange; mais il arrive que des vapeurs d'huile et des composés carburés sont entraînés par le courant de gaz ordinaire traversant la cornue de distillation d'huile; l'enrichissement n'est donc pas très considérable et la composition du gaz n'est pas fort constante.

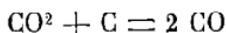
M. Sugg est cependant arrivé, en Angleterre en disposant ingénieusement ses appareils, à un résultat pratique à noter: pendant près de deux années, onze wagons éclairés par son système ont circulé sur le chemin de fer du « Great Northern » à la satisfaction du public; il est vrai que le gaz ordinaire à enrichir dont il était fait usage, était déjà du gaz d'un pouvoir éclairant très élevé (gaz dit de Cannel d'un pouvoir éclairant de 20 bougies que fournit une des Compagnies gazières de Londres, la Gas light and coke Company), en sorte qu'il n'avait besoin que d'être assez faiblement enrichi.

Le système Riedinger tendant au même but, et qui consiste à comprimer d'abord le gaz ordinaire bien desséché, puis à le faire détendre dans une certaine proportion au contact de carbures d'hydrogène, benzines et autres, ne s'est pas non plus répandu.

Il ne semble pas que la carburation du gaz d'éclairage par le pétrole ait reçu une solution satisfaisante.

### C. — GAZ A L'EAU CARBURÉ

Sous le nom de gaz à l'eau, on désigne un mélange gazeux préparé aux États-Unis par injection de vapeur d'eau surchauffée ou non, sur du coke ou de l'antracite portés au rouge. Il consiste en un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone, dans lequel on rencontre des quantités différentes d'acide carbonique, les proportions relatives d'oxyde de carbone et d'acide carbonique variant avec le procédé adopté et aussi avec les proportions relatives d'oxygène et de carbone réagissantes. On sait en effet qu'en présence d'un excès de carbone, l'acide carbonique est ramené à l'état d'oxyde de carbone.



Le mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène qui constitue le gaz d'eau, est très combustible, mais peu éclairant. Pour l'employer à l'éclairage, on a proposé d'augmenter son intensité lumineuse en l'additionnant d'une quantité convenable de pétrole.

Afin d'obtenir un mélange homogène et stable des éléments constitutants, le pétrole doit subir préalablement une décomposition pyrogénée que l'on obtient en injectant ce pétrole en même temps que la vapeur d'eau, sur le carbone porté au rouge.

On emploie à cet effet et en immenses quantités le naphte lourd, les huiles de pétrole brutes et les huiles lourdes.

Les proportions admises par les industriels sont représentées par la formule :



La matière généralement employée au début a été

le naphte et c'était alors économique parce que les sociétés de raffinage n'avaient pas encore développé les débouchés pour la production du naphte.

Elles ont dernièrement trouvé de grands marchés pour cette matière et cela a tellement élevé le prix pour les compagnies de gaz, qu'elles ont modifié leurs procédés de telle sorte qu'elles peuvent se servir soit d'huile brute, soit même de résidus plus lourds.

D'après une note manuscrite qu'a adressée à l'un de nous le professeur Sadtler (de Philadelphie), il faut, dans les meilleurs appareils, 3 à 4 gallons d'huile brute pour saturer 1,000 pieds cubes de gaz. Dans plusieurs on consomme, sans effet avantageux, 6 gallons et plus.

Il ajoute, d'après le superintendant de la *United Gas Improvement Company*, que de la quantité totale de gaz d'éclairage préparé aux États-Unis, 60 p. 100 au moins représentent du gaz à l'eau enrichi par du pétrole et ses produits.

Les deux principaux appareils employés sont ceux de Lowe et d'Humphrey.

L'appareil Humphrey se compose d'un double jeu de générateurs communiquant entre eux, par leur partie inférieure, au moyen de canalisations en briques réfractaires semblables à celles qui relient les générateurs aux carburateurs et les carburateurs aux surchauffeurs.

On donne le vent, en même temps, aux deux générateurs, sous leur grille.

On introduit la vapeur par le sommet du surchauffeur (disons celui de droite); elle descend, gagne le carburateur, le remonte et atteint alors, complètement surchauffée, le sommet du générateur de droite où elle arrive dans les meilleures conditions pour sa décomposition complète. La vapeur descend ensuite dans le

générateur de gauche. L'huile est introduite par le sommet du carburateur de gauche au moyen de quatre tuyaux. En y arrivant, la vapeur et l'huile, comme dans la plupart des autres appareils, se trouvent enveloppées par de la vapeur d'eau surchauffée, et l'huile est presque complètement vaporisée avant d'arriver au fond du surchauffeur ; après avoir remonté le dernier récipient, elle est entièrement gazéifiée.

Pour l'opération suivante en tant qu'il s'agit de la fabrication du gaz, cette marche est renversée : on introduit la vapeur par le surchauffeur de gauche et l'huile par le carburateur de droite. Les briques qui remplissent le carburateur sont aménagées de façon à réserver au-dessous de chaque orifice d'amenée des huiles, un espace libre descendant jusqu'au fond de l'appareil, par lequel, pendant que la chaleur s'échappant des briques volatilise les huiles, les impuretés que celles-ci contiennent (surtout s'il s'agit de pétroles bruts) tombent au fond du récipient, d'où on les enlève à volonté.

Avec une production d'une importance suffisante, on fabriquera des gaz d'eau d'une puissance de 24 à 26 bougies avec moins de 50 livres (23 kilogrammes) de houille ou de coke, y compris le combustible nécessaire aux besoins généraux de l'usine dans des conditions ordinaires.

Ce chiffre est une moyenne, établie sur le rendement net d'une année. La quantité de pétrole (disons d'huile de Lima brute) établie sur les mêmes bases ne s'élèverait pas à 4 gallons 75 (18 litres) par *mille*.

La main-d'œuvre serait de 4 à 6 cents (21 à 31 centimes) par *mille*, en calculant les salaires journaliers comme il suit : contremaître, 12 fr. 95 à 15 fr. 54 ; gaziers, 10 fr. 36 à 11 fr. 65 ; chauffeurs, 11 fr. 07 à 12 fr. 36 ; manœuvres et aides, 7 fr. 77 à 11 fr. 07.

Les autres frais, fournitures, réparations, assurance, salaire du surveillant, etc., doivent différer bien peu des frais du même genre qu'entraîne la fabrication du gaz de houille.

Dans le procédé Lowe, on fait passer de l'air et de la vapeur alternativement pendant 10 minutes à travers la charge du générateur. Lorsqu'on injecte de l'air, les gaz résultants sont employés au chauffage des carburateurs. L'un des cylindres de l'appareil de Lowe mesure 4 mètres de diamètre sur 6 mètres de hauteur.

Les trois analyses suivantes donnent une idée de la composition des produits obtenus :

|                      | Gaz vendu<br>à New-York<br>Analyse<br>de Wurtz<br>(1878) | Gaz municipal<br>(Tessie du Motay)<br>Analyses d'Henry<br>Mortou |       | Gaz Lowe obtenu par<br>l'appareil Granger<br>Analyses du Dr Gideon<br>E. Moore |        |
|----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
|                      |                                                          |                                                                  |       |                                                                                |        |
| Densité. . . . .     | 0.4912                                                   | .                                                                | .     | 0.5915                                                                         | 0.6018 |
| Hydrogène. . . . .   | 49.32                                                    | 27.29                                                            | 23.49 | 37.20                                                                          | 35.88  |
| Oxyde de carbone. .  | 37.97                                                    | 26.18                                                            | 27.89 | 28.26                                                                          | 23.58  |
| Gaz des marais. . .  | 7.65                                                     | 25.43                                                            | 24.61 | 18.88                                                                          | 20.95  |
| Gaz illuminants. . . | »                                                        | 16.26                                                            | 17.36 | 12.82                                                                          | 15.43  |
| Acide carbonique. .  | 0.14                                                     | 0.21                                                             | 0.37  | 0.14                                                                           | 0.30   |
| Oxygène. . . . .     | 0.13                                                     | 0.14                                                             | 1.02  | 0.06                                                                           | 0.01   |
| Azote. . . . .       | 4.79                                                     | 4.45                                                             | 5.24  | 2.64                                                                           | 3.85   |

On a proposé à Boston de fabriquer du gaz d'éclairage en injectant de la vapeur d'eau surchauffée dans une chaudière remplie de l'huile à décomposer. On obtient en effet un bon produit, mais il reste une plus grande quantité de matière indécomposée et le prix de revient est plus élevé.

À côté de ces procédés, il convient de placer celui qui consiste à faire passer des huiles lourdes et de la paraffine brute sur du coke chauffé au rouge.

Ce système n'a pas donné de résultats pratiques.

## D. — AIR CARBURÉ

Les portions les plus légères du pétrole, que l'on désigne sous le nom de *gazoline*, sont des produits dont la densité n'est guère que de 0,650; ils sont volatils à la température ordinaire, et jouissent de la propriété de brûler à l'air libre. Aussi, depuis longtemps a-t-on eu l'idée d'employer ces liquides à la carburation de l'air de façon à obtenir un gaz ayant des propriétés voisines de celles du gaz d'éclairage auquel il peut se substituer d'autant plus facilement que sa préparation n'entraîne pas l'installation d'une véritable usine. Par l'application de quelques-uns des nombreux appareils proposés, il a été possible d'éclairer avantageusement les maisons de campagne, et son emploi paraît pratique dans les laboratoires qui n'ont pas à leur disposition le gaz d'éclairage.

Le principe est simple: on emmagasine dans des réservoirs spéciaux de l'air. Cet air est ensuite lancé régulièrement à travers un ou des réservoirs renfermant la gazoline; il se charge par conséquent de vapeurs d'hydrocarbures, après quoi il est distribué, au moyen de conduites de plomb, dans les divers endroits où l'on se propose de l'utiliser et qui doivent d'ailleurs être proches du lieu de production. La température du milieu dans lequel elles sont installées ne doit pas descendre au-dessous de 15 à 18°, car alors on peut craindre qu'une partie des hydrocarbures ne repasse à l'état liquide et ne vienne encombrer les conduites, aussi, on a coutume de réserver, dans les canalisations, des inclinaisons munies de siphons ou de simples bouteilles dans lesquelles se rassembleront les liquides condensés. Il est également prudent d'isoler les conduites du mur, en les entourant d'un corps mauvais conducteur, tel que la laine.

## Système Faignot

Il se compose<sup>1</sup> :

1° D'un tambour mis en mouvement par une corde à l'extrémité de laquelle est fixé un poids que l'on remonte au moyen d'un treuil; sa course peut être établie pour une période de 6, 8, 10 ou 12 heures;

2° D'un aspirateur agissant comme pompe à air et recevant le mouvement du tambour décrit en 1°;

3° D'un gazomètre qui emmagasine l'air venant de l'aspirateur, pour l'envoyer à travers les récipients carburateurs;

4° De récipients carburateurs; ce sont des récipients garnis de mèches ou de tampons de feutre destinés à activer l'évaporation que l'on augmente en obligeant l'air à passer à travers les compartiments formés par un certain nombre de cloisons placées en chicane dans chaque récipient.

On obtient de cette façon un mélange intime d'air et d'hydrocarbures que l'on envoie dans des brûleurs analogues à ceux que l'on emploie pour le gaz de houille.

## Système Wiesnegg

Il présente sur le précédent un avantage dû à la disposition du carburateur. Celui-ci est placé dans une bêche métallique. On peut à volonté, soit élever la température du liquide carburateur en échauffant par un thermosyphon le bain-marie qui le renferme, soit au contraire abaisser sa température par une circulation d'eau froide. Cette disposition permet d'employer suivant les besoins des liquides ou plus lourds ou plus légers que la gazoline. Le courant d'air est obtenu par un ventilateur hydraulique dont la corde débite 1500 litres

1. Henry Deutsch, *Le Pétrole et ses applications*. Paris, Librairies Imprimeries réunies.

d'air à la pression de 0<sup>m</sup>,05 d'eau pour une chute de 1 mètre. Avec ce système, on dépense environ un demi-litre de gazoline pour carburer un mètre cube d'air.

#### Système Lothamer

Dans cet appareil, la carburation de l'air se produit au fur et à mesure des besoins de la consommation ; il n'y a donc jamais de gaz emmagasiné.

L'évaporation de la gazoline s'effectue dans un réservoir cylindrique à niveau constant, ce qui s'obtient à l'aide d'un siphon qui le relie au vase d'alimentation.

Un moteur à air carburé actionne une petite pompe qui refoule l'air à carburer à travers la gazoline ; la température est maintenue constante par circulation d'eau chaude autour du réservoir à gazoline. La pression est maintenue constante dans toute la canalisation par l'emploi d'une soupape très sensible placée à la partie supérieure du dôme du cylindre ; suivant le nombre de becs en service, cette soupape laisse échapper dans l'atmosphère une plus ou moins grande quantité d'air refoulé, avant son passage dans la gazoline.

Ce dispositif donne non seulement une grande régularité d'éclairage, mais il assure aussi la complète volatilisation de la gazoline tout en atténuant la condensation dans les conduites.

#### Système Jaunez

Son caractère particulier est de fonctionner sans aucun moyen mécanique. Il comprend :

Une cuve surmontée d'un gazomètre à joint hydraulique, un régulateur de pression, une chaudière lenticulaire pour la vaporisation de la gazoline et un injecteur actionné par la vapeur de la gazoline.

Lorsqu'au moyen d'une poire en caoutchouc on injecte une petite quantité d'air dans le gazomètre, on

produit de l'air carburé que l'on utilise pour alimenter le brûleur au début de l'opération. Celui-ci étant allumé chauffe la lentille ; on y fait alors couler un mince filet de gazoline qui se vaporise immédiatement. La vapeur ainsi formée traverse un injecteur où elle détermine un appel d'air en proportion convenable pour donner une bonne combustion. L'air carburé ainsi produit se rend dans le petit gazomètre, d'où il pénètre dans la canalisation.

### *Emploi du pétrole à l'état liquide*

#### A. — LAMPES A GAZOLINE ET A ESSENCE DE PÉTROLE

Sous le nom d'essence minérale on trouve dans le commerce des hydrocarbures dont la densité est comprise entre 0,700 et 0,710 et dont le maniement présente certains dangers en raison des vapeurs inflammables que ces liquides émettent à la température ordinaire.

Leur emploi pour l'éclairage réclame donc certaines précautions destinées à éviter l'inflammation éventuelle du liquide contenu dans le réservoir ou de celui qui pourrait s'en échapper soit accidentellement, soit par suite d'une confection défectueuse de ce récipient.

On a renoncé à employer l'essence de pétrole pour alimenter des lampes à brûleurs à verre, non seulement parce que ce mode d'éclairage était dangereux, mais aussi à cause du prix élevé de la lumière obtenue par ce moyen. Son usage paraît restreint à l'alimentation des lampes brûlant sans verre. Dans ces appareils que tout le monde connaît et dont la lampe Pigeon est un exemple, on évite tout danger d'incendie en garnissant le réservoir de la lampe d'un corps spongieux (feutre, bourre, coton, etc.), qui absorbe l'essence et alimente la mèche par simple contact.

Les lampes à essence consomment environ 6 grammes d'essence pour produire une bougie-heure. Comme elles peuvent renfermer de 70 à 90 grammes d'essence, on voit qu'une fois chargées, elles sont susceptibles de brûler pendant quinze heures environ.

Alors même que le récipient d'une lampe à essence est plein, on doit pouvoir le retourner sans que le liquide s'en échappe. Dans ces conditions aucune explosion n'est à craindre.

Contrairement à ce qui se pratique en France, il est interdit à New-York et dans plusieurs autres États de l'Amérique de se servir des essences pour l'éclairage dans les appartements; cependant ces produits servent d'une façon fréquente aux États-Unis pour l'éclairage public et extérieur.

A New-York et ailleurs, les boutiques en plein vent dans les quartiers pauvres sont éclairées par une flamme fumeuse allumée à l'extrémité d'un bec, le plus souvent sans verre, qui est en communication avec un réservoir supérieur de un quart de litre à un litre, renfermant de la gazoline.

Dans beaucoup de campagnes, à Harmony, Zéliénople, etc., les rues sont éclairées par ce système.

Lorsque l'on redoute le froid, soit à cause de l'hiver, soit à cause du climat du pays, on emploie des gazolines très légères bouillant à basse température. Quand, au contraire, la chaleur est à craindre, on se sert de gazolines moins légères ou même de naphte à 0,700, 0,710.

L'un de nous a été visiter à Chicago<sup>1</sup> le laboratoire d'un chimiste qui se sert de gazoline à la densité de 0,686 pour produire son éclairage. Cette gazoline est

1. Riche et Roume, Rapport sur la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux États-Unis.

entraînée par un courant d'air sous pression. Le mélange gazeux passe à travers du coton imprégné d'eau, qui retient l'excès d'hydrocarbures. A sa sortie, il brûle avec une flamme bleue très chaude qui, conduite sur un treillis contenant de la zircon, produit une lumière éblouissante d'un très heureux effet. Suivant l'inventeur, cet éclairage ne dépense qu'un demi-gallon de pétrole par heure, en produisant l'équivalent de 100 becs d'éclairage.

#### B. — LAMPES A PÉTROLE ORDINAIRE

L'usage des huiles de pétrole se répand de plus en plus pour l'éclairage domestique et tend à se substituer presque complètement à celui des bougies et des huiles grasses. L'éclairage au pétrole présente en effet un certain nombre d'avantages dus à la nature particulière de cet agent.

Tandis que, dans les lampes à huiles grasses, l'huile doit être portée à une température suffisante pour la décomposer en produits volatils capables de brûler, les huiles de pétrole, au contraire, en raison de leur volatilité, n'ont besoin que d'être portées à une température relativement basse, correspondant à leur point d'ébullition.

Cette différence de nature des produits employés conduit à deux dispositions : dans les lampes à huiles végétales, le liquide doit être amené au sein de la flamme, car c'est là seulement que règne une température suffisante pour le décomposer et par conséquent le faire brûler ; dans les lampes à huiles minérales, au contraire, il ne doit pas arriver dans la flamme parce qu'il se formerait ainsi une trop grande quantité de vapeurs dont une partie échapperait à la combustion. Si donc, dans les lampes à huiles végétales, la mèche doit dépasser les bords du bec et pénétrer dans la flamme, dans les

lampes à huiles minérales, on devra éviter ce dispositif; il est en effet convenable que la mèche n'arrive pas jusque dans la flamme.

Le rôle de la mèche est des plus importants; il consiste à alimenter constamment la flamme d'une quantité suffisante de pétrole qu'elle puise dans un réservoir faisant partie de la lampe. Cette alimentation qui, dans les lampes à huiles végétales, est obtenue par une pression artificielle, se fait naturellement avec les huiles minérales, grâce à l'action capillaire des mèches; de là résulte une simplification dans le mécanisme de l'appareil.

A la partie inférieure de la lampe, se trouve le réservoir à pétrole qui, suivant les cas, peut être en verre, en porcelaine ou en métal. Lorsqu'il est en verre ou en porcelaine, l'appareil devient fragile, ce qui est un inconvénient, étant donné que ces lampes sont susceptibles d'être fréquemment déplacées; quand, au contraire, il est métallique, il présente un autre inconvénient dû à la conductibilité des métaux, conductibilité qui a pour effet d'échauffer le liquide. Lorsque cet échauffement n'est que modéré, il favorise le bon fonctionnement de la lampe, mais s'il vient à être exagéré, il peut se produire à l'intérieur du réservoir des vapeurs dont l'accumulation est dangereuse. C'est pourquoi il est absolument nécessaire d'isoler complètement le récipient de la flamme soit au moyen de fermetures étanches, soit en permettant aux vapeurs engendrées de s'écouler à l'extérieur au moyen de dispositifs convenables. En raison de cette tendance qu'a le réservoir de s'emplier de vapeurs, il est avantageux de le remplir complètement de pétrole avant l'emploi.

Comme la capillarité de la mèche ne permet que difficilement d'élever le pétrole à plus de 30 centimètres, le récipient de la lampe se trouve très rappro-

ché du brûleur. Non seulement ce dispositif rend peu gracieux son aspect, mais il présente le désagrément de projeter sur le pied de la lampe une ombre d'autant plus étendue que, pour éviter des variations par trop considérables dans le niveau de l'huile, on a été amené à donner au réservoir une forme aplatie de façon à augmenter sa largeur. La disposition que nous venons de mentionner a pour but de diminuer autant que possible l'accroissement de la hauteur d'ascension qui résulte de l'abaissement du niveau de l'huile au fur et à mesure de sa combustion. Mais, même avec cette forme du récipient, l'intensité lumineuse décroît au fur et à mesure que le niveau du liquide s'abaisse, aussi a-t-on été amené à construire des lampes à niveau constant.

Dans le but d'éviter l'ombre projetée sur le pied de la lampe, on a employé des récipients en verre. Leur application ne résout que très incomplètement le problème, mais elle présente l'avantage de permettre d'observer facilement le niveau du liquide restant dans le réservoir. L'emploi de récipients en verre montés sur une colonne qui les maintient à une hauteur assez grande du pied de la lampe, paraît avoir donné de bons résultats et semble être actuellement en faveur.

La mèche, puisant le pétrole dans le réservoir, l'amène dans un organe spécial nommé brûleur où il est enflammé. La hauteur d'ascension de l'huile dans la mèche dépend non seulement de la nature de celle-là, mais aussi de la valeur de celle-ci. Pour être bonnes, les mèches doivent être fabriquées avec du coton à longs brins formant un tissu lâche dont la filure ne doit contenir que le nombre de cordes strictement nécessaire à leur confection. Avant de les employer, il est avantageux de les dessécher pour leur faire perdre les 4 à 6 pour 100 d'eau qu'elles renferment et qui diminuent

notablement l'action capillaire. Plus la capillarité d'une huile est grande, plus la hauteur d'ascension dans la mèche est élevée. La rapidité de l'ascension varie au contraire d'une façon inverse; elle est influencée à la fois et par la rapidité de la combustion et par la nature du pétrole. Bien que les huiles lampantes russes soient plus denses que les produits similaires américains, la rapidité de l'ascension est plus considérable avec les premières qu'avec les secondes. Les mèches employées sont plates, rondes et annulaires, ou rondes et pleines. On a aussi tenté d'utiliser des mèches faites avec des corps incombustibles tels que l'amiante. Ces tentatives ne paraissent pas avoir été suivies de résultats; au moins quant à présent. Pour que la combustion du pétrole se fasse d'une façon complète, il est nécessaire que le brûleur soit disposé de façon à diriger sur la mèche un courant rapide d'air affluant en quantité suffisante pour brûler convenablement le liquide admis dans la flamme.

Lorsque le pétrole n'est pas complètement brûlé, les vapeurs produites retombent sur le corps de la lampe et s'y condensent. Il en résulte des suintements que l'on avait d'abord attribués à la perméabilité des réservoirs. La question du réglage de la quantité d'air est des plus importantes car, si l'air est insuffisant, la combustion est incomplète et la lampe répand une odeur désagréable, tandis qu'un afflux trop considérable d'air nuit à la flamme en la refroidissant.

Que la mèche soit ronde ou plate, annulaire ou pleine, son mouvement est assuré par des molettes qui se manœuvrent par une tige extérieure. Dans les lampes à mèches plates, on dispose entre le verre et le bec une sorte de cône métallique qui renvoie sur la flamme le courant d'air extérieur. Mais comme la partie métallique masque une portion de la flamme et produit une ombre

gênante, on la remplace par l'emploi d'un verre dont l'étranglement se fait aussi bas que possible.

Avec les mèches circulaires, on rejette le courant d'air intérieur sur la flamme en plaçant dans le milieu de sa hauteur un disque horizontal d'un diamètre un peu plus grand que celui du bec. Le courant d'air se brisant contre ce disque vient permettre la combustion. Enfin dans les systèmes plus récents, les courants d'air extérieur et intérieur se coupent dans la flamme et le disque est supprimé.

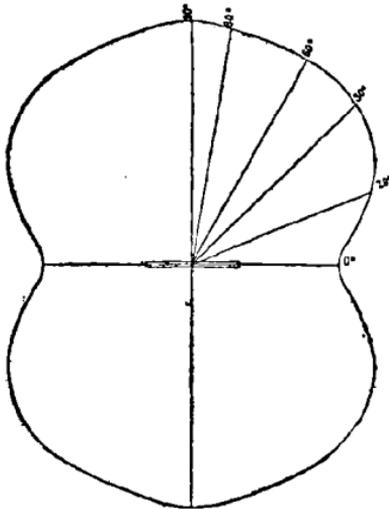


FIG. 53. — Emission lumineuse d'une lampe à pétrole à mèche plate.

Par raison de symétrie, les becs ronds versent une égale quantité de lumière dans les diverses directions du plan horizontal. Il n'en est pas de même des becs plats. La courbe ci-contre (fig. 53), empruntée à un travail de MM. Baille et Féry<sup>1</sup>, représente la répartition de la lumière émise dans le plan horizontal par une lampe à bec plat.

Avant d'allumer une lampe, on doit la remplir complètement de pétrole et la fermer soigneusement. Il ne faut sous aucun prétexte introduire du pétrole dans le réservoir d'une lampe sans l'avoir préalablement éteinte et, dans ce cas, l'on doit éloigner suffisamment la source lumineuse avec laquelle on s'éclaire, pour qu'aucun danger

1. Baille et Féry, L'Électricien, 3 août 1889.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

d'incendie ne soit à redouter. Le mieux est d'éteindre la lampe à recharger et de la laisser refroidir avant de renouveler sa charge d'huile minérale.

Les conditions générales relatives à la construction et à l'emploi des lampes à pétrole peuvent être résumées de la façon suivante, conforme aux instructions de MM. Abel et Boverton Redwood<sup>1</sup> :

1° L'intérieur du réservoir de la lampe doit être prémuni contre l'entrée de la flamme du brûleur, soit par un cylindre en fil de métal, soit par un tube en métal mince renfermant la mèche ;

2° Il est préférable que le réservoir à huile soit en métal et n'ait d'autre ouverture que celle formée par le brûleur ;

3° La mèche doit être d'un tissu tendre et peu serré. Elle doit remplir tout l'espace du porte-mèche sans y être comprimée ;

4° Une mèche fraîche doit être séchée devant le feu avant d'être placée dans la lampe. La longueur ne doit pas dépasser la profondeur du réservoir ni lui être trop inférieure ;

5° Le réservoir doit être à peu près plein avant que la lampe ne soit allumée ;

6° Les lampes qui ne sont pas munies d'éteignoirs doivent être éteintes de la façon suivante : on abaisse la mèche jusqu'à ce qu'une petite flamme vacillante reste dans le brûleur et on souffle fortement dans la cheminée en verre ;

7° Aucune lampe ne brûle bien si les orifices pour l'entrée de l'air en sont obstrués.

Dans les premiers appareils, la combustion était obtenue à l'extrémité d'une mèche fibreuse plongeant dans le réservoir à huile. On trouve encore aujourd'hui

1. Moniteur scientifique, Quesneville, 1886, p. 1369.

des lampes aussi rudimentaires dans quelques localités ; un certain nombre de forains ont, en particulier, conservé ce mode d'éclairage qui ne fournit qu'une flamme rouge fumeuse et vacillante. Dans de semblables appareils, la partie externe de la flamme subit la combustion, mais la partie interne qui est soustraite à l'influence de l'oxygène de l'air ne fait qu'éprouver une destruction pyrogénée plus ou moins intensive, d'où production de fumée et de charbon.

C'est à Argand qu'est due l'importante idée de faire agir l'air sur toutes les parties de la flamme de façon à brûler assez complètement les hydrocarbures pour supprimer à la fois toute fumée et toute odeur. Son brevet est ainsi conçu :

« Ma méthode pour produire de la lumière par les lampes ou autres appareils éclairants consiste à convertir entièrement en flamme et lumière toute matière inflammable et combustible qui sert ordinairement à produire de la lumière, et qui, n'étant pas comburée entièrement dans les lampes jusqu'ici employées, donne des fumées et de la suie. Cette conversion est effectuée, en premier lieu, en produisant un courant d'air qui passe à l'intérieur de la flamme ; en second lieu, en augmentant ce courant d'air et en en produisant un autre qui passe à la surface de la flamme, au moyen d'un tube, dôme, tuyau ou autre appareil qui entoure et enferme la flamme ou le réservoir ; en troisième lieu, en appliquant la même méthode aux lampes brûlant avec des mèches ordinaires. »

Dans les premières lampes à hydrocarbures volatils, le liquide puisé au réservoir de la lampe, par une mèche, était volatilisé à la partie supérieure de celle-ci, par l'application d'une source de chaleur étrangère. Les gaz ainsi produits étaient enflammés et la chaleur due à leur combustion était suffisante pour produire

constamment la gazéification de l'hydrocarbure appelé par l'action capillaire à la partie supérieure de la flamme. Un certain nombre de dispositions ont été fondées sur ce principe. La plus remarquable est due à Robert (fig. 54).

Dans sa lampe, la vapeur inflammable circule dans un espace annulaire DE, chauffé extérieurement par la flamme lumineuse elle-même qui se produit en F, orifices par lesquels s'échappent les hydrocarbures gazeux que l'on enflamme; B est la mèche qui permet la production des vapeurs inflammables. Celles-ci viennent remplir l'espace AH puis s'élèvent dans le tube C, redescendent en D puis en E, s'échappent en F où on les enflamme. Les espaces annulaires D et E forment isolements. Ils permettent de plus aux portions les plus lourdes de s'y condenser. Cet appareil fournit une flamme d'une immobilité presque absolue.



FIG. 54. —  
Lampe Robert.

La première lampe dans laquelle on ne cherchait plus à volatiliser les hydrocarbures est due à Ménage. Dans cet appareil, l'air ne vient alimenter la flamme qu'après avoir traversé une galerie en métal percée de petits trous. Cette galerie est placée au-dessous de la flamme qui chauffe ainsi l'air par sa chaleur rayonnante.

A l'intérieur du verre, se trouve un disque métallique surmontant très légèrement la flamme dont la température élevée amène le métal au rouge, ce qui facilite la combustion du carbone qui se trouve disséminé dans la flamme.

La combustion est très vive à l'extrémité de la flamme grâce à un étranglement que porte le verre et qui oblige l'air à affluer sur elle.

La lampe de Ménage avait été créée dans le but de

brûler les huiles de résine. Les Américains l'ayant appliquée au pétrole, on ne tarda pas à créer les lampes à mèches plates. Les becs plats que l'on est arrivé à livrer à très bas prix consistent en une gaine à section rectangulaire aplatie, destinée à recevoir la mèche et recouverte d'une capsule présentant à sa partie supérieure un orifice en forme d'amande par lequel passent la mèche et la flamme. Le prolongement inférieur de la capsule est cylindrique; il fait corps avec le reste de la lampe et forme une galerie destinée à supporter le verre. De plus, il intercepte toute communication entre la capsule et le récipient de la lampe.

Des orifices circulaires sont ménagés sur la partie cylindrique de façon à permettre à l'air de venir alimenter la combustion. On règle la hauteur de la mèche, et par conséquent celle de la flamme en agissant sur un bouton qui commande des molettes bien abritées de la chaleur.

Il résulte de cette disposition que la partie supérieure de la capsule métallique, et en particulier les bords de l'ouverture en forme d'amande, sont portés à une haute température par suite de l'échauffement continu que leur fait subir la proximité de la flamme. Cette chaleur agit sur la partie supérieure de la mèche et détermine la volatilisation d'une certaine quantité d'huile minérale, ce qui permet d'activer l'action capillaire de la mèche. Or, suivant que l'on élève ou que l'on abaisse la mèche, on détermine la combustion du liquide ou plus près ou plus loin de l'ouverture métallique qui, par suite, s'échauffe plus ou moins; comme résultat, la portion supérieure de la mèche se trouve portée à une température plus ou moins considérable et l'afflux du pétrole se trouve par ce fait accru ou diminué.

## Bec Hincks (Bec duplex)

En 1865, MM. Joseph Hincks et fils prirent un brevet pour la construction de lampes à double brûleur (*duplex burner*) connues sous le nom de *bec duplex*.

Ce brûleur se compose (figure 55) de deux mèches plates disposées dans deux rectangles métalliques placés parallèlement à une faible distance l'un de l'autre. Chaque mèche est entourée d'un cylindre de sûreté en toile métallique. L'afflux de l'air s'effectue par la partie conique qui est percée de trous. Les mèches sont commandées par deux boutons qui actionnent des molettes placées à l'intérieur. L'un d'eux est relié à une tige creuse, à l'intérieur de laquelle se trouve

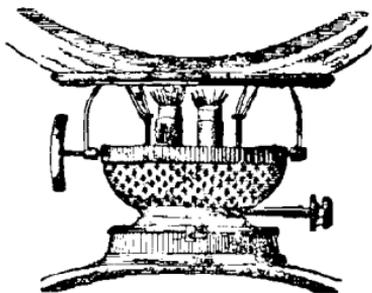


FIG. 55.— Lampe à double brûleur<sup>1</sup>.

la tige commandée par le second bouton et actionnant l'autre molette. Un levier, agissant sur les deux lames métalliques courbes que l'on voit à droite et à gauche de la figure, soulève le porte-verre et le verre ou abaisse le tout suivant que ces organes sont dans la position verticale comme le montre la figure ou suivant qu'ils sont abaissés dans la position horizontale. Ce dispositif permet d'allumer la lampe sans nécessiter l'enlèvement du verre. Ce verre a lui-même une forme spéciale destinée à agir convenablement sur l'alimentation d'air. Enfin, un levier, que la figure ne fait pas voir, commande une enveloppe métallique capable d'intercepter l'accès de l'air et par conséquent d'éteindre la flamme: c'est l'extincteur automatique.

1. Figure empruntée au livre de M. Deutsch, Le Pétrole.

## Lampe Mitrailleuse

Dans cette catégorie d'appareils rentre aussi une lampe fabriquée autrefois par la maison Girardin et depuis exploitée en Allemagne sous le nom de bec mitrailleuse. Ce bec se compose de 12 à 20 tubes disposés sur une circonférence. Dans chacun d'eux pénètre une mèche cylindrique et pleine ayant de 5 à 6 millimètres de diamètre, mais, en raison de la difficulté du réglage de toutes ces mèches, ce modèle a été abandonné.

## Lampes à mèches rondes

Les différents becs que nous venons d'examiner ne permettent l'accès de l'air qu'à la partie extérieure de la flamme, ce qui conduit à ne donner à celle-ci qu'une faible épaisseur afin d'éviter la distillation des hydrocarbures qui échappent à la combustion. C'est pour remédier à cet inconvénient qu'Argand a proposé l'emploi du bec à double courant d'air par l'emploi des mèches rondes.

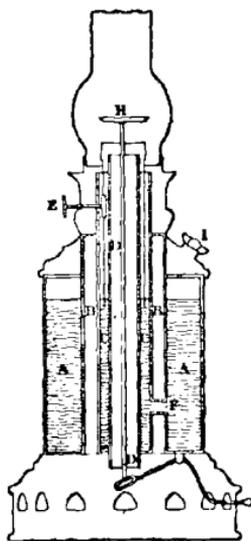


FIG. 56. —  
Lampe Marmet.

## Lampe Marmet

La lampe à double courant d'air de M. Marmet (fig. 56) se compose d'un réservoir à pétrole formé de 2 espaces annulaires A et C communiquant entre eux par leur partie inférieure et séparés par un espace vide B, dans lequel circule l'air destiné à l'alimentation de la flamme. L'espace D par lequel s'effectue le passage de l'air destiné à l'alimentation intérieure de la flamme a aussi une paroi commune

avec le réservoir C. Ce dispositif donne de la sécurité puisque, grâce à la double circulation d'air froid, le pétrole ne peut s'échauffer dans le réservoir d'alimentation.

La mèche plonge dans le récipient C; elle est maintenue par un anneau, mobile à l'aide d'une crémaillère qui se commande au moyen d'un bouton extérieur E de façon à permettre de la monter plus ou moins. Le disque métallique H a un diamètre un peu supérieur à celui de la mèche. Il est mobile verticalement de sorte qu'en manœuvrant le levier inférieur, on détermine sa descente sur la mèche et par conséquent l'extinction automatique de la lampe.

Une tubulure latérale I permet l'introduction du pétrole dans le réservoir.

#### Becs allemands

Les becs ronds à disque donnent une très belle lumière, mais on leur reproche l'aspect anormal que présente la flamme lorsque, la regardant de près, on aperçoit le disque métallique; de plus, le remplacement de la mèche ne peut y être aisément effectué. C'est pour parer à cet inconvénient que furent créés les becs allemands à mèches plates s'arrondissant à la partie supérieure du porte-mèche. On les surmonte d'un verre de forme spéciale à col rétréci dont le but est d'allonger la flamme.

#### Becs français

Dans le bec français, la mèche est cousue sur une longueur de 0<sup>m</sup>,03. Ce perfectionnement oblige la mèche à monter droit et fournit un éclairage maximum sans pointes fuligineuses, ce que l'on ne peut éviter lorsque l'on emploie les becs allemands. Comme le précédent, ce bec possède un double courant d'air.

Le courant extérieur afflue par des trous ménagés sur la galerie du porte-verre et circule entre le verre et le

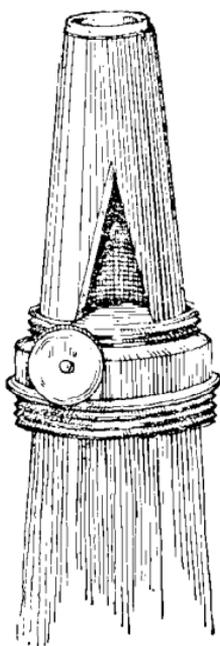


FIG. 57. — Bec français.

brûleur. Le courant d'air intérieur circule dans la partie creuse du brûleur, en pénétrant par un orifice triangulaire que fait voir la figure 57 ; il arrive par ce moyen à l'intérieur de la flamme.

Les exemples précédents donnent une idée des différents types de lampes à pétrole. Ceux-ci sont si nombreux qu'on doit renoncer à les décrire tous. Signalons seulement quelques dispositifs particuliers :

#### Lampe Peigniet-Changeur

Afin de maintenir toujours constant le niveau du liquide dans le réservoir à pétrole et d'éviter ainsi les variations de l'action capillaire, on emploie, dans la lampe Peigniet-Changeur, deux réservoirs communiquant entre eux par un tube étroit au sommet duquel se trouve un petit flotteur en liège. Le réservoir supérieur est le plus petit ; il sert à l'alimentation de la mèche, tandis que le réservoir inférieur contient la provision d'huile qui pénètre dans le récipient supérieur au fur et à mesure des besoins.

Lorsque le petit réservoir est rempli, un flotteur interrompt la communication, mais dès que le niveau de l'huile diminue, l'orifice du tube se trouve dégagé et le pétrole, envoyé par une petite pompe, vient remplir le réservoir supérieur. La pompe est actionnée par un ressort que l'on monte au moyen d'une clé extérieure.

Pour augmenter l'action de la mèche, on a muni

l'appareil d'un garde-mèche formé d'un tissu épais et lâche, attaché au-dessous du brûleur. Ce garde-mèche reste en contact avec la mèche et trempe dans l'huile. Le dispositif de cette lampe diminue les chances d'explosion en raison de la distance qu'il y a entre le brûleur et le réservoir principal.

Dans la lampe Sépulchre (fig. 58), on a disposé, entre le brûleur et le réservoir à huile, une chambre M dans laquelle viennent se condenser les vapeurs de pétrole qui ont pu se former par suite de l'échauffement du récipient sous l'influence de la chaleur rayonnante du brûleur. Ces vapeurs se dégagent régulièrement dans l'atmosphère par l'axe du bouton creux qui commande la mèche. L'air passe à l'intérieur de la flamme par la base A de la lampe et la mèche est contenue dans un espace annulaire formé par le conduit d'air — qui traverse le réservoir — et un autre tube attaché au *collet* du brûleur. L'air extérieur est admis en B; D est un diffuseur dont le rôle consiste à répartir le courant d'air intérieur dans les diverses parties de la flamme dont il provoque l'épanouissement.

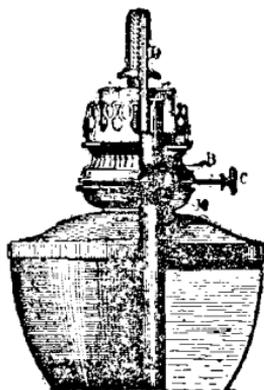


FIG. 58.— Lampe Sépulchre.

#### Lampe dite l'Éclatante

Tout récemment, on a proposé d'employer le pétrole lampant (0,800) pour l'éclairage de vastes espaces tels que : ateliers, usines, magasins, etc., et l'on a vu paraître une lampe dénommée « l'éclatante » (fig. 59) dans laquelle le pétrole est préalablement amené à l'état gazeux, avant de subir la combustion. Il en résulte que

cette lampe brûle sans mèche, en fournissant un excellent éclairage. Sa forme extérieure est semblable à celle du bec récupérateur à gaz de Wenham. On voit, à la partie supérieure, le réservoir à pétrole qui communique avec un filtre placé à gauche de la figure, lequel est en relation avec un serpentín flexible qui aboutit

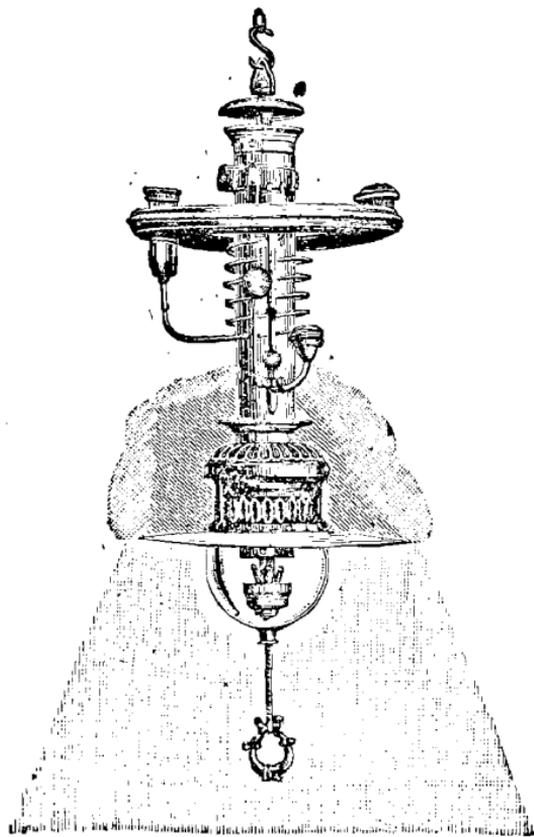


Fig. 59. — Lampe l'Éclatante.

à un chariot terminé à sa partie supérieure par une petite boîte en cuivre, qu'une vis à crémaillère permet d'élever ou d'abaisser à volonté. Dans cette dernière position, la différence de niveau existant entre le réservoir à pétrole et la boîte en cuivre, permet au pétrole de traverser le filtre et de s'écouler à raison de 90 gouttes par minute.

Il passe par un tube vertical coudé et tombe dans une chambre (placée à l'intérieur du globe de verre sphérique) préalablement chauffée comme nous le dirons plus loin. Là, il est volatilisé et le gaz produit

s'échappe par une série de tubes en T, disposés en couronne, où il s'enflamme. La chaleur développée par la combustion du pétrole est suffisante pour assurer d'une façon constante la gazéification du pétrole qui afflue dans la chambre. Un système d'enveloppes est disposé de façon à produire une combustion complète et les produits qui en résultent s'échappent par la cheminée centrale.

Pour chauffer la chambre de combustion au moment de l'allumage, on introduit par un entonnoir placé sur le côté une petite quantité d'alcool qui vient tomber dans une coupelle garnie d'amiante. En enflammant cet alcool, on atteint le but désiré. Suivant l'inventeur, pour obtenir une intensité lumineuse de 140 bougies heures, on ne consommerait que 166 centimètres cubes de pétrole, ce qui fournirait par conséquent un éclairage brillant et économique.

### C. — LAMPES A HUILES LOURDES

La combustion des huiles lourdes est susceptible de fournir une excellente lumière particulièrement applicable pour l'éclairage des chantiers, cours d'usines, etc., mais, comme les huiles lourdes sont infiniment moins combustibles que le pétrole lampant, il faut employer des dispositifs spéciaux.

La lampe de Donny, créée en 1858, était fondée sur l'emploi de l'air comprimé. Perfectionnée depuis, elle a été le point de départ de nombreux appareils dont quelques-uns présentent des qualités particulières.

#### Lampe Doty

Parmi les plus récentes, la lampe de Doty (fig. 60) se recommande par sa simplicité.

Elle est formée d'un réservoir cylindrique en tôle galvanisée, ayant environ 0<sup>m</sup>,55 de haut sur 0<sup>m</sup>,45 de

diamètre, dont la partie supérieure porte : 1° un manomètre ; 2° une bonde qui permet l'introduction du pétrole ; 3° une pompe pour le comprimer ; 4° le brûleur proprement dit.

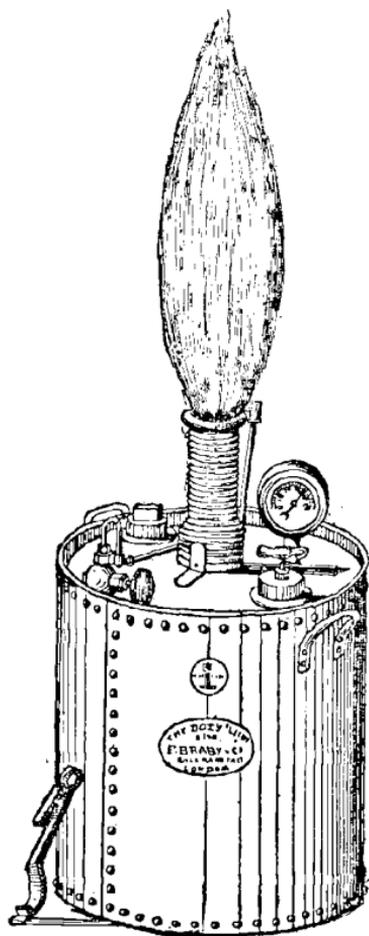


FIG. 60. — Lampe Doty.

Celui-ci est alimenté par un tube métallique qui plonge au fond du réservoir puis s'élève verticalement jusqu'à ce qu'il émerge du cylindre. Là, il porte un robinet puis, continuant à s'élever, il se contourne en serpentín dont l'extrémité retourne verticalement à l'intérieur de la spirale.

Au-dessous de ce serpentín se trouve un godet rempli d'amiante. Pour faire fonctionner l'appareil, on commence à établir, au moyen de la pompe à main, une pression d'environ une atmosphère que l'on contrôle par le manomètre, puis, en ouvrant un robinet, on laisse couler sur l'amiante contenue dans le godet une petite quantité d'huile que l'on enflamme après avoir fermé le robinet. Sous l'influence de la chaleur dégagée,

le serpentín s'échauffe, de sorte qu'il devient apte à volatiliser le pétrole. Si, à ce moment, on ouvre le robinet d'alimentation, le pétrole, refoulé dans le serpentín par la pression de l'air du réservoir, brûle avec

une flamme de 90 centimètres de longueur. La mise en marche ne demande que 5 minutes, et, pour fonctionner régulièrement, la lampe n'exige plus que quelques coups de pompe toutes les 2 heures afin de maintenir constante la pression qui règne à l'intérieur du réservoir.

#### Lampe Rouart

Le *Lucigène* de MM. Rouart frères est basé sur la pulvérisation des huiles lourdes par l'air comprimé. Le brûleur porte 2 tuyaux munis de robinets de réglage : l'un d'eux sert à amener l'huile puisée dans un réservoir spécial, l'autre reçoit de l'air comprimé par un moteur dont le fonctionnement doit être assuré pendant toute la durée de la période d'allumage de la lampe.

Un pulvérisateur vertical lance dans un cône renversé un puissant jet d'huile intimement mélangé d'air que l'on peut aisément enflammer. L'air est échauffé avant d'entrer dans le pulvérisateur grâce à la précaution que l'on prend de l'obliger à circuler à travers un serpentin en fer logé dans un espace annulaire ménagé autour du cône. Sur le côté se trouve un petit robinet qui permet de mettre l'appareil en veilleuse. Cette lampe peut être mise à une hauteur quelconque ; ni le vent ni la pluie ne nuisent à son fonctionnement.

#### Lampe Wells

Signalons encore la lumière Wells connue aussi sous le nom de lumière Roffo. L'appareil qui sert à la produire consiste en un récipient à pétrole en tôle rivée portant à sa partie supérieure une petite pompe, destinée à comprimer de l'air dans le réservoir, et un tube d'une hauteur variable qui porte à son extrémité le brûleur uniquement formé de fer et d'acier. Ce brûleur comprend une tuyère munie d'un très petit orifice par

lequel s'échappe l'huile projetée par la pression qui règne dans le réservoir. Comme cette huile a été préalablement vaporisée au contact des parois chaudes du brûleur, elle s'enflamme à la sortie de la tuyère et forme une longue flamme qui s'étend dans l'axe d'une partie conique, en fer, percée de trous. Là, elle entraîne une quantité d'air suffisante pour porter au rouge blanc les particules de charbon qu'elle tient en suspension, en produisant une flamme extrêmement lumineuse.

Pour l'allumage, on commence à chauffer le brûleur par la combustion d'une petite quantité d'huile ou d'essence que l'on brûle, au moyen d'une corde d'amiante, dans une petite coupe placée au-dessous de la tuyère. Au bout de 7 à 8 minutes, l'échauffement est suffisant pour permettre d'ouvrir le robinet placé au bas du tube vertical; l'huile pressée par l'air se répand dans le brûleur où elle se vaporise et s'enflamme.

La grande chaleur que fournit la flamme assure au brûleur une température suffisante pour permettre la volatilisation immédiate et continue de l'huile, de sorte que la lampe marche automatiquement tant qu'il reste de l'huile dans le réservoir.

Dans ces appareils à huiles lourdes, la surface de la flamme produite joue un rôle important parce que, plus elle est grande, plus on évite les ombres crues que l'on obtient toujours avec la lumière électrique.

#### Comparaison des huiles Américaines et Russes au point de vue de l'éclairage

##### Constantes capillaires

Si l'on fait momentanément abstraction de la qualité de la mèche, on peut dire que l'ascension de l'huile dans la mèche dépend de la capillarité et de la viscosité de l'huile. Plus la capillarité de l'huile est consi-

dérable, plus grande est la hauteur de son ascension dans la mèche. Cette ascension est d'ailleurs influencée par la rapidité de la combustion de l'huile<sup>1</sup>.

On doit à MM. Engler et Levin d'intéressantes études sur cet important sujet.

La hauteur de l'ascension a été déterminée en plongeant des tubes de verre capillaires, gradués en millimètres, dans l'huile à essayer de façon que le niveau de l'huile coïncidât avec celui du zéro. La hauteur de l'ascension était ensuite mesurée directement sur l'échelle. Les résultats ci-dessous représentent la moyenne de 3 essais; ils ont été calculés au moyen de la formule  $hr = \frac{2\alpha}{d}$  dans laquelle  $h$  est la hauteur d'ascension,  $d$  la densité de l'huile,  $r$  le rayon du tube capillaire et  $\alpha$  la constante capillaire dont la valeur est évidemment

$$\alpha = \frac{hrd}{2}$$

## HUILES A BRULER CAUCASIENNES.

| NUMÉROS    | HUILE<br>entière | HUILE<br>privée de la<br>fraction<br>au-dessous<br>de 150 | FRACTION<br>de<br>150 à 300 | FRACTION<br>au-dessous<br>de 300 | MÊME<br>FRACTION<br>+ 30 0/0<br>de résidus |
|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. . . . . | $\alpha = 2.69$  | 2.60                                                      | 2.68                        | 2.65                             | 2.60                                       |
| 2. . . . . | $\alpha = 2.63$  | 2.64                                                      | 2.62                        | 2.69                             | 2.58                                       |
| Moyenne..  | $\alpha = 2.66$  | 2.62                                                      | 2.65                        | 2.67                             | 2.59                                       |

## HUILES A BRULER AMÉRICAINES.

| NUMÉROS    | HUILE<br>entière | HUILE<br>privée de la<br>fraction<br>au-dessous<br>de 150 | FRACTION<br>de<br>150 à 300 | FRACTION<br>au-dessous<br>de 300 | MÊME<br>FRACTION<br>+ 30 0/0<br>de résidus |
|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. . . . . | $\alpha = 2.56$  | 2.52                                                      | 2.58                        | 2.61                             | 2.50                                       |
| 2. . . . . | $\alpha = 2.64$  | 2.60                                                      | 2.60                        | 2.65                             | 2.48                                       |
| Moyenne..  | $\alpha = 2.60$  | 2.56                                                      | 2.59                        | 2.63                             | 2.49                                       |

1. Zaloziechi. Dingler's Polytechnisches Journal. Stuttgart, 1886, p. 260. 127.

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas grande différence dans la capillarité de ces 2 sortes d'huiles; l'addition de résidus la diminue.

Par contre, la rapidité de l'ascension de l'huile dans les mèches joue un rôle important dans l'usage des lampes. On doit aux mêmes auteurs un certain nombre de déterminations faites sur les différentes sortes de pétroles.

Pour l'essai, ils ont eu toujours recours à la même sorte de mèches; celles-ci avaient été préalablement desséchées et elles étaient divisées en espaces de 5 centimètres. On les plongeait dans l'huile à essayer de façon à faire coïncider le niveau de l'huile avec le 0 et on notait le temps nécessaire pour obtenir une ascension à une hauteur déterminée. Les résultats furent les suivants :

|                                | DENSITÉ | VISCOSITÉ | DURÉE<br>DE L'ASCENSION<br>en minutes, jusqu'à |          |
|--------------------------------|---------|-----------|------------------------------------------------|----------|
|                                |         |           | 10 c. m.                                       | 15 c. m. |
| Huile à brûler du Caucase. . . | 0.8205  | 1.04      | 3.5                                            | 8.5      |
| — américaine. . .              | 0.800   | 1.08      | 4.0                                            | 11.0     |
| — de Saxe. . .                 | 0.830   | 1.09      | 3.5                                            | 8.5      |
| — d'Oelheim. . .               | 0.819   | 1.13      | 3.75                                           | 9.5      |
| — de Pechelbronn. . .          | 0.809   | 1.17      | 4.00                                           | 11.5     |

Les mêmes expériences répétées sur différentes fractions ont conduit à des résultats analogues. On peut conclure de leur travail :

1° Que la présence d'hydrocarbures bouillant au-dessus de 300° diminue la rapidité de l'ascension ;

2° Que la rapidité de l'ascension est plus grande avec les huiles du Caucase qu'avec les huiles américaines ;

3° Que l'huile monte d'autant plus vite qu'elle est moins visqueuse ;

4° Que la rapidité d'ascension n'est en aucune façon liée au poids spécifique.

Les mêmes auteurs ont examiné les huiles américaines et russes dans le but d'établir les avantages que les unes pouvaient présenter sur les autres au point de vue de l'éclairage.

A cet effet, chacune des huiles en expérience a été brûlée dans une lampe spéciale d'un type approprié à la nature de l'huile à essayer et ils ont eu recours au photomètre de Bunsen pour évaluer les intensités lumineuses. Pour les huiles caucasiennes, ils ont adopté l'emploi d'un brûleur du type « cosmos perfectionné » de Schuster et Baer, tandis que pour les huiles américaines ils ont eu recours au brûleur « Cosmos rond » de Wild et Wessel.

Voici les résultats acquis par ces expérimentateurs<sup>1</sup>.

1° Les huiles russes et américaines fournissent sensiblement la même quantité de lumière lorsqu'on les brûle dans des lampes appropriées, les huiles russes en donnant peut-être un peu plus ;

2° Le pouvoir éclairant initial de l'huile américaine est plus considérable que celui de l'huile russe, mais la décroissance du pouvoir éclairant de la première est plus rapide que la décroissance du pouvoir éclairant de la seconde, de sorte qu'à la fin de l'expérience l'huile caucasienne donne une flamme plus lumineuse que l'huile américaine ;

3° La consommation d'huile est à peu près la même dans les deux cas, toutes choses égales d'ailleurs ;

4° Le pouvoir éclairant de l'huile américaine est

1. Moniteur scientifique, Quesneville, 1886, p. 4374.

diminué quand elle est employée dans une lampe appropriée à l'huile caucasienne et celle-ci donne moins de lumière quand on la brûle dans une lampe appropriée à l'huile américaine.

Dans le but d'examiner quelles sont les fractions de l'huile à brûler qui donnent la plus grande intensité lumineuse, MM. Engler et Levin ont soumis à des essais photométriques les flammes produites par la combustion, dans des lampes appropriées, des différentes fractions des pétroles américains et russes.

Les tableaux suivants expriment les résultats obtenus:

Le 1<sup>er</sup> avec un brûleur Wild et Wessel (10 lignes), le second avec un brûleur cosmos perfectionné:

#### HUILES AMÉRICAINES.

| FRACTIONS 1                                      | DENSITÉ | Point d'éclair | Pouvoir éclairant pendant la 1 <sup>re</sup> heure | Pouvoir éclairant à la fin de l'expérience | Pouvoir éclairant moyen (10 essais) | Durée de l'expérience | Consommation d'huile par heure |
|--------------------------------------------------|---------|----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                                  |         |                |                                                    |                                            |                                     | heures                | gram.                          |
| 150 à 200. . .                                   | 0.795   | 27°            | 9.35                                               | 8.6                                        | 8.8                                 | 6                     | 3.9                            |
|                                                  | 0.7905  | 26° 5          | 9.4                                                | 8.4                                        | 8.7                                 | 6 1/3                 | 3.8                            |
| 200 à 250. . .                                   | 0.815   | 41° 5          | 8.4                                                | 6.9                                        | 8.0                                 | 7 1/4                 | 3.7                            |
|                                                  | 0.810   | 39° 0          | 8.5                                                | 7.0                                        | 8 0                                 | 5                     | 3.85                           |
| 250 à 300. . .                                   | 0.825   | »              | 7.5                                                | 6.3                                        | 7.1                                 | 6                     | 3.7                            |
|                                                  | 0.825   | »              | 7.6                                                | 6.0                                        | 6.9                                 | 6                     | 3.7                            |
| 150 à 300. . .                                   | 0.805   | 29°            | 9.3                                                | 7.7                                        | 8.2                                 | 6 1/2                 | 3.8                            |
|                                                  | 0.800   | 28°            | 9.2                                                | 7.9                                        | 8.3                                 | 6                     | 3.9                            |
| Tout ce qui passe à partir de 150°               | 0.810   | 32°            | 8.1                                                | 5.0                                        | 6.5                                 | 6 1/2                 | 4.0                            |
|                                                  | 0.805   | 31°            | 7.8                                                | 5.4                                        | 6.7                                 | 6                     | 4.1                            |
| Toutel'huile,sauf ce qui passe au-dessus de 300. | 0.800   | 19° 5          | 8.7                                                | 7.8                                        | 8.4                                 | 6 1/2                 | 4.03                           |
|                                                  | 0.800   | 18° 5          | 9.05                                               | 8.0                                        | 8.4                                 | 6 1/3                 | 4.2                            |

1. Pour chaque écart de température, il est donné 2 fractionnements provenant d'huiles différentes, ayant par conséquent des densités différentes qu'accuse la colonne réservée à cet effet.

## HUILES CAUCASIENNES.

| FRACTIONS                                                                | DENSITÉ | Point d'éclair | Pouvoir éclairant pendant la 1 <sup>re</sup> heure | Pouvoir éclairant à la fin de l'expérience | Pouvoir éclairant moyen (10 essais) | Durée de l'expérience | Consommation d'huile par heure |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                                                          |         |                |                                                    |                                            |                                     | heures                | gram.                          |
| 150 à 200. . .                                                           | 0.805   | 31°            | 10.85                                              | 10.45                                      | 10.6                                | 9 1/2                 | 3.9                            |
| 200 à 150. . .                                                           | 0.835   | 63°            | 9.95                                               | 9.25                                       | 9.5                                 | 6 1/2                 | 3.0                            |
| 250 à 300. . .                                                           | 0.850   | »              | 9.4                                                | 6.8                                        | 7.56                                | 9 1/2                 | 3.0                            |
| 150 à 300. . .                                                           | »       | 45°            | 10.3                                               | 9.7                                        | 9.9                                 | 6                     | 3.7                            |
| Toute la quantité d'huile, sauf la fraction bouillant au-dessous de 150. | 0.830   | 46°            | 10.1                                               | 9.3                                        | 9.7                                 | 5                     | 3.8                            |
| Toute la quantité d'huile, sauf la fraction bouillant au-dessus de 300.  | 0.820   | 26°            | 10.85                                              | 10.55                                      | 10.57                               | 6 1/2                 | 3.9                            |

Des essais précédents, MM. Engler et Levin tirent les importantes conclusions suivantes :

1° Les fractions à point d'ébullition bas possèdent un plus grand pouvoir éclairant que les fractions à point d'ébullition élevé ;

2° Le pouvoir éclairant moyen des fractions séparées des huiles caucasiennes est un peu plus grand que celui des huiles américaines ;

3° La fraction des huiles caucasiennes à point d'ébullition au-dessus de 150° contribue moins à leur pouvoir éclairant que la fraction correspondante des huiles américaines ;

4° La fraction à point d'ébullition au-dessus de 300° est moins préjudiciable au pouvoir éclairant des huiles russes qu'à celui des huiles américaines.

*Emploi des hydrocarbures solides***Bougies de paraffine**

On a proposé aussi, pour l'éclairage, les bougies de paraffine ; on leur reproche généralement d'avoir une tendance à couler, et de se courber aisément à la température ordinaire des appartements. Celles qui sont faites avec de la paraffine d'ozokérite ont un point de fusion plus élevé que les autres, aussi peut-on les brûler complètement avant qu'elles n'aient commencé à se déformer.

Cette différence de propriétés semble résulter de ce fait que la paraffine d'ozokérite est un produit homogène, ne renfermant pas, comme les autres sortes, des mélanges d'hydrocarbures supérieurs et inférieurs.

L'éclairage à la paraffine produit manifestement une flamme très brillante, mais on ne peut éviter qu'elle soit légèrement fuligineuse, de plus, au moment de l'extinction, ces bougies répandent dans les appartements une odeur désagréable. Ces défauts ont nui considérablement au développement de cette industrie en France.

En Angleterre, au contraire, la bougie de paraffine est assez goûtée, aussi a-t-on cherché divers moyens de remédier aux défauts que nous venons de signaler. L'addition d'acides stéarique et palmitique fournit des bougies moins fusibles et moins fuligineuses.

La *Price's Patent Candle Company* fabrique d'énormes quantités de bougies de paraffine pures et mixtes ; une partie de ses produits est destinée à l'exportation.

Les bougies de naphte, essayées pour l'éclairage de Saint-Petersbourg, consistaient en un mélange de savon ammoniacal, d'acide stéarique et de pétrole que l'on produisait de deux façons différentes :

a) en agitant constamment un mélange bouillant de pétrole, d'acide gras, d'ammoniaque aqueuse et de sels ammoniacaux.

b) en dirigeant un courant de gaz ammoniac dans une dissolution des acides gras dans le pétrole, ajoutant ensuite de l'eau et agitant comme dans le cas précédent.

Les bougies ainsi produites ont une teinte superficielle jaunâtre tachetée de blanc sombre ; pendant leur combustion, le pétrole se volatilise peu à peu en développant une odeur désagréable qu'on ne peut éviter par l'emploi d'hydrocarbures purifiés aux hypochlorites et à l'air chaud.

Sous l'influence du temps elles se décomposent. Des produits qui, à l'origine renfermaient :

Acide stéarique, 65 ; Pétrole, 30 ; Eau, 5 ; Ammoniaque, 0,7

présentaient, après un mois d'étallage, la composition suivante :

Acide stéarique, 82 à 85 ; Pétrole, 10 à 12 ; Eau, 4,5 à 5 ; Ammoniaque, 0,7

Elles brûlent avec une flamme fuligineuse vacillante en même temps qu'il y a séparation de charbon provenant de la mèche et production d'oxyde de carbone qui, en se combinant à l'ammoniaque, fournit du cyanure d'ammonium.

L'intensité lumineuse d'une de ces bougies qui pesait 125 grammes fut trouvée égale à 1,05 bougie normale pour une consommation de 10<sup>gr</sup>,5 à l'heure.

Les inconvénients que nous venons de signaler ont fait renoncer à son emploi.

Enfin, la *Young's Paraffin Mineral Oil Company* a employé la paraffine molle dans une petite lampe de mineur ingénieusement construite.

PRIX DE REVIENT DES DIFFÉRENTES SOURCES DE LUMIÈRE  
D'APRÈS MM. BAILLE ET FERY<sup>1</sup>.

| DÉSIGNATION                              | INTENSITÉ<br>EN<br>CARCELS | RÉGIME         | PRIX<br>DU CARCEL-<br>HEURS<br>AU DÉTAIL | OBSERVATIONS                                            |
|------------------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Bougie</b>                            |                            |                |                                          |                                                         |
|                                          |                            | gr. par heure  | centimes                                 |                                                         |
| 1. Bougie de paraffine. . .              | 0.14                       | 8              | 18.5                                     | Flamme jaunâtre.                                        |
| 2. Bougie à trous. . . . .               | 0.14                       | 10             | 17.4                                     |                                                         |
| 3. Bougie de l'Étoile. . . .             | 0.14                       | 9              | 12.0                                     |                                                         |
| 4. Bougie pleine ordinaire.              | 0.15                       | 9              | 12.0                                     |                                                         |
| <b>HUILE</b>                             |                            |                |                                          |                                                         |
| 5. Lampe modérateur. . . .               | 1.04                       | 36             | 5.6                                      | Courant d'air double, huile de colza épurée et filtrée. |
| 6. Lampe modérateur ordinaire. . . . .   | 1.06                       | 42             | 6.5                                      | Huile de colza épurée et filtrée.                       |
| 7. Lampe modérateur ordinaire. . . . .   | 0.94                       | 46             | 6.8                                      | Huile ordinaire.                                        |
| 8. Lampe Carcel étalon. . .              | 1.00                       | 42             | 9.6                                      |                                                         |
| <b>PÉTROLE</b>                           |                            |                |                                          |                                                         |
| 9. Lampe à mèche plate. . .              | 0.81                       | 20             | 2.2                                      | Mèche de 13 mm.                                         |
| 10. Lampe à mèche plate. . .             | 2.13                       | 62             | 2.6                                      | — 50 mm.                                                |
| 11. Lampe à 2 mèches plates.             | 2.07                       | 63             | 2.7                                      | — 25 mm.                                                |
| 12. Lampe américaine sans verre. . . . . | 1.82                       | 52             | 2.5                                      |                                                         |
| 13. Lampe à bec rond. . . . .            | 1.06                       | 28             | 2.4                                      | Diam. du bec 24 mm, bec ordinaire, verre étranglé.      |
| 14. Lampe à bec rond. . . . .            | 1.49                       | 31             | 3.0                                      | Diam. du bec 25 mm, bec à champignon, verre étranglé.   |
| 15. Lampe à bec rond. . . . .            | 0.94                       | 30             | 2.9                                      | Diam. du bec 19 mm, bec à calotte, verre conde.         |
| <b>GAZ</b>                               |                            |                |                                          |                                                         |
|                                          |                            | lit. par heure |                                          |                                                         |
| 16. Bec papillon ordinaire.              | 0.64                       | 132            | 6.1                                      |                                                         |
| 17. Bec Bengel. . . . .                  | 1.10                       | 134            | 3.6                                      | Hauteur de la flamme 6.5 cm.                            |
| 18. Bec à toile de zircone. .            | 1.39                       | 62             | 1.3                                      | Beaucoup de radiations vertes.                          |
| 19. Bec à toile de magnésie.             | 1.61                       | 191            | 3.5                                      | Beaucoup de radiations bleues.                          |
| 20. Bec à l'albo carbon. . . .           | 3.35                       | 135            | ?                                        |                                                         |
| <b>LAMPES A INCANDESCENCE</b>            |                            |                |                                          |                                                         |
|                                          |                            | watts          |                                          |                                                         |
| 21. Lampe Edison. . . . .                | 0.65                       | 29.44          | 6.8                                      | Au-dessous du régime dit normal.                        |
| 22. Lampe Gérard. . . . .                | 0.72                       | 36.74          | 7.5                                      | Au-dessous du régime dit normal.                        |

1. L'Électricien, 3 août 1889.

## VIII

**Analyse des huiles minérales lampantes**

Les qualités qu'on est en droit d'exiger des huiles minérales du commerce sont les suivantes :

1° On doit pouvoir les manipuler sans danger d'incendie à la température ordinaire; elles doivent par conséquent être privées de produits légers, volatils, dont les vapeurs sont facilement inflammables ;

2° Leur ascension dans une mèche doit se faire assez rapidement pour que l'alimentation de celle-ci soit assurée car, si cette condition n'est pas remplie, la mèche charbonne et la lampe fume ;

3° Elles ne doivent renfermer que de minimes quantités de composés sulfurés ou de sel de soude, provenant d'un raffinage défectueux; la présence de composés sulfonés a pour effet de carboniser la mèche et de répandre dans l'atmosphère des vapeurs nuisibles d'acide sulfureux. La présence des sels de soude produit, au fur et à mesure de la combustion de l'huile, un dépôt minéral qui recouvre la partie supérieure de la mèche, contrarie l'alimentation et diminue dans de larges proportions le pouvoir éclairant.

Si les deux dernières qualités que nous venons d'examiner sont exigées seulement par le consommateur intelligent, la première par contre a fait l'objet de prescriptions spéciales émanant du comité consultatif des arts et manufactures, et la vente des huiles minérales d'éclairage ne peut être effectuée qu'autant que ces produits présentent, au point de vue des dangers d'incendie, des garanties suffisantes.

Leur trafic est régi par les dispositions de la loi du 19 mai 1873 qui divise les huiles minérales en deux

catégories, suivant qu'elles émettent ou non des vapeurs inflammables à la température de 35°. La détermination de la température à laquelle une huile commence à émettre des vapeurs inflammables constitue la détermination de son point d'inflammabilité ou point d'éclair. Cette température n'indique pas toujours qu'à ce moment l'huile soumise à l'essai est susceptible de brûler en vase ouvert, car l'échantillon examiné peut résulter du mélange de carbures inégalement volatils ; il peut renfermer, par exemple, à côté d'huile lampante proprement dite, des essences plus ou moins lourdes et des huiles lourdes. Lorsque l'on chauffe un tel mélange, les essences lourdes sont les premières à émettre des vapeurs inflammables, mais il peut parfaitement arriver que la température à laquelle se produit l'inflammation de ces vapeurs soit trop basse pour que le mélange de parties moyennes et lourdes puisse subir la combustion.

La température d'émission des vapeurs inflammables est sujette à des variations en relation avec la nature et la proportion des hydrocarbures qui entrent dans la composition de l'huile essayée. Ces phénomènes sont du même ordre que ceux qui concernent les variations des points d'ébullition dans des mélanges inégalement volatils, aussi le degré d'inflammabilité est-il une double fonction des proportions des constituants et de la nature de l'ensemble de l'huile. Tous les raffineurs savent, par exemple, qu'il est possible de remonter le point d'éclair d'une huile lampante en l'additionnant d'une suffisante quantité d'huile lourde de graissage. Il est vrai qu'en exagérant cette addition on produit des huiles hétérogènes de qualité médiocre, dont une partie peut refuser de monter dans la lampe.

En général, on exige qu'une huile lampante présente une densité d'environ 0,800 pour les pétroles de Pensylvanie et de 0,820 pour les pétroles russes.

Lorsque, pour les pétroles américains, par exemple, un tel produit est uniquement formé par le mélange d'hydrocarbures dont la densité est comprise entre 0,715 et 0,810, son degré de capillarité convient parfaitement pour l'usage qu'on en veut faire dans les lampes.

L'indication de la densité ne suffit pas à faire connaître la qualité d'une huile lampante; celle-ci pourra en effet être non seulement de qualité inférieure, mais aussi dangereuse si, malgré sa densité de 0,800, elle est uniquement formée d'essences légères et d'huiles lourdes, tandis qu'elle pourra être de qualité supérieure si, formée seulement par les hydrocarbures de cœur, sa densité reste néanmoins inférieure à 0,800 pour osciller entre 0,780 et 0,795. Tel est en particulier le cas des pétroles de luxe dont le point d'inflammabilité est élevé et dépasse par exemple 50° dans la marque Stella.

L'essai du point d'inflammabilité peut s'exécuter de deux façons différentes suivant qu'on se propose de déterminer le degré de chaleur nécessaire pour que l'huile chauffée en présence de l'air donne lieu à une explosion accompagnée d'une flamme qui s'éteint aussitôt : c'est le *point d'inflammabilité* ou *point d'éclair* ou *flashing point*.

Ou bien on détermine le degré de chaleur nécessaire pour que l'huile, ayant pris feu à l'air, continue à brûler. C'est le point de combustion ou *burning point*.

La première de ces déterminations se fait, suivant les pays, dans des appareils différents que l'on peut diviser en deux classes : appareils à vase ouvert et appareils à vase clos.

Dans les premiers de ces appareils, le pétrole contenu dans un vase complètement ouvert à sa partie supérieure émet des vapeurs à l'air libre, tandis que dans les seconds l'huile est contenue et chauffée en vase clos que l'on met de temps à autre en communi-

cation avec une source de chaleur pour essayer si les vapeurs produites sont susceptibles de s'enflammer.

Tandis que les appareils à vase ouvert manquent en général de précision, les appareils à vase clos sont au contraire susceptibles de donner des résultats très satisfaisants. Les nombres fournis par ces deux classes d'appareils ne sont pas concordants, les appareils à vase ouvert fournissant un point d'éclair toujours plus élevé que les appareils à vase clos. Les différences observées varient généralement de 1 à 5°, comme le montre le tableau suivant où l'on a comparé les résultats fournis par l'appareil à vase ouvert de M. Granier et ceux obtenus avec l'appareil à vase clos de M. Abel<sup>1</sup>.

DÉTERMINATION DU POINT D'ÉCLAIR DES HUILES RAFFINÉES  
(*Flashing point*).

I. — *Pétroles des États-Unis.*

|                                         |   |                         |       |
|-----------------------------------------|---|-------------------------|-------|
| Pratt's Astral Oil (New-York). . . . .  | } | Densité. . . . .        | 0,776 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 38° 9 |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 42    |
| Brillant Safety Oil (Chicago). . . . .  | } | Densité. . . . .        | 0,785 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 41° 5 |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 42    |
| Devoe brillant Oil (New-York). . . . .  | } | Densité. . . . .        | 0,785 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 25°   |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 29    |
| Devoe Monfaisel Oil (New-York). . . . . | } | Densité. . . . .        | 0,780 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 41° 3 |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 44    |
| Standard White (Chicago). . . . .       | } | Densité. . . . .        | 0,798 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 29°   |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 33    |
| Water White (Chicago). . . . .          | } | Densité. . . . .        | 0,789 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 45°   |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 47    |
| Water White (Philadelphie). . . . .     | } | Densité. . . . .        | 0,775 |
|                                         |   | Éclair Abel. . . . .    | 28°   |
|                                         |   | Éclair Granier. . . . . | 31    |

1. Rapport de MM. Riche et Roume, loc. cit.

|                                                                                                                                  |   |                         |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|-------|
| Water White (Bayonne). . . . .                                                                                                   | } | Densité. . . . .        | 0.777 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 43°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 45 5  |
| Headlight (Chicago). . . . .                                                                                                     | } | Densité. . . . .        | 0.800 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 56°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 61    |
| Water White (Chicago). , . . . . ,                                                                                               | } | Densité. . . . .        | 0.776 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 27°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 31    |
| Devoe imperial brillant Oil. . . . .                                                                                             | } | Densité. . . . .        | 0.783 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 26°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 30    |
| Eclipse Oil. . . . .                                                                                                             | } | Densité. . . . .        | 0.778 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 43°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 47    |
| Celsius distillate (Bayonne). . . . .                                                                                            | } | Densité. . . . .        | 0.788 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 21°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 25    |
| Water White acheté à Barrington (Illinois).<br>Scott, épicier, Compagnie l'Eureka. Prix :<br>10 cents le gallon. . . . .         | } | Densité. . . . .        | 0.782 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 42°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 43    |
| Huile achetée à Lombard (Illinois). Smith,<br>épicier. Zône Oil de la Crouch Company. Prix :<br>12 cents le gallon. . . . .      | } | Densité. . . . .        | 0.795 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 43°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 45    |
| Huile achetée à Kensington (Illinois). Sainclair,<br>épicier. White Oil de la Standard C°. Prix :<br>10 cents le gallon. . . . . | } | Densité. . . . .        | 0.792 |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Abel. . . . .    | 44°   |
|                                                                                                                                  |   | Éclair Granier. . . . . | 45    |

En France, on a adopté l'usage d'un appareil à vase ouvert dû à M. Granier. Il est susceptible de fournir des indications utiles et il possède le précieux avantage d'être très portatif et très simple, ce qui permet à un inspecteur d'effectuer des essais dans un établissement de vente, par exemple, au lieu de l'obliger à prélever du liquide et à l'essayer dans son laboratoire.

#### Appareil Granier

Voici, d'après l'instruction officielle, de quelle façon l'on doit procéder à la détermination du point d'inflammabilité avec l'appareil Granier représenté figure 61.

**Précautions préliminaires.** — 1° S'assurer que l'appa-

reil est bien propre ; sinon l'essuyer soigneusement avec un linge souple ;

2° Si la mèche était charbonnée, par suite d'expériences antérieures, sur une hauteur de plus de 1 millimètre, il faudrait la renouveler ;

3° Fixer la mèche sur son mandrin métallique, l'introduire dans le cône de cuivre disposé au centre de la boîte ; avoir soin que la mèche et son mandrin s'appuient exactement sur le fond de la boîte ;

4° Prendre d'abord avec le thermomètre de l'appareil la température du pétrole que l'on veut essayer. Si cette température se trouvait supérieure à 25°, il faudrait refroidir le pétrole en plongeant le vase qui le contient dans l'eau froide.

A 25° et au-

dessous le pétrole peut être essayé sans être préalablement refroidi ;

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

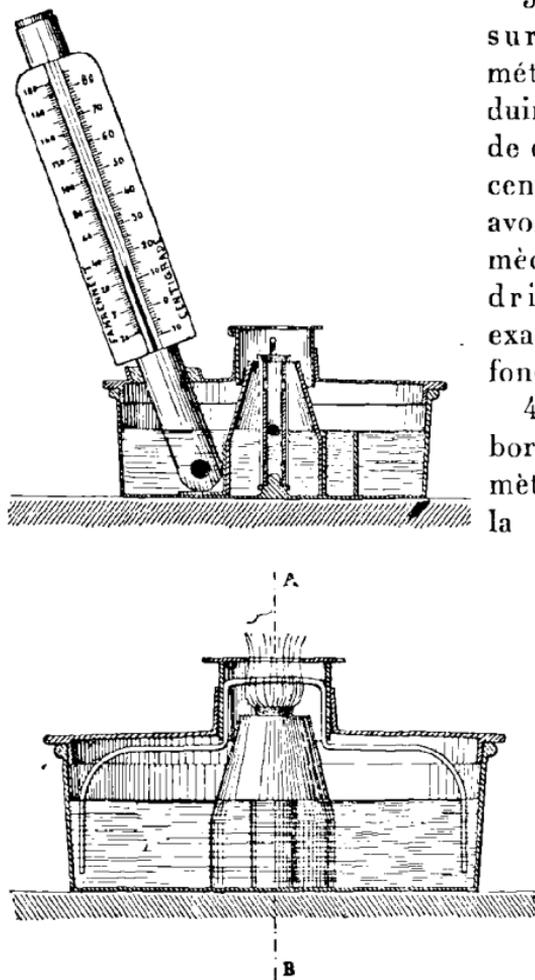


FIG. 61. — Appareil Granier.

5° Choisir une table ou autre support, une place aussi horizontale que possible, pour y déposer l'appareil et faire l'expérience.

**Premier mode d'essai.** — 1° La boîte étant ouverte, y verser le pétrole à essayer en ayant soin de le faire couler sur la mèche;

2° Remplir la boîte jusqu'au niveau du petit tube déversoir placé excentriquement; le pétrole doit affleurer au bord supérieur de ce tube;

3° Fermer la boîte; fermer aussi l'opercule placé sur l'orifice central du couvercle.

Enfoncer le thermomètre dans la gaine qui sert à le fixer dans la boîte.

L'opérateur doit se placer en face du thermomètre,

4° Approcher du petit orifice pratiqué dans l'opercule central une allumette enflammée et l'y maintenir quelques secondes;

5° *Résultat.* Si une flamme de vapeur de pétrole apparaît et se maintient au-dessus dudit orifice, *le pétrole est inflammable à la température marquée par le thermomètre*, température qu'il faut constater immédiatement.

**Deuxième mode d'essai.** — Si après avoir opéré comme il vient d'être décrit, on n'observe pas la production d'une flamme persistante de vapeur de pétrole au-dessus de l'orifice pratiqué dans le petit opercule, il faut procéder à un autre mode d'essai qui s'exécute de la manière suivante :

1° On rabat le petit opercule sur le couvercle de manière à découvrir la mèche placée au centre de l'appareil;

2° On allume cette mèche en divers points au moyen d'une allumette, de façon que la combustion se produise sur tout le pourtour du bec;

3° L'opérateur, l'œil fixé sur le thermomètre qui

s'élève graduellement, doit attendre le moment où une petite explosion, qui se produit dans l'ouverture annulaire du couvercle, éteint le bec. Il note immédiatement la température ;

4° *Résultat.* La température marquée par le thermomètre au moment et de l'explosion et de l'extinction consécutive du bec, est celle à laquelle le pétrole doit être considéré comme inflammable ;

5° Dans le cas où le thermomètre, au moment de l'explosion, marquerait une des températures suivantes: 32°, 33° ou 34°, il faudrait recommencer l'expérience deux autres fois, en prenant *chaque fois* une nouvelle quantité du même pétrole.

On prendra la moyenne des trois résultats obtenus, c'est-à-dire qu'on ajoutera les trois températures trouvées et l'on divisera par trois. Le quotient sera admis, comme représentant la température à laquelle s'enflamme le pétrole soumis à l'essai.

#### Appareil Abel

Il se compose :

D'un récipient cylindrique à huile A (fig. 62 et 63) contenant le pétrole à essayer. Il est en laiton étamé intérieurement, ses dimensions sont 0,058 de haut sur 0,051 de diamètre. Une tige en fer *a* dont la pointe, dirigée vers le haut, sert de repère, est soudée à la partie intérieure du récipient à 0,038 du fond. La fermeture est assurée par un couvercle muni de trois ouvertures rectangulaires, d'un thermomètre *b* et de la petite lampe *c* pouvant tourner autour d'un axe horizontal, ce qui lui permet de rester horizontale ou de prendre une position inclinée de manière à ce que sa flamme, venant juste à la hauteur de la partie supérieure du couvercle dont les orifices rectangulaires se trouvent ouverts, soit en contact avec les vapeurs pro-

duites en A. Le réservoir du thermomètre plonge entièrement dans l'huile et se trouve à une distance de 0,038 du milieu du couvercle.

Les trois ouvertures du couvercle peuvent être ou fermées ou ouvertes par le jeu d'une coulisse *d* munie d'ouvertures correspondantes aux premières. Si en tirant la coulisse on dégage les ouvertures, une pointe fait pivoter la lampe *c* et l'extrémité de son orifice arrive exactement à la surface du couvercle au-dessus de l'ouverture ainsi mise à nu.

Le bain-marie qui sert à chauffer l'huile se compose: de deux cylindres en cuivre, l'un BB placé à l'intérieur a 0,076 de haut sur 0,0535 de large, l'autre CC mesure 0,146 de haut sur 0,140 de diamètre. Ils sont reliés à une plaque de cuivre

percée d'une ouverture destinée à recevoir le récipient à huile qui repose par son rebord annulaire non sur la plaque de cuivre, mais sur une plaque d'ébène vissée sur le rebord de cette dernière. Le

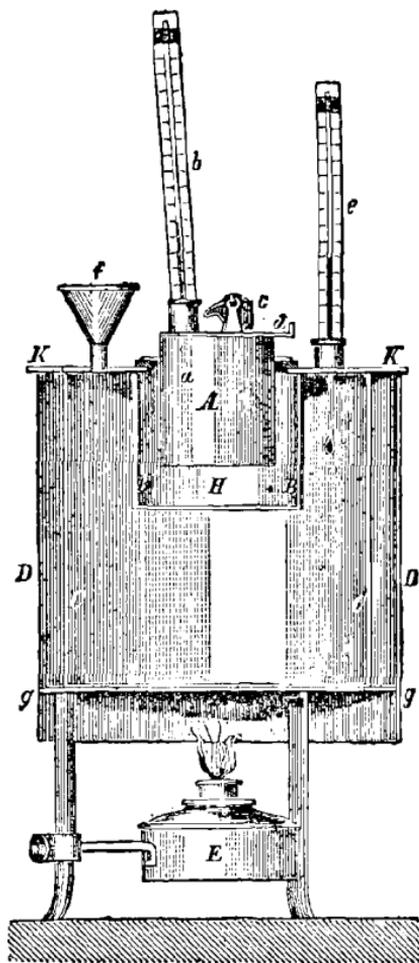
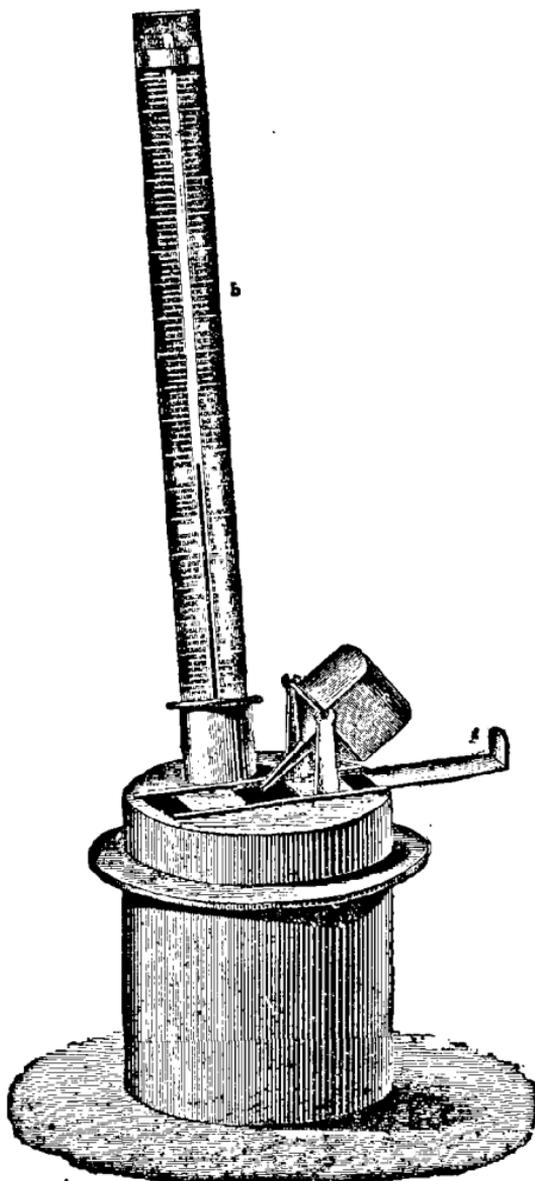


Fig. 62. — Appareil Abel.

thermomètre *e* donne la température de l'eau, l'entonnoir *f* sert à remplir le bain-marie.



Le bain-marie repose sur un support en fonte et le tout est entouré d'un cylindre en cuivre DD formant enveloppe. Le chauffage s'effectue soit à la lampe à alcool soit au gaz. Si l'essai porte sur des huiles légères, le bain-marie doit être rempli d'eau froide, au contraire s'ils'agit d'huiles lourdes on introduit de l'eau ou de l'huile à 49°-50° centigrades.

Pour faire un essai, on remplit, suivant le cas, le bain-marie d'eau froide ou

FIG. 63. — Appareil Abel.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

d'eau à 50°, on enlève le réservoir à huile et on y introduit doucement le pétrole jusqu'à ce que son niveau supérieur soit à la hauteur de la partie terminale de la pointe en fer *a*. On a soin qu'il ne reste pas de pétrole sur les parois de ce réservoir et on détruit les bulles qui pourraient exister à la surface du liquide. On ferme le réservoir à huile en le recouvrant de son couvercle, et l'on remplit d'huile de colza la petite lampe *c* dont on allume la mèche, puis on la règle de façon à obtenir une flamme ayant de 0,003 à 0,004. On remet maintenant le réservoir à huile, qui est fermé par son couvercle, à sa place primitive et l'on observe le thermomètre qui plonge dans le réservoir à huile. Dès qu'il marque 19°, l'on essaie de degré en degré si les vapeurs produites sont combustibles. A cet effet, on les met en contact pendant la durée de 3 oscillations d'un pendule, qui fait partie de l'appareil, avec la flamme de la lampe *c* en tirant la plaque *d* qui découvre les ouvertures et fait basculer la lampe dont la flamme arrive au contact des vapeurs qui existent à la partie supérieure du réservoir à pétrole. Cet essai doit être répété jusqu'à ce que l'on ait obtenu une inflammation à l'intérieur du réservoir, ou une petite explosion qui, le plus souvent, est assez intense pour déterminer l'extinction de la lampe *c*.

Cet appareil est très employé en Angleterre.

#### Appareil Abel-Pinsky

L'appareil précédent a reçu de M. Pinsky, mécanicien de Berlin, un perfectionnement de détail qui l'a fait adopter en Allemagne. Comme l'appareil Abel, il se compose d'un bain-marie cylindrique muni d'un entonnoir destiné au remplissage, et d'un trop-plein pour l'écoulement de l'excès d'eau. La température de l'eau est mesurée par un thermomètre *T'* disposé dans

une tubulure que porte le bain-marie. Un récipient cylindrique, soudé au milieu du couvercle, plonge dans ce bain-marie; il reçoit un deuxième récipient de dimensions moindres, qui se trouve suspendu par un rebord

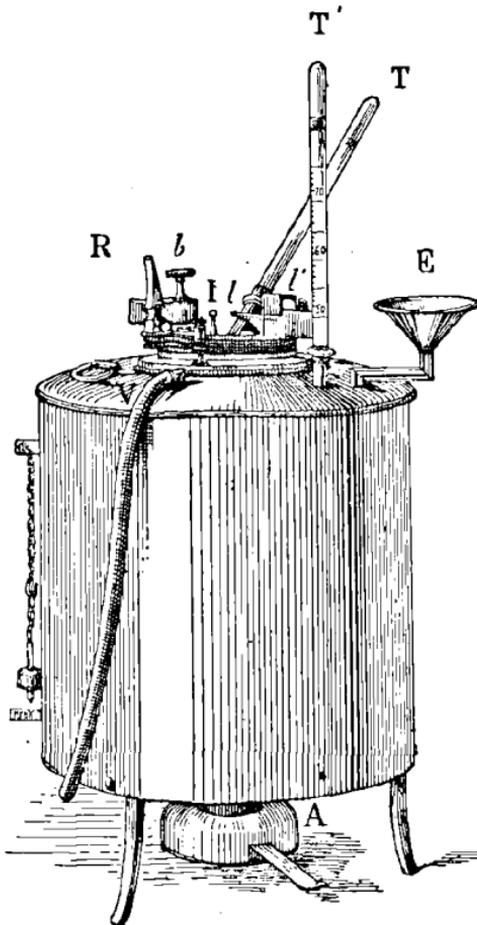


FIG. 64. — Appareil Abel-Pinsky.

annulaire reposant sur un anneau d'ébonite. C'est ce dernier récipient, le plus petit, qui reçoit le pétrole jusqu'au niveau d'une pointe en fer disposée sur la paroi latérale et recourbée verticalement.

Le récipient à pétrole est fermé par un couvercle mobile, pourvu d'une tubulure dans laquelle s'engage un thermomètre T dont le réservoir plongeant en entier dans le pétrole indique sa température; sur le couvercle, sont

ménagées trois ouvertures sur lesquelles glisse un obturateur mu par un mouvement d'horlogerie et muni d'une lampe articulée *l*. Le déplacement de l'obturateur démasque les trois ouvertures et met la

partie centrale en communication avec la petite flamme de la lampe articulée. En somme, cet appareil ne diffère du précédent qu'en ce que le mouvement de la lampe et l'ouverture des orifices d'essai se fait mécaniquement et, par conséquent, d'une façon plus régulière et plus uniforme que dans l'appareil d'Abel. Chaque fois que l'on se propose de déplacer l'obturateur, il faut remonter le mouvement d'horlogerie en tournant le bouton de cuivre *b* placé à la partie supérieure du couvercle, puis, au moment où le thermomètre indique que l'huile est arrivée à la température à laquelle l'essai d'inflammation doit être effectué, on presse sur le levier *R*, ce qui détermine immédiatement le mouvement de l'obturateur.

**Précautions préliminaires.**— Pour l'essai du pétrole, on choisira autant que possible un emplacement à l'abri des courants d'air, dans une pièce ayant environ 20°.

Avant de procéder à l'essai, on vérifiera la hauteur du baromètre métallique placé dans la boîte contenant l'appareil, ou celle d'un baromètre à mercure placé dans la pièce; puis, d'après cette vérification et au moyen du tableau ci-après, on recherchera la température que doit avoir le pétrole au moment où l'opérateur ouvre pour la première fois le tiroir.

| Pour une hauteur barométrique : |             |             |             | L'essai doit commencer à la température : |       |          |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------------|-------|----------|
| de                              | 685 millim. | jusqu'à 695 | mil. inclus | de +                                      | 14°   | centigr. |
| de plus de                      | 695         | —           | 705         | —                                         | 14.5° | —        |
| —                               | 705         | —           | 715         | —                                         | 15 0  | —        |
| —                               | 715         | —           | 725         | —                                         | 15.5  | —        |
| —                               | 725         | —           | 735         | —                                         | 16.0  | —        |
| —                               | 735         | —           | 745         | —                                         | 16.0  | —        |
| —                               | 745         | —           | 755         | —                                         | 16.5  | —        |
| —                               | 755         | —           | 765         | —                                         | 17.0  | —        |
| —                               | 765         | —           | 775         | —                                         | 17.0  | —        |
| —                               | 775         | —           | 785         | —                                         | 17.5  | —        |

L'appareil, non muni du réservoir à pétrole, est

d'abord placé sur une table bien unie et horizontale, de manière que la marque rouge du thermomètre suspendu dans le réservoir à eau se trouve autant que possible à la hauteur de l'œil de l'opérateur.

On remplit, au moyen de l'entonnoir E, le bain-marie d'eau à la température de  $+50$  à  $+52^{\circ}$  centigrades jusqu'à ce qu'elle commence à s'écouler par le tube déversoir.

Si l'on n'a pas d'eau à cette température, on pourra se servir, pour chauffer l'eau du bain-marie de l'appareil, d'une lampe à alcool A, d'un bec de gaz, ou de tout autre mode de chauffage. Dans ce cas, on devra veiller à ne point surchauffer le support.

D'autre part, on remplit la lampe l, pourvue d'une mèche cylindrique, avec de la ouate non pressée et on verse dessus du pétrole, jusqu'à ce que la ouate et la mèche soient bien imbibées.

On essuie soigneusement l'excédant de pétrole au moyen d'un linge et on laisse la ouate dans la lampe. Enfin on ôte du bec la suie qui aurait pu s'y former.

Le réservoir à pétrole, le couvercle et le thermomètre doivent être parfaitement essuyés et rendus bien secs, s'il y a lieu, au moyen de papier buvard ou de papier Joseph.

Enfin, pour terminer tous ces préparatifs, dans le cas où la température du pétrole ne serait pas inférieure de 2 degrés au moins à la température à laquelle l'ouverture du tiroir doit être faite pour la première fois, on le refroidirait jusqu'à l'amener au point voulu.

Le récipient devra être porté à la même température que le pétrole, et dans le cas où, à cet effet, on aurait dû le plonger dans l'eau froide, on aura soin de bien l'essuyer de nouveau.

**Mode d'essai.** — Ces préparatifs une fois terminés, et le bain-marie suffisamment chauffé, on portera

celui-ci, au moyen de la lampe à alcool, à la température de 54,5 à 55° centigrades indiquée par un trait rouge sur le thermomètre du réservoir à eau.

Au moyen d'une pipette en verre on remplira de pétrole, avec précaution, le récipient jusqu'à ce que l'extrémité de la pointe indicatrice du réservoir à pétrole s'élève encore d'une petite quantité au-dessus de la surface du liquide. On devra toujours éviter de mouiller les parois situées au-dessus de la pointe; autrement, il faudrait vider le récipient, l'essuyer avec soin, et le remplir avec d'autre pétrole.

Le cas échéant, on fera disparaître les bulles formées à la surface du pétrole en y promenant l'extrémité carbonisée et éteinte d'une allumette qu'on aura fait brûler au moment même.

Immédiatement après le remplissage on mettra le couvercle sur le récipient.

Le réservoir à pétrole, étant rempli, est suspendu avec précaution et sans secousse dans le bain-marie, après avoir constaté que la température de celui-ci atteint 55° centigrades.

Cette vérification faite, on éteint la lampe à alcool.

Si la température est supérieure à 55°, on l'abaisse en injectant de petites quantités d'eau froide dans le bain-marie, au moyen de l'entonnoir.

Lorsque la température du pétrole dans le réservoir est sur le point d'atteindre celle à laquelle on doit commencer l'essai, on allume la mèche, et on la règle de manière que, eu égard à la grosseur, elle ressemble à peu près au bouton blanc I fixé sur le couvercle. Ensuite on remonte le mouvement d'horlogerie, en tournant jusqu'au cran d'arrêt le bouton dans la direction indiquée par la flèche.

Dès que le pétrole a atteint la température déterminée pour commencer l'essai, on presse avec la main

sur le levier de déclenchement du mécanisme, et immédiatement le tiroir rotatif commence à opérer lentement et d'une façon égale son mouvement qui est achevé en deux secondes.

Pendant ce temps, on observe la marche de la flamme s'approchant de la surface du pétrole. Lorsque le mécanisme est revenu au repos, on le remonte de nouveau, on déclenche et on répète l'observation chaque fois que le thermomètre suspendu dans le réservoir à pétrole monte de  $1/2$  degré. On continue ainsi de  $1/2$  en  $1/2$  degré jusqu'à ce que les gaz formés dans le réservoir à pétrole prennent feu.

Dans le voisinage du point d'inflammabilité, la flamme de la lampe s'étend jusqu'à former une espèce de voile de feu ; l'apparition subite d'une plus grande flamme bleue qui s'étale en nappe sur toute la surface du pétrole, indique la fin de l'expérience, alors même que (ce qui arrive fréquemment) l'extinction de la lampe, par suite de l'inflammation du pétrole, n'a pas lieu.

La température indiquée par le thermomètre T, au moment où se produit ce dernier phénomène, indique le point d'inflammabilité du pétrole soumis à l'expérience.

Le premier essai terminé, on répète de la même manière l'expérience sur une autre partie du même pétrole. Auparavant, on laisse refroidir le couvercle, et, pendant ce temps, on vide le réservoir à pétrole, que l'on fait refroidir dans de l'eau, on le nettoie et on l'essuie, puis on le remplit de nouveau.

Le thermomètre et le couvercle sont aussi, avant le nouveau remplissage, essuyés avec soin et séchés au moyen de papier buvard, et l'on fait disparaître du couvercle et des ouvertures du tiroir les crasses de pétrole qui auraient pu s'y attacher.

Avant de placer le réservoir dans le bain-marie on en chauffe l'eau à  $55^{\circ}$  au moyen d'une lampe à alcool.

Une seconde épreuve fournit-elle un point d'inflammabilité ne différant pas du précédent de plus de  $1/2$  degré, on prend la moyenne des deux nombres comme le point probable d'inflammabilité, c'est-à-dire, comme la température à laquelle le pétrole prend feu, à la hauteur barométrique considérée.

Si l'écart est supérieur, une seconde épreuve est nécessaire. Si, sur trois essais, l'écart n'est pas supérieur à  $1 \frac{1}{2}$  degré (*un degré et demi*), la moyenne de ces trois nombres peut être considérée comme le point probable d'inflammabilité.

Lorsque, par exception, des différences plus sensibles sont accusées, l'expérience doit être renouvelée en entier, à moins qu'il ne s'agisse d'un pétrole trop léger, s'enflammant dès qu'on ouvre pour la première fois le tiroir et, par conséquent, devant être mis au rebut. Mais auparavant on doit procéder à une inspection minutieuse et détaillée de l'appareil et de son fonctionnement. L'attention se portera particulièrement sur le fonctionnement du couvercle et sur le mode de fixation du thermomètre du réservoir, sur la suspension de la lampe, et enfin sur le nettoyage de tout l'appareil.

Il ne reste plus qu'à se servir du tableau suivant (p. 348) pour ramener le point d'inflammabilité observé à ce qu'il serait à la pression de 0,760.

Pour trouver le point d'inflammabilité correspondant à la hauteur barométrique normale et non à la hauteur barométrique au moment de l'essai, on cherche d'abord dans la colonne relative à cette dernière hauteur barométrique, le degré le plus voisin du point d'inflammabilité considéré. On a calculé les fractions à raison de une demi-dizaine au plus pour une dizaine, en négligeant les fractions moindres. Dans la ligne contenant cette progression, on va jusqu'à la colonne indiquée par le chiffre 760, marqué en caractères

tères plus gros. Le chiffre, placé à l'intersection de cette ligne et de cette colonne, indique le point d'inflammabilité désiré, calculé à la hauteur barométrique normale.

| PRESSION EN MILLIMÈTRES |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 650                     | 660  | 670  | 680  | 690  | 700  | 710  | 720  | 730  | 740  | 750  | 760  | 770  | 780  |
| 15,5                    | 15,7 | 15,9 | 16,2 | 16,6 | 16,9 | 17,3 | 17,6 | 18,0 | 18,3 | 18,7 | 19,0 | 19,4 | 19,7 |
| 16,0                    | 16,2 | 16,4 | 16,7 | 17,1 | 17,4 | 17,8 | 18,1 | 18,5 | 18,8 | 19,2 | 19,5 | 19,9 | 20,2 |
| 16,5                    | 16,7 | 16,9 | 17,2 | 17,6 | 17,9 | 18,3 | 18,6 | 19,0 | 19,3 | 19,7 | 20,0 | 20,4 | 20,7 |
| 17,0                    | 17,2 | 17,4 | 17,7 | 18,1 | 18,4 | 18,8 | 19,1 | 19,5 | 19,8 | 20,2 | 20,5 | 20,9 | 21,2 |
| 17,5                    | 17,7 | 17,9 | 18,2 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | 19,6 | 20,0 | 20,3 | 20,7 | 21,0 | 21,4 | 21,7 |
| 18,0                    | 18,2 | 18,4 | 18,7 | 19,1 | 19,4 | 19,8 | 20,1 | 20,5 | 20,8 | 21,2 | 21,5 | 21,9 | 22,2 |
| 18,5                    | 18,7 | 18,9 | 19,2 | 19,6 | 19,9 | 20,3 | 20,6 | 21,0 | 21,3 | 21,7 | 22,0 | 22,4 | 22,7 |
| 19,0                    | 19,2 | 19,4 | 19,7 | 20,1 | 20,4 | 20,8 | 21,1 | 21,5 | 21,8 | 22,2 | 22,5 | 22,9 | 23,2 |
| 19,5                    | 19,7 | 19,9 | 20,2 | 20,6 | 20,9 | 21,3 | 21,6 | 22,0 | 22,3 | 22,7 | 23,0 | 23,4 | 23,7 |
| 20,0                    | 20,2 | 20,4 | 20,7 | 21,1 | 21,4 | 21,8 | 22,1 | 22,5 | 22,8 | 23,2 | 23,5 | 23,9 | 24,2 |
| 20,5                    | 20,7 | 20,9 | 21,2 | 21,6 | 21,9 | 22,3 | 22,6 | 23,0 | 23,3 | 23,7 | 24,0 | 24,4 | 24,7 |
| 21,0                    | 21,2 | 21,4 | 21,7 | 22,1 | 22,4 | 22,8 | 23,1 | 23,5 | 23,8 | 24,2 | 24,5 | 24,9 | 25,2 |
| 21,5                    | 21,7 | 21,9 | 22,2 | 22,6 | 22,9 | 23,3 | 23,6 | 24,0 | 24,3 | 24,7 | 25,0 | 25,4 | 25,7 |

Supposons que l'on ait trouvé que l'inflammation avait lieu à 20°,3, la hauteur barométrique étant égale à 742 millimètres.

Une colonne spéciale pour 742 millimètres n'existant pas dans le tableau, on prend la colonne 740, et l'on trouve que le point d'inflammabilité sous la pression de 0,760 serait de 21°,0.

**Vérification de l'appareil.** — Les indications de cet appareil ne sont évidemment précises qu'autant que les parties essentielles conservent bien leur position primitive. Pour permettre au praticien de vérifier à chaque instant son appareil, le constructeur y a joint une pièce nommée *vérificateur* dont le but est de constater :

a) La position de la pointe indicatrice de niveau à l'intérieur du réservoir à pétrole;

b) Le déplacement du point le plus bas de l'arête intérieure du bec de la lampe ;

c) La distance de la boule du thermomètre à la surface interne du couvercle.

Ce vérificateur consiste en une plaque d'acier, rectangulaire, dont un des côtés porte un appendice de 17 à 19 millimètres de hauteur, tandis qu'un autre est muni de 2 échancrures entre lesquelles s'élève un rebord ou dent dont les dimensions varient d'un appareil à l'autre.

Pour vérifier le déplacement visé en a), le vérificateur est placé, comme le montre la figure 65, sur le bord supérieur du réservoir, de manière que la surface oblique de l'appendice vienne affleurer la pointe indicatrice du *plein*.

S'il n'y a pas eu déplacement, la pointe

doit se trouver sur le prolongement de la rainure. Pour

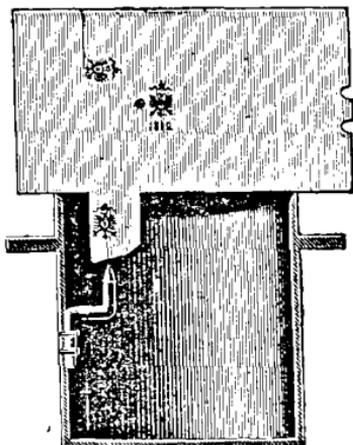


FIG. 65. — Appareil Abel-Pinsky. Vérification de l'appareil.

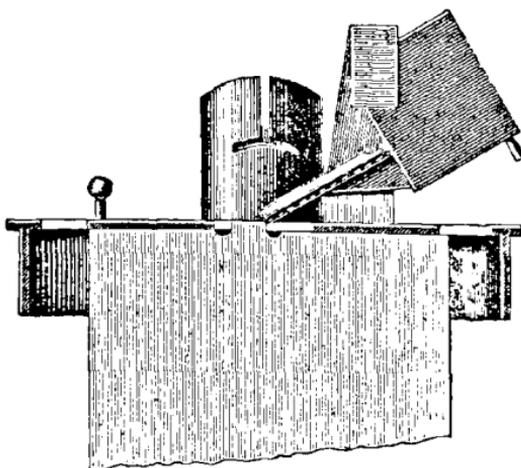


FIG. 66. — Vérification de l'appareil Abel-Pinsky.

faire cette vérification exactement, on place d'abord le vérificateur sur le bord du réservoir, de manière que l'appendice s'applique à la paroi gauche dudit réservoir; puis on fait glisser le vérificateur avec précaution vers la droite, jusqu'à ce que l'appendice vienne appuyer sur la pointe indicatrice.

Pour vérifier le déplacement visé en *b*), on obtient l'abaissement maximum de la lampe en mettant le mécanisme en mouvement et en arrêtant le tiroir rotatif

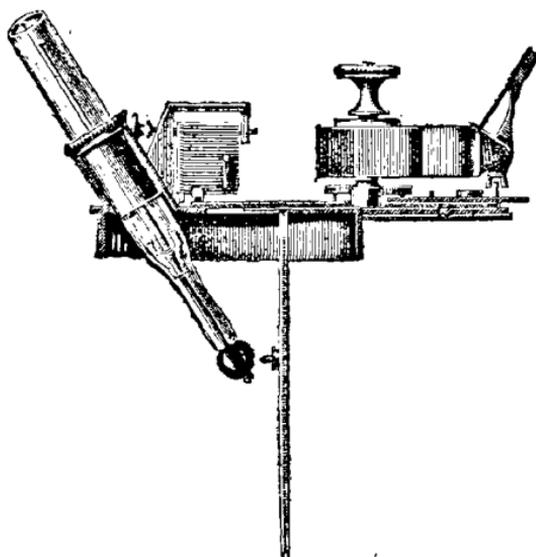


Fig. 67. — Vérification de l'appareil Abel-Pinsky.

au moment où les trois ouvertures du couvercle sont découvertes. On introduit alors à travers l'étroit passage du tiroir et l'ouverture du couvercle placée au-dessous une petite cale en bois, ou de toute autre matière, pour empêcher la lampe de re-

monter. On obtient ainsi la position de la figure 66, dans laquelle, pour la clarté, le tiroir a été supprimé; on y voit le vérificateur appliqué à la face interne du couvercle de manière que le rebord ou la dent touche le bec: dans cette position, s'il n'y a pas eu déplacement, le point le plus bas de l'arête intérieure de celle-ci doit venir s'appliquer sur le prolongement de la surface étroite du rebord ou dent.

Pour vérifier le déplacement visé en *c*), on procède comme l'indique la figure 67. Le côté du *vérificateur* opposé à la dent est appliqué à la face interne du couvercle, de manière à tourner la pointe de la cheville vers le thermomètre placé dans le couvercle. S'il n'y a pas eu de déplacement, la pointe doit se diriger exactement sur le milieu de la boule du thermomètre.

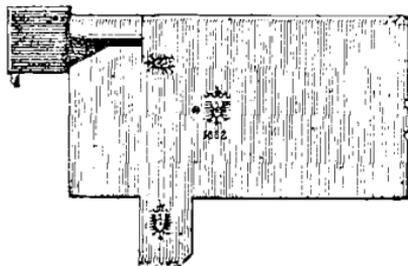


FIG. 68. — Vérification de l'appareil Abel-Pinsky.

Enfin, pour vérifier la position du bec, on procède comme le montre la figure 68. Le côté du *vérificateur* opposé à la dent est appliqué à la face de la boîte de la lampe portant la douille de la mèche ; s'il n'y a pas eu déplacement, le bec doit couper exactement à angle droit la rainure verticale. Au contraire il y a eu déplacement, si le bec, soit en haut soit en bas, n'atteint pas ou dépasse la rainure.

## IX

### Applications calorifiques du pétrole

#### *Chaudières. — Métallurgie. — Industries diverses*

En 1869, Henri Sainte-Claire Deville se livra à de minutieuses recherches sur le pouvoir calorifique du pétrole.

Le tableau suivant donne le résultat de ses expériences :

| NUMÉROS<br>D'ORDRE | PAYS DE PROVENANCE<br>DES HUILES                                             | NATURE<br>DES HUILES               | DENSITÉ | POUVOIR<br>CALORIFIQUE |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------|------------------------|
| 1                  | White Oak (Virginie occidentale): puits de 13 mètres de profondeur. . .      | Huile lourde de graissage. . .     | 0,873   | 10,180                 |
| 2                  | Burning Springs (Virginie occidentale): puits de 220 mètres de profondeur. . | Huile légère d'éclairage . . . . . | 0,8412  | 10,223                 |
| 3                  | Oil Creek (Pensylvanie): puits de 200 mètres. . .                            | Idem. . . . .                      | 0,816   | 9,963                  |
| 4                  | Ohio. . . . .                                                                | Huile lourde. . . . .              | 0,887   | 10,399                 |
| 5                  | Ferme de Plummer (Franklin-Pensylvanie): puits de 200 mètres. . . . .        | Huile lourde de graissage. . . . . | 0,886   | 10,672                 |
| 6                  | Pétrole d'Amérique vendu à Paris, sans doute originaire de Pensylvanie. .    | . . . . .                          | 0,820   | 8,771                  |
| 7                  | Société de gaz de Paris. .                                                   | Huile lourde de houille. . . . .   | 1,044   | 8,916                  |
| 8                  | Parme, près Salo. . . . .                                                    | Pétrole. . . . .                   | 0,786   | 10,121                 |
| 9                  | Java, commune de Damdang-Elo (district de Timascon, résidence Pambang). . .  | Huile. . . . .                     | 0,923   | 10,831                 |
| 10                 | Java, commune de Tibodas Tanggah (district Madja, résidence Choubon). . .    | Idem. . . . .                      | 0,823   | 9,593                  |
| 11                 | Java, commune Coger (district Kendong, résidence Karabaya). . . . .          | Idem. . . . .                      | 0,972   | 10,183                 |
| 12                 | Pechelbronn (Haut-Rhin). .                                                   | Huile distillée. . . . .           | 0,912   | 9,708                  |
| 13                 | Pechelbronn (Haut-Rhin). .                                                   | Huile brute. . . . .               | 0,892   | 10,020                 |
| 14                 | Schwabweiler (Bas-Rhin). .                                                   | Huile. . . . .                     | 0,861   | 10,458                 |
| 15                 | Galicie orientale. . . . .                                                   | Idem. . . . .                      | 0,870   | 10,005                 |
| 16                 | Galicie occidentale. . . . .                                                 | Idem. . . . .                      | 0,885   | 10,231                 |
| 17                 | Vagnas (Ardèche). . . . .                                                    | Huile de schiste brute. . . . .    | 0,911   | 9,046                  |
| 18                 | Autun, fabrique de Champaux, Bazin et Radary. .                              | Idem. . . . .                      | 0,870   | 9,950                  |
| 19                 | Mont-de-Marsan. . . . .                                                      | Huile lourde Kiefernhar. . . . .   | 0,985   | 10,081                 |
| 20                 | Naphte brut des puits de Balakhany. . . . .                                  | . . . . .                          | 0,882   | 11,070                 |
| 21                 | Résidus alambics de Bakou . . . . .                                          | . . . . .                          | 0,928   | 10,700                 |
| 22                 | Huile noire de la raffinerie Weysser à Bakou. . . . .                        | . . . . .                          | 0,897   | 10,760                 |
| 23                 | Huile légère de Bakou. . . . .                                               | . . . . .                          | 0,884   | 11,460                 |
| 24                 | Huile lourde de Bakou. . . . .                                               | . . . . .                          | 0,938   | 10,800                 |

De récents travaux dus à M. Mahler ont été faits sous les auspices de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, qui avait voté en faveur de ce jeune ingénieur un fonds spécial pour l'exécution de ses recherches.

Il s'est servi d'un appareil, nommé par lui l'*obus calorimétrique*, qui est une modification de la bombe calorimétrique de M. Berthelot.

Le tableau suivant donne la composition et la puissance calorifique de sept échantillons de houilles et d'une série de combustibles liquides, remis par M. Deutsch.

Ce tableau permet de comparer pour chaque combustible essayé son pouvoir calorifique observé directement avec celui qu'il aurait en faisant abstraction des cendres et de l'eau.

Ces nombres établissent nettement la supériorité du pouvoir calorifique du pétrole sur celui des houilles de meilleure qualité. Si l'on joint à cet avantage ceux qui pourraient résulter de l'emploi d'un combustible brûlant sans abandonner de cendres, dont l'introduction dans le foyer s'effectue facilement et automatiquement d'une façon uniformément régulière, supprimant le travail pénible des chauffeurs et produisant une température toujours égale ne variant pas, comme dans le cas de la houille, avec l'épaisseur de la charge sur la grille, on comprendra que, pendant un certain nombre d'années, la question des applications calorifiques du pétrole ait préoccupé les esprits.

Mais, si d'autre part l'on tient compte de la production restreinte des huiles minérales et par conséquent de leur valeur relativement élevée, on comprend qu'elles ne peuvent faire avantageusement concurrence aux combustibles ordinaires que dans des conditions spéciales et le plus particulièrement soit à l'état d'huiles

| DÉSIGNATION<br>DES COMBUSTIBLES                            | ANALYSE ÉLÉMENTAIRE |           |         |       |                     |         | MATIÈRES VOLATILES         |                                           | POUVOIR CALORIFIQUE |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|---------|-------|---------------------|---------|----------------------------|-------------------------------------------|---------------------|---------|
|                                                            | CARBONE             | HYDROGÈNE | OXIGÈNE | AZOTE | FA<br>HYDROSCOPIQUE | CENDRES | ABSTRACTION FAITE DE L'EAU | ABSTRACTION FAITE DES CENDRES et de l'eau | observé             | calculé |
| Houille flambante du puits S <sup>te</sup> -Marie (Blauzy) | 79,378              | 4,967     | 8,725   | 1,13  | 3,90                | 1,90    | 30,10                      | 7,865,8                                   | 8,350,1             |         |
| Houille à gaz de Commeny                                   | 80,182              | 5,245     | 7,193   | 0,98  | 3,00                | 3,40    | 37,40                      | 7,870,4                                   | 8,408,5             |         |
| Houille à gaz de Lens                                      | 83,727              | 5,216     | 6,007   | 1,00  | 1,05                | 3,00    | 29,55                      | 8,395                                     | 8,744,7             |         |
| Houille grasse du Treuil (Saint-Étienne)                   | 84,546              | 4,772     | 4,592   | 0,84  | 1,25                | 4,00    | 19,75                      | 8,991,7                                   | 8,856,7             |         |
| Houille demi-grasse du puits St-Marc (Anzin)               | 88,473              | 4,139     | 3,158   | 1,18  | 1,35                | 1,70    | 13,65                      | 8,392,5                                   | 8,636,5             |         |
| Houille anthraciteuse de Kébao (Tonkin)                    | 85,746              | 2,733     | 2,671   | 0,50  | 2,80                | 5,45    | 4,54                       | 7,828,1                                   | 8,532               |         |
| Anthracite de Pensylvanie                                  | 86,456              | 1,995     | 1,449   | 0,75  | 4,65                | 5,90    | 2,75                       | 7,484,4                                   | 8,256,4             |         |
| Coke de pétrole d'Amérique                                 | 97,835              | 0,489     | 1,196   | 0,26  | »                   | 0,20    | »                          | 8,057,2                                   | 8,073,3             |         |
| Huile lourde de pétrole d'Amérique                         | 86,894              | 13,107    | »       | »     | »                   | »       | »                          | 10,912,7                                  | 10,912,7            |         |
| Pétrole raffiné d'Amérique                                 | 85,401              | 14,216    | 0,203   | »     | »                   | »       | »                          | 11,045,7                                  | »                   |         |
| Essence de pétrole d'Amérique                              | 80,583              | 15,101    | 4,316   | »     | »                   | »       | »                          | 11,086                                    | »                   |         |
| Pétrole brut d'Amérique                                    | 83,012              | 13,839    | 3,099   | »     | »                   | »       | »                          | 11,094,1                                  | »                   |         |
| Huile lourde de Bakou (Russie)                             | 86,700              | 12,944    | »       | »     | »                   | 0,35    | »                          | 10,804,6                                  | 10,842,6            |         |
| Pétrole de Novorossisk (Caucase)                           | 84,905              | 11,636    | 9,458   | »     | »                   | »       | »                          | 10,328                                    | »                   |         |

brutes, soit sous forme de résidus provenant de la distillation des pétroles bruts.

Les premiers essais tentés dans cette voie en Amérique furent réalisés au moyen d'un appareil compliqué dont le double but était de réduire l'huile lourde en vapeurs et d'en déterminer la combustion dans un foyer en y introduisant de la vapeur d'eau afin de produire une flamme plus longue et moins fumeuse.

Depuis ces dernières années, la consommation du pétrole pour la production de la chaleur est extrêmement importante.

D'après le rapport de M. le Consul français de Philadelphie (15 mai 1891), le prix de revient du pétrole serait la moitié de celui du charbon

Le « Petroleum Review pour 1891 » s'exprime ainsi :

Il y a eu en Amérique une augmentation phénoménale dans la vente du pétrole pour le chauffage.

Le mouvement a atteint :

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| En 1891. . . . . | 10,600.000 barils. |
| Au lieu de. {    |                    |
| 1890. . . . .    | 7.000.000          |
| 1889. . . . .    | 5.500.000          |

D'autre part, la *Standard Oil Company* a donné à l'un de nous<sup>1</sup>, les renseignements suivants :

|                                                                            |                   |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Vente de l'huile de Lima pour la production de la chaleur en 1891. . . . . | 4.994.625 barils. |
| Vente du résidu de l'huile de Lima. . . . .                                | 2.314.648         |
| Constituant un TOTAL de. . . . .                                           | <u>7.309.273</u>  |
| Consummé par la <i>Standard</i> . . . . .                                  | 1.252.655         |
| Délivré par d'autres. . . . .                                              | 1.997.071         |

L'huile brute de pétrole a été employée comme combustible dans différents appareils, mais seulement à titre d'essai, jusqu'à la découverte de l'huile brute

1. *Rapport Riche et Roume. Loc. cit. p. 59.*

de Lima qui, considérée comme impossible à rectifier à cause des produits sulfurés qu'elle contient, était offerte en grande quantité et à un bon marché excessif pour servir de combustible.

Parmi les expériences de début, il y a lieu de mentionner le procédé Fames pour la fusion du fer, expérimenté il y a quelques années à Titusville. Depuis l'application du gaz naturel au chauffage, on y a renoncé.

La Compagnie des chemins de fer de Pensylvanie a essayé pendant quelque temps sur son réseau une locomotive dans laquelle on brûlait, comme combustible, de l'huile de pétrole, suivant la méthode adoptée sur les chemins de fer russes, et le chimiste Br. C.-B. Dudley se rendit en Russie pour examiner la question.

La conclusion de cette enquête et des essais a été qu'il n'y avait pas lieu de donner suite à l'emploi du pétrole pour les locomotives par suite de la grande quantité d'huile à charger sur le tender et sur la difficulté de l'arrimage de l'huile à introduire dans le foyer.

L'administration de la marine des États-Unis a fait de son côté des essais dans les chantiers de New-York et de Boston pour déterminer s'il y avait lieu de remplacer le charbon par le pétrole dans la navigation. Le résultat de ces travaux a été que, tant au point de vue de la facilité de maniement que du confort, de la santé des chauffeurs et de la sécurité des passagers, il fallait s'opposer à l'emploi du pétrole pour la navigation en général et plus spécialement pour celle des bateaux de passagers.

On sera frappé de ce fait que, dans le sud de la Russie, les locomotives, les machines des bateaux sont alimentées au pétrole, et on s'expliquera cette opposition en pensant qu'en Amérique le charbon est à

très bas prix tandis que sur les bords de la mer Caspienne il fait défaut.

Lorsque les grands débits d'huile de Lima ont commencé, on a construit un *pipe-line* allant des gisements d'huile de l'Ohio à Chicago et on se mit à employer cette huile en grande quantité dans les fabriques et usines métallurgiques de cette ville.

On en a expédié aussi dans l'est par wagons-citernes et elle a été employée simultanément dans la Pensylvanie orientale et dans la Nouvelle Angleterre.

On peut citer la fabrique de cuivre de Waterbury où l'on s'en sert sur une grande échelle pour chauffer les fours à moufle.

On l'emploie pour l'alimentation des foyers dans les moulins de Pottstown, les forges de la Pennsylvania Steel Company à Steestown, et dans plusieurs industries à Philadelphie.

Elle donne de bons résultats pour les fours à chaux, à briques, etc., pour cuire la porcelaine, etc.

A Pittsburg on dispose encore de quantités assez fortes de gaz naturel pour alimenter les verreries, les usines à fer et l'industrie métallurgique en général ; au fur et à mesure qu'il diminue, le chauffage au pétrole prend sa place.

En résumé, dans la Pensylvanie, l'Ohio, l'Illinois, l'Indiana, le pétrole brut de Lima fait une concurrence souvent victorieuse au charbon de terre.

Par conséquent, on peut dire que, sauf la navigation et la marche des chemins de fer, l'emploi du pétrole pour la production de la vapeur ne rencontre en Amérique aucune difficulté pratique.

Au Caucase, l'abondance et le peu de valeur des résidus de distillation a amené la substitution de ce combustible au bois qui devient rare et au charbon qui y est relativement coûteux.

C'est M. Paul Audouin, ingénieur de la Compagnie du gaz, qui, le premier en France, a brûlé les huiles minérales dans des foyers en briques. La méthode consiste à faire tomber l'huile en jets, commandés par des robinets, sur une sole en briques. Celle-ci est placée derrière une plaque de terre percée de trous, au travers desquels passe l'air destiné à la combustion.

Une modification apportée par Sainte-Claire Deville<sup>1</sup> à cet appareil consiste en la substitution d'une grille en fonte, épaisse et de forme ordinaire, à la plaque de terre, ce qui donne plus de solidité et de commodité à l'appareil.

Une grille de ce genre ayant été installée sur le yacht à vapeur *Le Puebla* par MM. Sainte-Claire Deville et Dupuy de Lome, ces auteurs ont effectué, avec l'aide de MM. Audouin, Battarel et Feugère, une série de déterminations, tandis que, presque à la même époque, MM. Sainte-Claire Deville, Sauvage et Dieudonné, appliquaient les huiles de pétrole au chauffage des locomotives. Ce problème comportait un certain nombre de difficultés. Il fallait tout d'abord que l'appareil à combustion fût simple, peu volumineux et il était nécessaire de supprimer les briques qui pouvaient être une cause de danger par suite des trépidations. De plus, en raison de la force considérable qu'exige une locomotive (300 chevaux), il fallait arriver à brûler, dans un espace restreint, une quantité d'huile suffisante pour alimenter la machine.

Voici, d'après Sainte-Claire Deville, comment le problème a été abordé<sup>2</sup> :

« J'ai expérimenté dans mon laboratoire de l'École normale une grille verticale dont les ouvertures ont été

1. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. 68, p. 350.

2. *Ibid.*

déterminées de telle manière qu'une quantité connue d'huile minérale pût brûler derrière sans fumée et sans consommer un excès sensible d'air. Cette dernière condition est importante, l'Académie voudra bien se rappeler que j'ai montré comme un des plus grands avantages économiques des huiles minérales que, dans leur combustion convenablement ménagée, on peut dépouiller d'oxygène tout l'air qu'on leur fournit.

« Plus cette grille pénètre profondément dans le foyer, plus elle est soustraite à l'influence refroidissante de l'air, ou, ce qui revient au même, plus elle est épaisse sans déborder les parois du foyer, plus elle s'échauffe pendant la combustion de l'huile minérale. En faisant couler l'huile dans une rainure intérieure et profonde ménagée entre les barreaux de la grille, on peut, par expérience, déterminer l'épaisseur qu'il faut donner à la fonte pour que cette huile, en se répandant sur la surface intérieure de la grille, se volatilise entièrement, sans qu'aucune portion sensible du combustible puisse arriver, autrement qu'en vapeur, sur la sole du foyer.

« De cette manière, la grille représente une série de lampes; les barreaux servent de mèche en volatilisant l'huile par leur rainure intérieure. L'air qui afflue dans le foyer par l'intervalle compris entre les barreaux détermine la formation d'une flamme très vive et très courte de 25 centimètres de longueur environ. Au delà de cette flamme, les produits de la combustion sont invisibles. Mais si l'on introduit dans cette partie obscure un gros fil de platine, le métal devient incandescent, ce qui prouve que, si la flamme y est invisible, c'est simplement parce qu'elle est dépourvue de carbone, comme dans la flamme extérieure du chalumeau auquel on peut aussi comparer mon appareil.

« Quand on veut augmenter considérablement la surface d'évaporation de l'huile sans augmenter les dimen-

sions extérieures de la grille, il suffit d'incliner suivant un angle convenable la paroi postérieure de cette grille. De cette manière, la coupe de la grille, faite suivant un plan vertical et parallèle à la direction de la flamme, représente un trapèze rectangle dont un des côtés est plus ou moins incliné sur les côtés qui se coupent à angles droits.

« Dans ce cas, le chemin parcouru par l'huile est plus long, la quantité évaporée dans un temps donné plus considérable, et, par conséquent, le tirage de la cheminée devra être augmenté dans une proportion telle que la quantité d'air qui afflue dans le foyer soit suffisante à la combustion complète de la matière.

« On comprendra, d'après cela, que l'appareil destiné au chauffage d'une locomotive ne consiste plus qu'en une grille qui sera convenablement placée pour que la surface de chauffe soit la plus grande possible. Pour cela, il suffit de placer cette grille à l'orifice du cendrier dans le foyer d'une locomotive ou même d'un appareil de chauffage quelconque.

« La sole du foyer pourra être, par conséquent, une surface de cuivre baignée d'eau intérieurement et faisant partie de la chaudière elle-même. Enfin, dans une locomotive construite pour marcher exclusivement à l'huile minérale, on conçoit très bien une disposition qui permettrait d'employer un foyer et des surfaces toutes cylindriques<sup>1</sup>, de faire disparaître toutes les parties planes de la boîte à feu et de supprimer les entretoises qui sont une des grandes difficultés de la construction dans les locomotives ordinaires.

« A sa partie supérieure, la grille porte une série de trous qui permettent l'introduction de l'huile qui afflue

1. Dans ce cas, la grille serait circulaire et à plusieurs étages tous construits comme la grille rectangulaire dont on vient de parler.

sur les parties pleines de cette grille ; à la partie inférieure, elle repose sur une base en fonte relevée à l'intérieur et à l'extérieur pour empêcher l'huile lancée par les trépidations de la machine de sortir du foyer ou de tomber sur la sole. »

La distribution de l'huile sur la grille s'effectue par un seul robinet gradué ou par un appareil plus simple, imaginé par M. Brisse, et qui consiste en une vis graduée placée à portée du mécanicien et qui permet de donner à volonté les quantités d'huile désirables.

« Le tirage de la cheminée déterminé soit par l'échappement en marche, soit par un souffleur aux stations, est le même que pour une machine ordinaire marchant à la houille.

« Avec des huiles minérales bien utilisées, on n'a jamais à craindre ni fumée ni escarbilles.

« Dans les grandes vitesses de la locomotive, le tirage de la cheminée, dû à l'échappement de la vapeur, est tel qu'on peut augmenter presque indéfiniment la consommation d'huile et, par suite, la production de vapeur sans craindre la fumée. Sous ce rapport, l'avantage d'un pareil système de chauffage ne peut être contesté.

« La conduite du feu réglée par un simple robinet, selon l'aspect des gaz qui sortent de la cheminée et qui doivent être légèrement teintés en jaune (ce qui indique que l'on n'a pas excès d'air), est une opération tellement facile qu'elle peut être confiée au mécanicien en sus de ses fonctions ordinaires.

« Enfin, en cas d'accidents ou de choc, si un appareil facile à imaginer ferme automatiquement le robinet d'introduction de l'huile, le foyer s'éteint subitement et ne peut plus causer ces affreux incendies dont les résultats ont été si souvent funestes. »

Au Caucase, on assure la combustion complète des huiles brutes ou des résidus en ne les amenant dans le

foyer qu'après les avoir pulvérisées et mêlées intimement avec l'air. Ce résultat est obtenu au moyen d'un pulvérisateur. Les figures 68 à 71 montrent un pulvérisateur système Forçunkas, employé en Russie. Le pé-

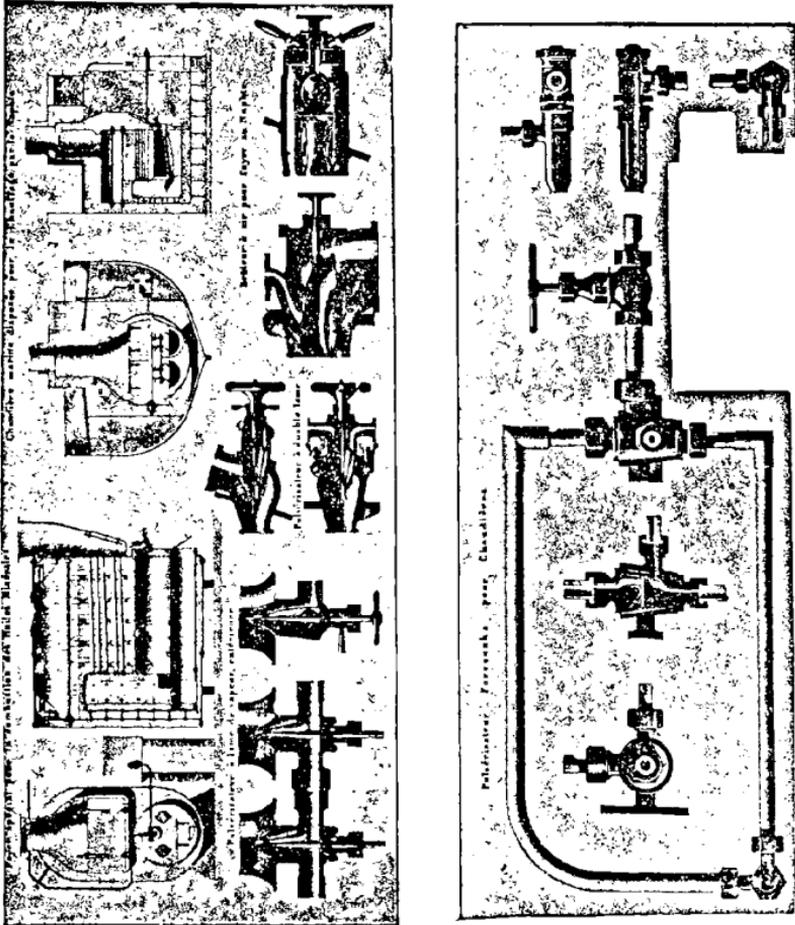


Fig. 68 et 69. — Appareils pour le chauffage par le naphte (Forçunkas).

trole liquide est entraîné avec de la vapeur saturée prise dans la chaudière de la locomotive. Le réservoir d'huile est placé dans le tender entre les deux côtés du réservoir d'eau, c'est-à-dire à l'endroit même où se trouvait

autrefois le charbon. La capacité de ce réservoir est d'environ 3,5 tonnes, ce qui suffit amplement pour effectuer un parcours de 450 kilomètres avec un train de 480 tonnes, machine et tender non compris.

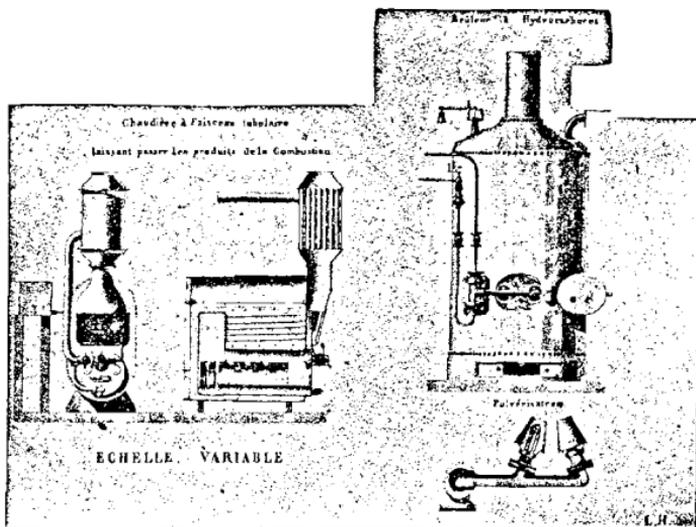


FIG. 70. — Appareils pour le chauffage par le naphite (Forçunkas).

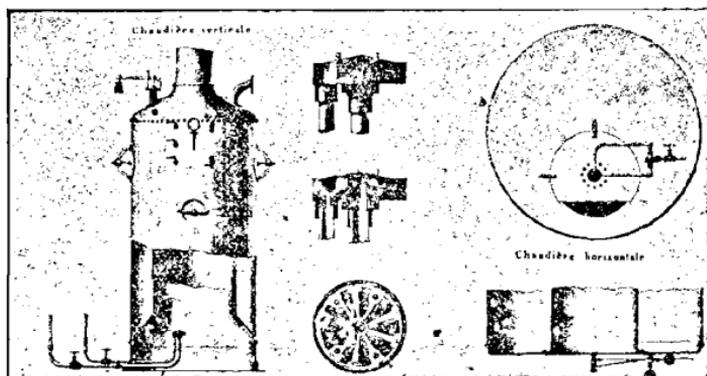


FIG. 71. — Appareils pour le chauffage par le naphite (Forçunkas).

L'emploi du pétrole a aussi été trouvé avantageux pour le chauffage des chaudières marines et, aujourd'hui, les

nombreux navires qui composent la flotte de la mer Caspienne sont munis d'un système à huile minérale.

Dans la chaudière imaginée par M. Bullard, directeur de la *Revated Fuel Company* de Springfield, l'entraînement du pétrole est obtenu au moyen d'air injecté sous

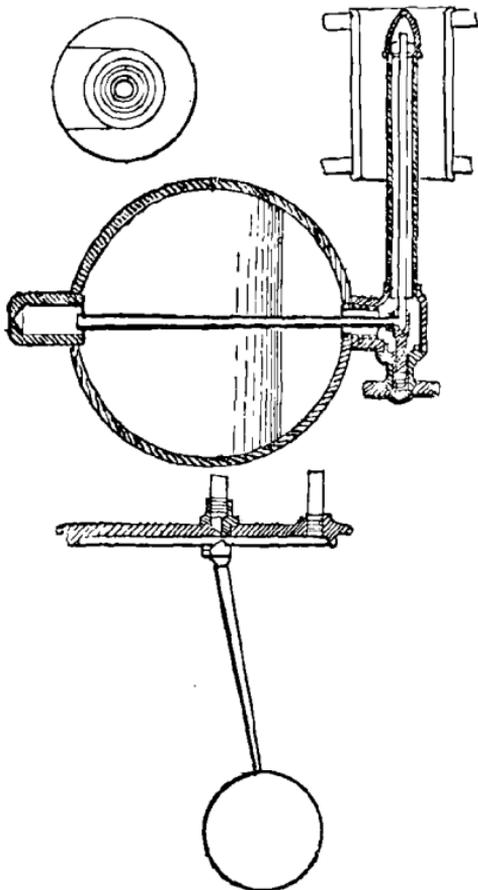


Fig. 73. — Réservoir système Bullard.

une pression de  $2^{\text{kg}},75$  à  $4^{\text{kg}},5^1$ . La figure 72 représente la coupe d'un de ces brûleurs. Le réservoir qui contient le pétrole et l'air a une longueur qui dépend du nombre

1. Henry Deutsch ; Le pétrole et ses applications. Paris, p. 263 et fig. 62 et 63.

de brûleurs qu'il devra alimenter. Il est muni à l'une de ses extrémités d'une soupape qui assure à l'huile un niveau constant et porte un tuyau vertical qui débouche de ce réservoir et par lequel l'air comprimé, venant

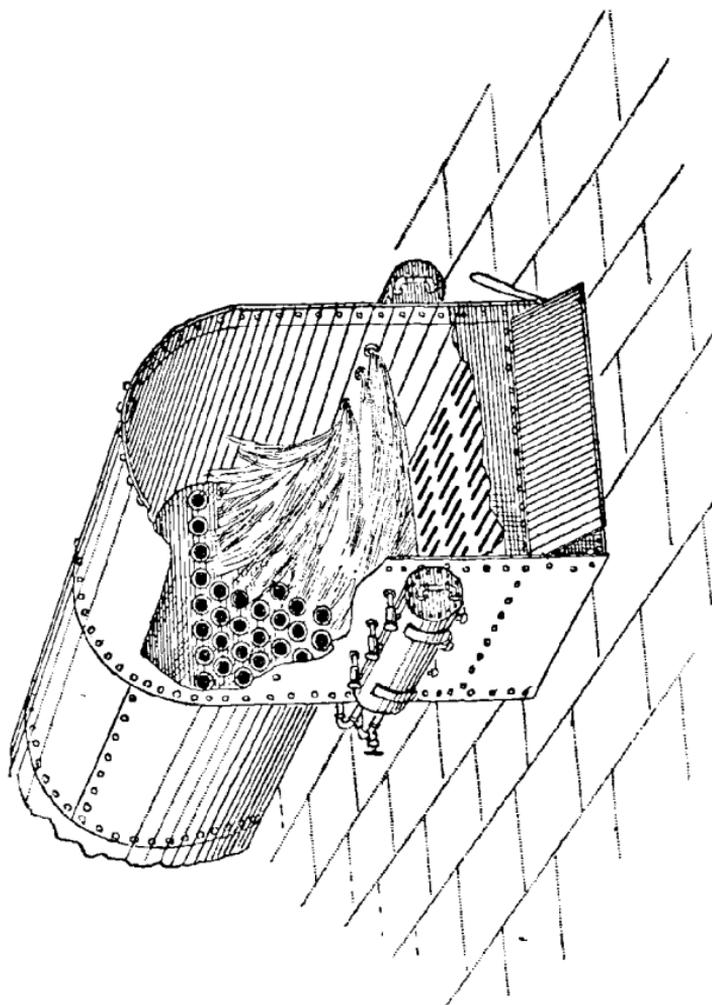


Fig. 73. — Chaudière système Bullard.

agir sur le pétrole, l'oblige à passer dans le tube horizontal. Au moment où il débouche de l'extrémité de ce tube, il rencontre le courant d'air qui circule dans

l'enveloppe extérieure de ce tube horizontal et il se trouve par ce fait entièrement pulvérisé et intimement mêlé à l'air. Une roue placée à l'autre extrémité du brûleur permet de déplacer l'ensemble des 2 tubes horizontaux, ou de les faire mouvoir séparément de manière à augmenter ou à diminuer, suivant les besoins, les proportions relatives de pétrole et d'air. La pression de l'air dans l'appareil est contrôlée et, grâce à l'emploi d'un mécanisme accessoire, elle ne peut dépasser la limite maxima qui lui a été assignée. S'il s'agit par exemple de chauffer une chaudière tubulaire, on adapte les brûleurs de chaque côté de celle-ci. La figure 73 fait voir une chaudière tubulaire munie de ce dispositif; elle montre en tout 6 brûleurs, 3 de chaque côté.

Le brûleur Holden a été récemment appliqué aux locomotives anglaises et l'usage a consacré sa valeur<sup>1</sup>.

Le pétrole (fig. 74 à 76) est renfermé dans deux réservoirs du tender, F et F', avec serpentins de vapeur pour le réchauffer et lui conserver toute sa fluidité dans les grands froids: de ces réservoirs, le pétrole passe aux deux pulvérisateurs du foyer, par  $D''DD'$  et deux robinets C et C', manœuvrés soit isolément par les vis B et B', soit simultanément par la manette A. Dans chaque pulvérisateur, le pétrole arrive en P (fig. 76) se faire entraîner en une lame annulaire entre le jet de vapeur  $\rho'$  et le jet d'air F': cet entraînement est complété par l'action d'une couronne de jets annulaires de vapeur VA, qui appelle en même temps, au travers des ouvertures du foyer, le complément d'air nécessaire à la combustion du pétrole. La particularité nouvelle de ces pulvérisateurs est que leur jet central d'air F est fourni par l'aspirateur du petit éjecteur de sûreté du frein à vide, qui fonctionne constamment, et dont la

1. Bulletin de la Société d'encouragement, mars 1895, p. 267.

dépense de vapeur — équivalente à 300 grammes environ de charbon par train-kilomètre — est ainsi utilisée. En outre, l'air ainsi appelé traverse, avant d'arriver au pulvérisateur (fig. 74), un petit serpentin réchauffeur placé dans la boîte à fumée, de sorte qu'il arrive à l'appareil à une température assez élevée pour favoriser notablement la vaporisation du pétrole.

On emploie comme combustibles des résidus de pétrole, du goudron du gaz, des créosotes, etc., et l'on conserve la grille ordinaire constamment recouverte d'une couche de 75 millimètres environ de charbon, ou d'un mélange de charbon, de chaux ou de briques réfractaires; les portes du cendrier sont ouvertes juste assez pour maintenir ce charbon à l'incandescence. On peut ainsi, en cas de manque de pétrole, ou pour toute autre raison, passer immédiatement au chauffage ordinaire par le charbon.

On compte qu'une tonne de pétrole vaporise, en raison de sa plus grande puissance calorifique et de sa meilleure combustion, pratiquement autant que deux tonnes de charbon. On peut évaluer, d'après les relevés faits pendant un mois, sur un parcours de 4,000 kilomètres, la dépense moyenne de combustible, pour une forte locomotive express, à 0<sup>kg</sup>,625 par train-kilomètre dont 0<sup>kg</sup>,330 de charbon pour la mise en feu, les stationnements, etc., et 0<sup>kg</sup>,295 de pétrole par kilomètre en marche, au lieu de 1 kilogramme de charbon en marche sans pétrole; de sorte que la dépense reste la même avec du pétrole coûtant 2 fois plus cher que le charbon.

Le chauffage au pétrole est actuellement en essai pour le métropolitain de Vienne.

En France, l'application du pétrole ne peut fatalement être faite que dans des cas très spéciaux, en raison des droits de douane élevés qui pèsent sur lui,

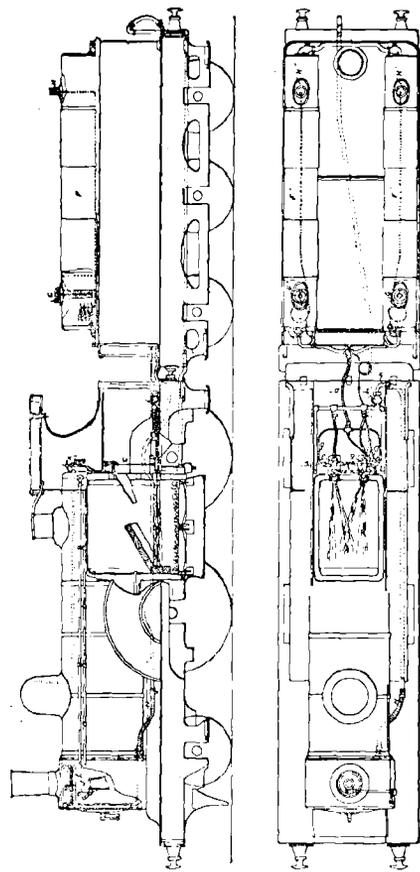


Fig. 74.

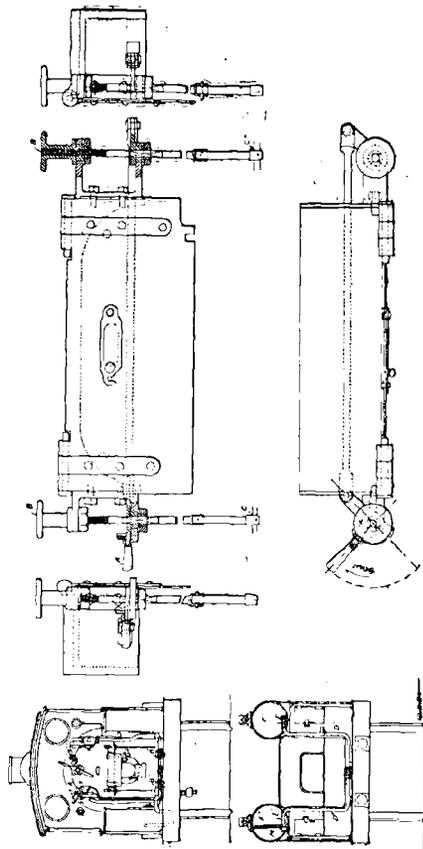


Fig. 75.

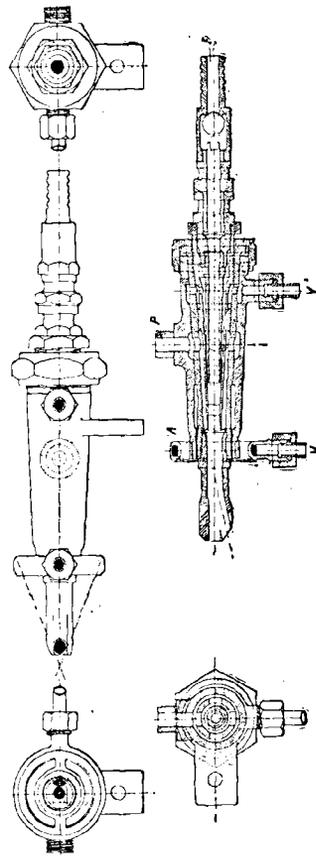


Fig. 76.

Installation du chauffage mixte *Hollett* : pétrole et charbon à volonté, sur une locomotive du Great Eastern Railway. Ensemble de l'installation, détail de la manœuvre des robinets et de l'éjecteur. (Bulletin de la Société d'encouragement.)

mais son introduction a été tentée par M. Jules d'Allest qui a proposé de l'appliquer aux navires de la marine militaire et en particulier aux torpilleurs. Dans cette dernière application, le pétrole présenterait de réels avantages dus à la suppression du vase clos, et à la légèreté du combustible et des chaudières qui doivent l'utiliser<sup>1</sup>. Cet ingénieur a proposé à cet effet 2 dispositions d'injecteurs, l'un correspondant à la marche avec tirage naturel, l'autre à la marche avec tirage forcé.

Parmi les expériences de début relatives à l'emploi du pétrole en métallurgie, il convient de signaler le procédé Eames pour la fusion du fer. Ce procédé est abandonné depuis qu'on s'est avantageusement servi du gaz naturel des puits de pétrole pour la fabrication du fer près de Pittsburgh, Pensylvanie. C'est ainsi que MM. Spang, Chalfant et C<sup>o</sup> dont l'usine est à Sharpsburg ont installé des conduites de 6 pouces (0<sup>m</sup>,15) pour y amener le gaz des puits situés près de Saxonburg, comté de Butler, à 17 milles (27 kilomètres) de distance. Ils l'emploient au pudlage, aux chauffes et à la production de la vapeur. MM. Rogers et Burchfield ont aussi établi leur usine près des puits à pétrole de Kiskiminitas, un tributaire de l'Alleghany. Ils emploient un fourneau à reverbère ordinaire dont ils ont muré l'autel avec des briques et ils y introduisent le gaz avec une soufflerie. On a constaté que la qualité des produits fabriqués est merveilleuse; avec des fontes grises ordinaires au coke, on obtient des tôles à fer-blanc de qualité égale à celle que donnent les meilleurs fers au bois et cela avec une économie de 50 dollars (250 fr.) par tonne.

Le procédé Eames a été appliqué à Titusville, Pen-

1. Génie civil, T. VIII, n° 1; p.7; n° 2, p. 19; n° 3, p. 36; t. XI, n° 21, p. 344; n° 22, p. 362; n° 24, p. 397.

sylvanie, et à Jersey City en face de New-York. On n'a pu savoir exactement pourquoi il n'avait pas réussi industriellement parlant. Des autorités compétentes, ayant des intérêts dans la forge de Titusville, ont affirmé l'excellente qualité des fers obtenus avec des déchets et rebuts absolument inférieurs. Les professeurs H. Wurtz, de New-York, et R. H. Thurston de l'Institut technologique de Stevens, Hoboken, New Jersey ont fait une étude très complète et très approfondie du procédé.

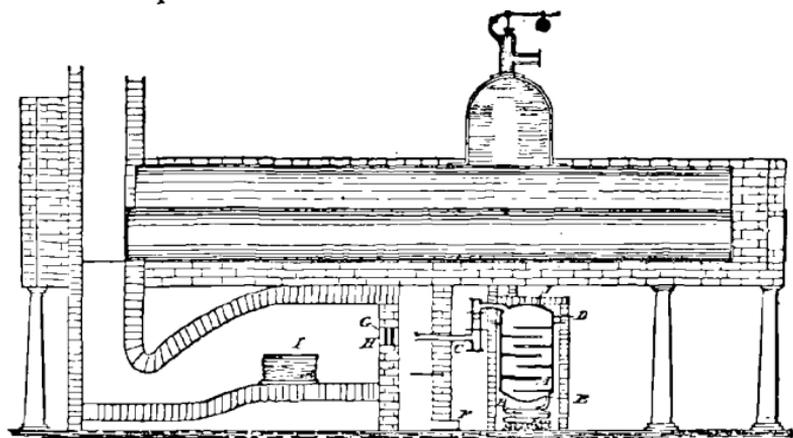


FIG. 77. — Appareil Eames.

La figure 77 donne une coupe de l'appareil Eames. C'est un four à réchauffer ordinaire avec un *générateur* et une chaudière à vapeur.

L'organe essentiel de l'appareil, le *générateur*, se voit en A. C'est un coffre en fonte, des parois duquel se projettent alternativement des tablettes. L'huile venant d'un réservoir entre en D; elle tombe goutte à goutte sur les dites tablettes d'où elle est enlevée par un jet de vapeur chauffée au blanc éblouissant (*superheated to incandescence*).

Ce jet de vapeur est amené dans le *générateur* en E,

par le serpentín B. Ce four qui peut mettre en œuvre une charge de 3,000 livres (1,360 kilogrammes) et fournit en plus la vapeur aux laminoirs, consomme, au maximum, 30 gallons (113 litres) soit 200 livres (91 kilogrammes) d'huile par heure. L'huile en tombant goutte à goutte rencontre le jet de vapeur qui arrive en sens inverse, immédiatement transformée en vapeur sous une pression d'environ dix livres, elle est entraînée dans le four C. L'air entre en F, pénètre dans le mélange de vapeur d'huile et d'eau, passe à travers l'ancien autel H, et brûle dans le four en se développant en un long et dense courant de flamme qui s'échappe du four en I et qui, après avoir passé sous la chaudière retourne à la cheminée par les carneaux. L'autel de l'ancien four est complètement bouché par des briques, sauf en H où il a été réservé un espace ayant toute la largeur du four qui n'est fermé que par des briques réfractaires placées sur champ, et il a été constaté que si l'épaisseur horizontale de cette chambre dépasse 18 pouces (0<sup>m</sup>,457), les briques réfractaires *fondent*.

L'essence lourde (Heavy naphta) qui reste en quantités considérables après la séparation des essences ordinaires, et qui est trop légère pour entrer dans un pétrole lampant de bonne qualité, joue un rôle considérable aux États-Unis dans la grande industrie.

Dans les usines de Pullmann on fabrique diverses pièces de fer et d'acier, comme les essieux, dans des fours chauffés par de la vapeur de naphte à 0,725 entraînée par de l'air et de la vapeur d'eau.

A la raffinerie de Bayonne et à l'usine Devoë les foyers de production de vapeur de distillation de pétrole sont alimentés par un pareil mélange, à l'exclusion du charbon. La vapeur de naphte arrive par de nombreuses ouvertures dans le fond des foyers qui contiennent des briques, lesquelles sont portées au rouge.

L'un de nous a vu fonctionner<sup>1</sup> trois installations à l'huile brute et à l'huile lourde (residuum) de Lima ; le procédé est le même dans les deux cas. L'une est l'immense raffinerie de Chicago, une seconde est l'usine à fonte, fer et acier à South Chicago « Rolling mills » dont le directeur est M. Sterling, président de « l'Illinois Steel Company ».

La troisième est l'usine qui donne la force motrice à la compagnie principale des tramways funiculaires de Chicago.

À la raffinerie de Chicago les chaudières à vapeur, les stills étaient chauffés à l'huile lourde lors de notre visite<sup>2</sup>. Le système est le même qu'avec l'huile brute, si ce n'est qu'on chauffe l'huile lourde pendant les grands froids en entourant les réservoirs par une enveloppe close dans laquelle circule de la vapeur, ou en y faisant passer de la vapeur d'eau à travers des serpentins.

Aux forges de South Chicago « Rolling mills » on faisait usage d'huile lourde qui arrive par pipe-line de la raffinerie de Whiting ; elle est chauffée par de la vapeur circulant dans des serpentins intérieurs.

À l'usine des tramways, on consommait de l'huile brute, et le Directeur nous a déclaré qu'il était résulté une forte économie de la substitution du pétrole au charbon.

L'huile brute est à 0,835 de densité et l'huile lourde à 0,890. Elles s'équivalent sensiblement comme valeur, pour l'emploi ; d'ailleurs la « Standard Company » ayant à peu près le monopole pour l'huile de Lima règle le marché.

Il y a quelques années l'huile de Lima valait 10 et 15 cents le baril sur le lieu de production parce ce qu'on

1. Rapport Riche et Roume, loc. cit.

2. *Ibid.*

ne savait pas en retirer l'essence et le kérosène pour éclairage; le magasinage et le transport portaient sa valeur à 35 et 40 cents à Chicago. Aujourd'hui que le pétrole de Lima fournit des produits lampants, son prix s'est élevé à 60 cents rendu à Chicago.

Le résiduüm était inférieur comme prix à celui de l'huile brute, aujourd'hui leur valeur est égale, 60 cents environ le baril. A prix égal, le résiduüm est préféré, on admet que la chaleur produite est environ proportionnelle à la densité.

D'après le Directeur de la raffinerie de Chicago, l'huile de pétrole à 60 cents permet de réaliser une économie de 15 pour 100 sur le charbon de l'Indiana et de l'Illinois.

D'après le Directeur des forges de l'Illinois, il n'y aurait pas un avantage très sensible à employer l'huile brute ou le résiduüm de pétrole au lieu de charbon, mais on y gagne au point de vue du travail par l'absence de fumée et la suppression du transport de charbon qui encombre et salit les ateliers. Sur demande plus précise, il reconnaît une économie sérieuse dans la main-d'œuvre et même il déclare que le chauffage des chaudières, qui exige 44 hommes avec le charbon, s'effectue par 8 hommes avec le pétrole. Enfin il ajoute qu'on peut considérer que 3 barils d'huile sont l'équivalent de 1 tonne de bon charbon.

S'il en est ainsi, il y aurait, aux divers points de vue, un grand avantage à substituer le pétrole de Lima à la houille aux États-Unis.

Ces forges sont très importantes: il y a 8 fourneaux à 8 tuyères, de 280 tonnes par 24 heures; 3 appareils Bessemer de 12 tonnes. On y fabrique 2,000 tonnes de rails par 24 heures; le minerai est l'hématite rouge du Lac supérieur et de la limonite.

On consomme 2,000 barils de pétrole par jour. Le

baril d'huile brute pèse 288 liv. 54 en moyenne, celui du résiduüm 312 liv. 06 en moyenne.

Le pétrole sert à la production de la vapeur, aux fontes, au réchauffage des blocs de fer et d'acier (*blooms*).

L'air et l'huile naturelle ou lourde sont introduits dans les foyers à température élevée, forges, verreries, etc., par un bec Bunsen de très grande puissance, dont la flamme est projetée dans la cavité de ces foyers. Une méthode préférable consiste à faire arriver la flamme du bec Bunsen par le fond d'une grille mobile recouverte de fragments de briques réfractaires qui, sous l'action du feu, sont portées au rouge vif et donnent autant de chaleur que l'anthracite en combustion.

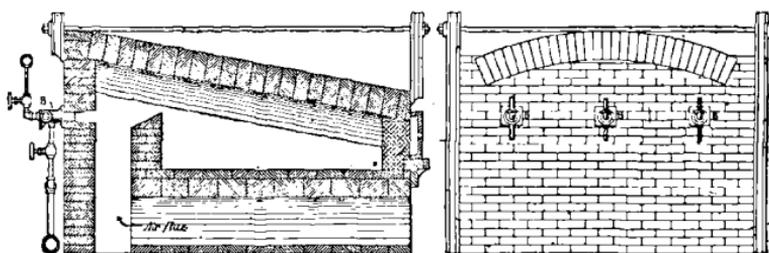


FIG. 78. — Four chauffé au pétrole.

Dans ces derniers temps une société, *Empire hydrocarbon Company*, a proposé au système précédent une variante dont on établit de bons pronostics. L'emploi d'un bec unique laisse souvent à désirer parce que le four n'est pas chauffé uniformément ; s'agit-il, par exemple, de chauffer des pièces à laminier, il arrive que les diverses parties passent au laminoir à des températures variables ce qui produit des défauts dans le travail.

Le bec unique de très fort débit est remplacé par trois brûleurs analogues, de petit calibre (*babys*).

Ils sont fixés à chaque four de la façon indiquée (fig. 78).

Chacun fonctionne indépendamment et au moment où on le désire.

Le chauffeur de nuit prépare le four avec le brûleur central grand ouvert, lequel, étant d'une puissance modérée, est plus économique qu'un grand brûleur baissé avec une flamme lente.

Les chauffeurs chargent le four et ouvrent les deux autres brûleurs qu'ils règlent suivant la température du four en chauffant également au fond, au centre et aux portes, et abaissant toutes les portions qui s'échauffent trop par l'extinction du brûleur qui porte trop sur ce point.

Lorsque la charge est chauffée et qu'on désire soit tremper, soit découvrir le chargement parce qu'on n'est pas prêt à laminier, le petit brûleur seul maintient le tout à la température voulue avec la consommation de combustible la plus petite possible.

Ces nouveaux petits brûleurs sont construits de telle façon que chaque particule d'huile est vaporisée avec la plus petite quantité possible de vapeur, diminuant ainsi les pertes de température du four.

Le dispositif ordinaire de chauffage des bouilleurs pour la production de la vapeur dans les usines et des stills de distillation dans les raffineries de pétrole consiste en une aspiration de l'huile brute ou du résiduum au moyen de vapeur d'eau qui est lancée dans le dessus de la porte du foyer, de telle sorte qu'on puisse enlever ce petit appareil au besoin et chauffer le foyer au charbon; l'air pénètre à la partie inférieure du foyer, comme le montre la figure 79.

L'un de nous a vu ce système appliqué aux forges de l'Illinois et à la raffinerie de Whiting.

Il est rationnel de penser que le mélange de l'air

avec les vapeurs d'huile et d'eau n'est pas très régulièrement opéré. Une société « *International gas and Fuel Company* » a modifié le dispositif précédent dans le sens que nous venons d'indiquer (système Wright).

L'huile tombe en quantité réglée dans une petite cavité antérieure au foyer, et sa vapeur y rencontre un jet d'air et un jet de vapeur dont l'aspiration est elle-même réglée. Le mélange ternaire pénètre dans le foyer à l'état d'union très intime.

Nous avons été mis en rapport avec M. T.-H. Williams, secrétaire de cette Compagnie, par M. Griffin, consul des États-Unis, à Limoges, et nous avons vu

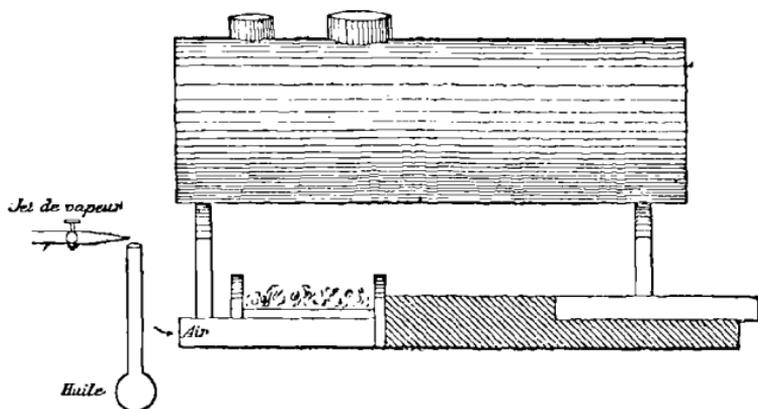


FIG. 79. — Dispositif de chauffage des bouilleurs.

fonctionner ce système industriellement à l'usine des tramways de Chicago. D'après le Directeur, avec cette modification, 70 barils d'huile, au lieu de 90, équivalent à 28 tonnes de charbon. D'autre part, le Directeur de la raffinerie de Whiting nous a répété que d'après des essais tout récents, surveillés avec soin, 1 livre d'huile brute produit l'effet utile de 2 livres de bon charbon.

Il existe un grand nombre d'autres pulvérisateurs-

vaporisateurs, *Singers, Gray, Butler, Humes, Priestman, etc.*

Lorsque les grands débits d'huile de Lima ont commencé, on a construit un pipe-line allant des gisements d'huile de l'Ohio à Chicago et on se mit à employer cette huile en grande quantité dans les fabriques et usines métallurgiques de cette ville.

On en a expédié aussi dans l'est par wagons-citernes et elle a été employée simultanément dans la Pensylvanie orientale et dans la Nouvelle-Angleterre.

On peut citer les fabriques de cuivre de Waterbury où l'on s'en sert sur une grande échelle pour chauffer les fours à moufle.

On l'emploie pour l'alimentation des foyers dans les moulins de Pottstown, les forges de la « Pennsylvania Steel Company » à Steestown, et dans plusieurs industries à Philadelphie.

Il donne de bons résultats pour les fours à chaux, à briques, etc., pour cuire la porcelaine, etc.

A Pittsburg on dispose encore de quantités assez fortes de gaz naturel pour alimenter les verreries, les usines à fer et l'industrie métallurgique en général ; au fur et à mesure qu'il diminue, le chauffage au pétrole prend sa place.

En résumé, dans la Pensylvanie, l'Ohio, l'Illinois, l'Indiana, le pétrole brut de Lima fait une concurrence souvent victorieuse au charbon de terre bien que l'antracite de Pensylvanie se vende 3 dollars un quart la tonne, le charbon gras de l'Illinois de 1,65 à 1,85 la tonne, et celui de l'Indiana de 1,51 à 2,35 la tonne.

### *Chauffage domestique et applications diverses*

#### Calorifères

Durant ces dernières années, on a fabriqué un grand nombre de poêles qu'on chauffe avec les dérivés

du pétrole : ces poêles peuvent se classer en poêles à naphte et en poêles à kérosène. Nous ne dirons rien des poêles à naphte, sinon que la loi devrait en défendre actuellement la fabrication, la vente et l'emploi.

Les poêles à kérosène sont très perfectionnés et très utiles ; ils marchent mieux avec des huiles ne brûlant qu'à une température élevée (*high test*), ils ne présentent donc pas de danger. Leur innocuité dépend de la manière de s'en servir. On dit qu'un de ces poêles avec deux becs produit autant d'acide carbonique que deux personnes et demie. Si ce point est vrai, on ne saurait trop recommander une ventilation des plus complètes.

Les calorifères au pétrole sont dépourvus d'odeur et peuvent lutter avantageusement avec tous les systèmes de poêles mobiles.

Les brûleurs à pétrole sont disposés à l'intérieur d'une enveloppe en tôle, comme cela a lieu pour les fourneaux au gaz de la houille.

En ménageant convenablement les circulations d'air, on arrive à priver ces appareils de toute odeur.

#### Fourneaux de laboratoire

M. Wiesnegg a construit, pour le travail de la petite orfèvrerie et de la petite bijouterie, un four à moufle portatif (fig. 80), chauffé au pétrole, dans lequel on peut remplacer le moufle par des creusets C ou par un tube transversal D, en terre ou en porcelaine, ce qui permet de l'utiliser pour la majorité des opérations chimiques par voie sèche.

Le pétrole est contenu dans un réservoir R, placé à un niveau supérieur à celui du fourneau ; il s'écoule naturellement et arrive aux robinets *r* et *r'* qui l'envoient aux tubes de la grille F.

Cette grille a la même disposition que celle de De-

ville, dont la figure 79 montre le détail : le pétrole passe dans une rainure large et peu profonde *l*, ménagée

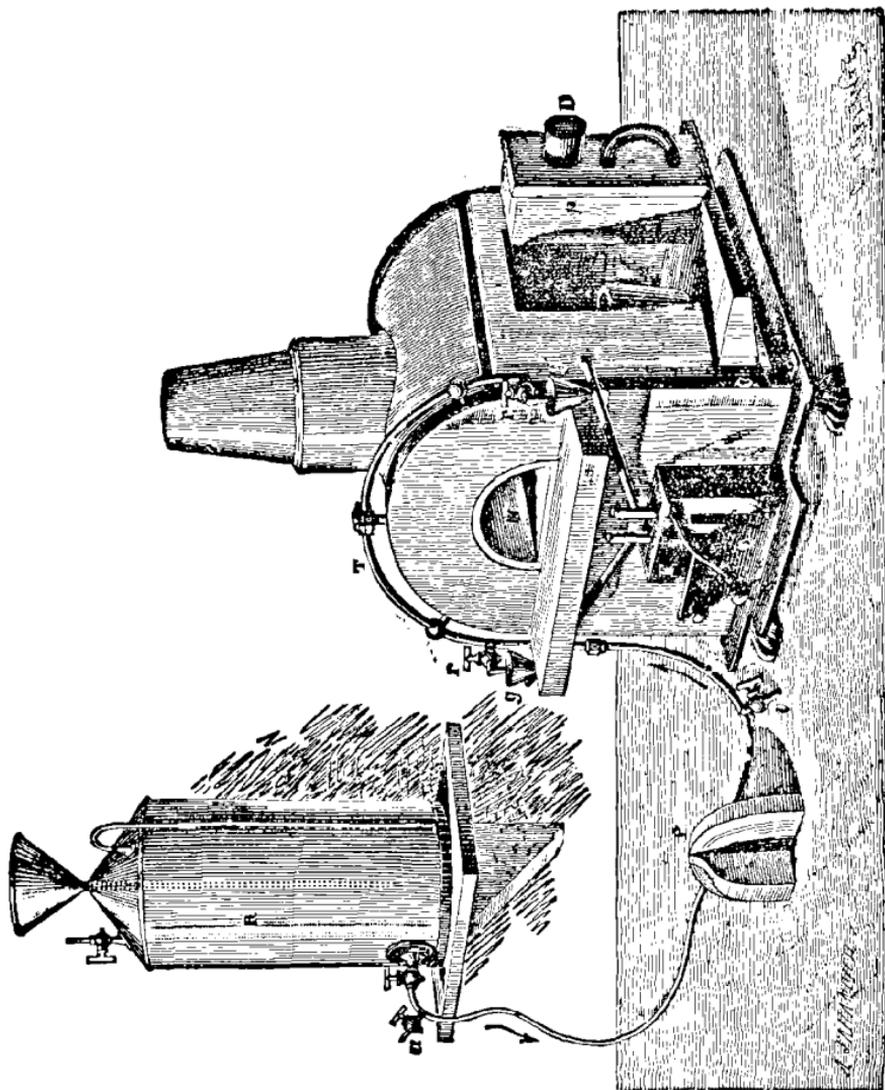


Fig. 80. — Fourneau à huile minérale pour laboratoire et travaux de bijouterie.

dans les barreaux de la grille, qui, par conséquent, servent de mèche, car, s'échauffant par la combustion

de l'huile minérale, ils déterminent la volatilisation du pétrole qui coule dans leurs rainures.

L'air destiné à la combustion arrive par les intervalles A, B.

Les tubulures D servent à l'introduction du pétrole.

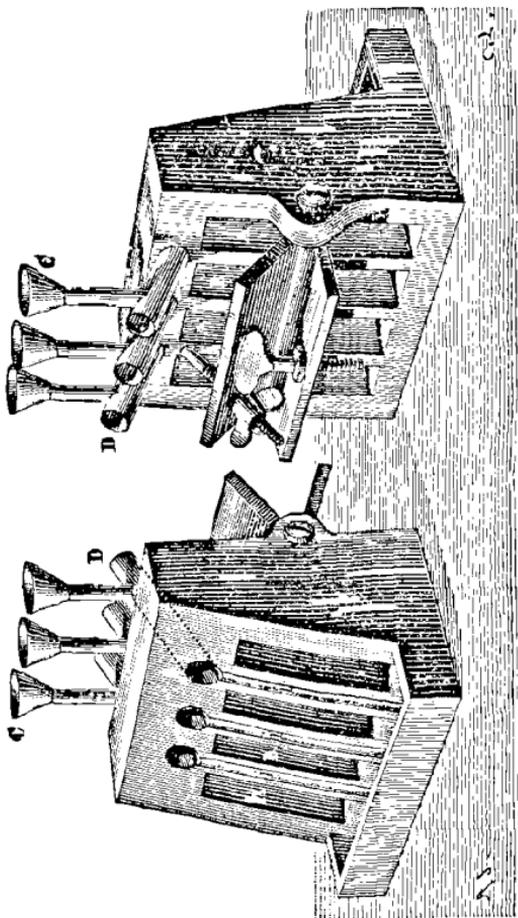


FIG. 81. — Grille pour la combustion des huiles minérales.

Pour mettre en marche, il suffit de chauffer les barreaux en brûlant à leur base quelques mèches d'étope de façon qu'en s'écoulant l'huile admise puisse se volatiliser. On supprime presque complètement le tirage pendant 15 à 20 minutes. Au bout de

ce temps, la flamme a suffisamment échauffé les grilles pour qu'on puisse augmenter graduellement et simultanément les arrivées d'air et de pétrole.

**Chalumeau des frères Agnellet**<sup>1</sup>. — L'appareil, consiste en deux tubes concentriques. L'extrémité du tube intérieur porte une très petite ouverture par laquelle s'échappera l'huile lourde; l'extrémité du tube extérieur est très rapprochée de celle du tube intérieur, de façon à ne laisser entre ces deux parties qu'une couronne circulaire très étroite. C'est dans cette couronne annulaire que l'on fait arriver de l'air dont la pression doit être de 0<sup>m</sup>,020 d'eau supérieure à celle de l'atmosphère; ce que l'on obtient au moyen d'une machine soufflante. Cet air, en sortant obliquement de l'espace annulaire compris entre les tubes extérieur et intérieur, détermine l'aspiration et la pulvérisation de l'huile lourde contenue dans un récipient avec lequel communique le tube intérieur du chalumeau. En enflammant le jet, on détermine la production d'une flamme de 0<sup>m</sup>,30 de longueur.

**Eolipyle Debray**<sup>2</sup>. — Il se compose de deux parties : 1<sup>o</sup> d'une petite chaudière dans laquelle on transforme le pétrole en vapeurs en le chauffant suffisamment; 2<sup>o</sup> d'un bec Bunsen dans lequel s'effectue la combustion des vapeurs ainsi produites. M. Wiesnegg a perfectionné cet appareil en y adaptant un tube de sûreté. Dans le cas où l'orifice du dégagement viendrait à se boucher, ce tube de sûreté assurerait à la fois le départ et le refroidissement du pétrole contenu dans la chaudière. On recommande pour cet appareil l'emploi d'essence à 0,700.

**Lampe forge de M. Deville.** — Dans cet appareil,

1. Henry Deutsch, Le pétrole et ses applications. Paris,

2. *Ibid.*

l'air comprimé par un fort soufflet arrive dans le pied creux de la lampe où il prend deux directions différentes. Une portion de cet air est projetée annulairement sur la vapeur d'essence, tandis que l'autre est envoyée au centre du mélange. Il en résulte la formation d'air carburé qui s'élançe verticalement et que l'on enflamme. La température dépend évidemment de la pression de l'air et de son degré de carburation.

**Lampe du D<sup>r</sup> Urech.** — En 1880, M. le D<sup>r</sup> Urech a présenté à la Société Helvétique une lampe<sup>1</sup> alimentée par l'éther de pétrole et qui, par l'addition d'une petite soufflerie, produit une chaleur suffisante pour fondre et étirer des tubes de verre difficilement fusibles, comme ceux que l'on emploie pour l'analyse organique.

Le récipient métallique renfermant l'éther de pétrole est relié à un système de brûleur analogue à un bec Bunsen; ce brûleur est muni d'un double tube afin d'obtenir la volatilisation du pétrole. Un robinet à trois voies permet de fermer à volonté le tube principal sans éteindre la flamme de la seconde branche, de manière que la première flamme puisse être allumée de nouveau sans qu'il soit nécessaire de chauffer préalablement le tube pour volatiliser l'éther.

**Lampe des soudeurs.** — L'un de ces appareils, connu sous le nom de *l'inexplosible*, est mis en vente par la maison Longuemare. Il se compose (fig. 82) d'un récipient à essence renfermant un corps spongieux et surmonté d'une cuvette extérieure A et d'un régulateur R qui s'engage dans le presse étoupe P.

Le boulon B ferme l'ouverture par laquelle se fait l'introduction de l'essence dans le récipient.

1. Cette lampe a été construite par M. C. Lillieufein à Stuttgart.

Un chalumeau C est placé à l'intérieur du tube T à l'extrémité libre duquel se produit la flamme.

Pour mettre cet appareil en marche, on remplit entièrement la lampe d'essence minérale, on ferme le régulateur R en le vissant à fond et l'on s'assure que le trou du chalumeau n'est pas obstrué, puis on verse dans la cuvette extérieure A une petite quantité d'alcool à brûler et l'on y met le feu.

Sous l'influence de la chaleur dégagée par la combustion de l'alcool, la partie supérieure de l'essence contenue dans le récipient s'échauffe de façon que ce liquide qui, au début est froid et sans pression, se

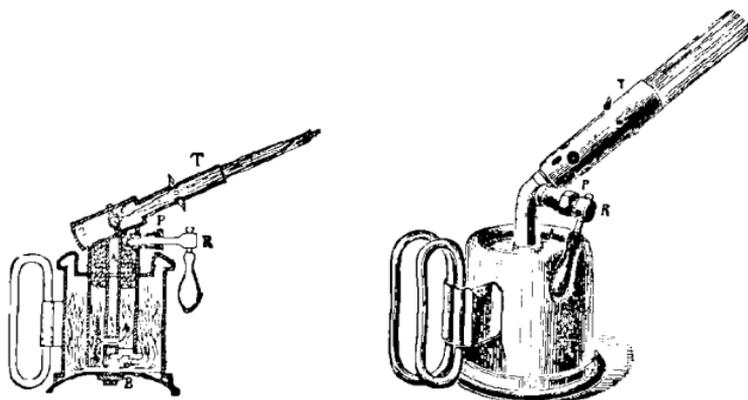


FIG. 82. — Lampe à souder « L'Inexplosible » (Longuemare).

transforme progressivement en vapeur sèche et qu'il s'établit une pression qui, en aucun cas, ne dépasse  $3/5$  d'atmosphère. Un peu avant que la totalité de l'alcool soit consommée, on ouvre progressivement la vis du régulateur R et, si le gaz ne s'est pas enflammé au bout du tube T, on en approche une allumette. Il ne reste plus qu'à ouvrir complètement le régulateur R.

Grâce à cette disposition, l'appareil peut être placé dans toutes les positions sans aucun danger. On prétend qu'il permet d'obtenir une température de  $1200^{\circ}$ .

Il y a encore un grand nombre de ces appareils parmi lesquels il convient de citer spécialement l'éolipyle du D<sup>r</sup> Paquelin et la lampe à souder Etna.

### Fourneaux domestiques

L'usage du pétrole et de ses dérivés prend chaque jour une plus large place dans les emplois domestiques.

Leur vulgarisation est toute récente, puisqu'elle ne date guère que de 1876. Aujourd'hui, on en fabrique annuellement plus de 70,000.

Les fourneaux à essence, brûlant sans mèches, possèdent un réservoir d'essence en charge au-dessus du point de combustion et en relation avec le fourneau proprement dit, par un tube métallique. On peut adresser à ce système deux reproches :

1<sup>o</sup> Il ne paraît pas présenter toutes les conditions de sécurité voulues ;

2<sup>o</sup> La dépense en essence pour produire un même effet calorifique est plus considérable qu'avec le pétrole.

Les fourneaux à pétrole ordinaire ou lampant peuvent se diviser en deux classes :

Dans les uns, on utilise la chaleur fournie par la combustion du pétrole à l'extrémité d'un certain nombre de mèches constituant chacune une lampe spéciale et puisant leur combustible dans un réservoir unique.

La mèche peut d'ailleurs être plate comme dans les systèmes Besnard, Boisson, Roberts, Rochester, etc., ou ronde comme dans les appareils Ristelhueber, Legrand, Boisson, etc., fourneaux connus sous les noms de *fourneau universel*, *vitesse*, *accélééré*, *rapide*, etc.

Le tout est entouré d'une chemise cylindrique.

Dans les autres, on transforme préalablement l'huile lampante en vapeurs qui, convenablement mélangées à l'air, produisent une flamme bleue très chaude. Tel est en particulier le dispositif adopté dans le fourneau « Primus ».

Grâce à la facilité avec laquelle on peut allumer et faire fonctionner ces fourneaux ils rendent aujourd'hui de grands services à toute une classe d'artisans et de ménagères, notamment dans les communes qui ne sont pas encore desservies par le gaz.

## X

### Des moteurs au pétrole

#### *Les moteurs en général*

Les machines employées pour produire le travail mécanique dans les diverses usines appartiennent en grande partie à une catégorie d'appareils désignés sous le nom de *Moteurs thermiques*. Tous les moteurs thermiques effectuent la transformation du travail calorifique en travail mécanique, au moyen de dispositions variées qui ont pour but de profiter de l'augmentation de volume qu'éprouvent les corps lorsqu'on les chauffe.

La dilatation des corps solides et liquides n'est pas assez accentuée pour être avantageusement utilisée par les moteurs, aussi, la pratique n'a-t-elle indiqué que l'emploi des gaz ou des vapeurs. Suivant que l'on s'adresse aux vapeurs ou aux gaz, l'appareil est différent, car, dans le premier cas, il est nécessaire de porter à l'ébullition les liquides susceptibles de fournir les vapeurs que l'on se propose d'utiliser, tandis que

dans le second cas cette opération est évidemment supprimée.

Les machines appartenant au premier type sont nommées *machines à vapeur* ; celles qui appartiennent au second type sont ou des *moteurs à air chaud* ou des *moteurs à gaz*.

Dans les machines à vapeur, les liquides employables sont : l'eau, le pétrole, l'éther, le chloroforme, etc., mais l'eau est surtout utilisée en raison de la facilité de son maniement, de son abondance et de sa valeur peu importante. Le chauffage destiné à produire l'ébullition de ces liquides s'effectue à la houille, à l'anthracite, à la tourbe, au pétrole, au bois, etc. Le mode d'action de la vapeur est simple.

Supposons qu'un corps de pompe C (fig. 83) soit mis en communication par le tube inférieur avec la partie de l'appareil dans laquelle on produit l'ébullition du liquide (la vapeur d'eau, par exemple), si le robinet R est ouvert et si

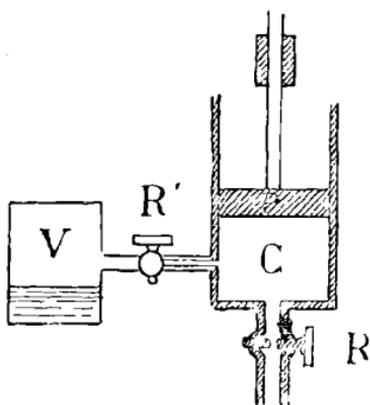


FIG. 83. — Corps de pompe théorique.

R' est fermé, la vapeur, s'introduisant dans le cylindre C, exercera une pression sur le piston P et le soulèvera malgré la pression atmosphérique qui tend à gêner son ascension. Si maintenant, on ferme R et que l'on ouvre R' qui met le corps de pompe en communication avec un réservoir V renfermant de l'eau froide, la vapeur produite par l'ébullition du liquide ne pourra plus pénétrer en C puisque R est fermé ; celle qui est contenue dans le corps de pompe C se précipitera dans le réservoir V nommé « condenseur ». Il se produira ainsi un vide

sous le piston P et, comme la pression atmosphérique continuera à agir sur sa partie supérieure, il s'abaissera dans le corps de pompe. Nous aurons donc produit l'ascension et la descente de ce piston. On conçoit que si mécaniquement on arrive à produire d'une façon régulière et continue ces deux mouvements, on pourra les employer comme source de travail mécanique. C'est ce que l'on réalise dans les machines à vapeur ordinaires par l'emploi d'un dispositif que fait comprendre la figure 84 et qui permet à la vapeur de venir agir successivement sur chacune des faces supérieures et inférieures du piston P. La boîte à vapeur F, G, placée sur le côté gauche du corps de pompe C, reçoit la vapeur d'eau produite dans une autre partie de l'appareil, nommée chaudière. Les conduits *a* et *b* permettent à cette vapeur d'arriver soit à la partie supérieure, soit à la partie inférieure du cylindre C; elle peut aussi communiquer avec l'atmosphère ou avec le condenseur par le tuyau T. Une tige E, actionnée par la machine elle-même, fait mouvoir verticalement une pièce *m, n*, nommée *tiroir*. Quand ce tiroir s'abaisse, c'est-à-dire quand il est dans la position de la figure 84, l'ouverture *a* communique avec la boîte à vapeur; la vapeur arrive donc à la partie supérieure du cylindre et oblige le piston P à s'abaisser; en même temps, la partie inférieure du corps de pompe C se trouve en communication par le tuyau *b* avec l'intérieur du tiroir; la vapeur située au-dessous du piston se rend par ce tiroir et le tuyau T dans le condenseur. Lorsque, au contraire, le tiroir *m, n*, s'élève, il se trouve alors dans la position *m' n'* qui laisse *b* en communication avec la boîte à vapeur et *a* isolé; la vapeur arrive donc à la partie inférieure du cylindre et tend à faire remonter le piston qui, à ce moment, occupe la position P'. L'orifice *a* actuellement en communication avec l'inté-

rieur du tiroir permet à la vapeur située au-dessus du piston de se rendre par le tuyau T, dans le condenseur.

On voit donc que le cylindre est la partie essentielle des moteurs ; les autres organes n'ont en effet d'autre but que d'assurer la marche du piston, ou de transmettre son mouvement.

Les machines à vapeur ont le grave inconvénient de n'utiliser qu'une partie de la chaleur qu'on met en œuvre et ceci pour deux raisons : 1° parce qu'il n'est pas pratiquement possible d'éviter une perte de 33 pour 100 sur la chaleur fournie par le combustible pour amener le liquide à l'état de vapeur ; 2° parce que le passage de l'état liquide à l'état gazeux absorbe un

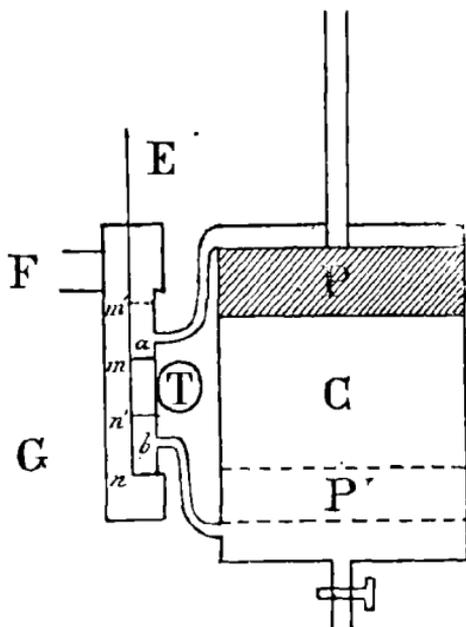


FIG. 84. — Schéma. Tiroir de la machine à vapeur.

certain nombre de calories (variable avec la nature du liquide mis en œuvre), dont la presque totalité arrive au condenseur.

Comme on vient de le voir, les pertes résultent surtout de la transformation du liquide en vapeur ; il est donc naturel de supposer qu'on obtiendra une meilleure utilisation si, au lieu de s'adresser à un liquide,

on agit directement sur un corps affectant l'état gazeux. C'est ce que l'on effectue dans les moteurs dits *à air chaud*. Le gaz, pris à une pression variable avec la nature de la machine, est chauffé ; la dilatation de ce gaz produit un travail qu'utilisent les organes de la machine. Enfin, dans une catégorie spéciale de moteurs dits *à gaz tonnants*, l'échauffement du mélange gazeux ne s'effectue que dans le cylindre moteur. C'est à cette dernière classe qu'appartiennent les moteurs à pétrole, c'est donc de cette dernière classe que nous allons nous occuper uniquement.

Les moteurs à pétrole se sont surtout répandus en Angleterre et en Allemagne. En France on les a quelque peu négligés jusqu'à ces dernières années parce que les droits de douane qui frappaient le pétrole en augmentaient notablement la valeur. Grâce au nouveau régime douanier, le prix du pétrole a diminué suffisamment pour qu'on puisse espérer l'employer industriellement avec avantage.

Les moteurs à pétrole étant dépourvus de chaudière peuvent jusqu'à un certain point fonctionner sans mécanicien. Ils n'exigent pas un charroi coûteux d'un combustible encombrant et ont en outre l'avantage de n'occuper qu'un emplacement très restreint. Ils paraissent donc appelés à remplacer les moteurs à gaz dans les différents endroits où le gaz d'éclairage fait défaut. De ce chef, ils sont tout indiqués pour les besoins de l'agriculture, de la petite industrie, de la navigation, etc.

#### *Moteurs à gaz tonnants*

Nous avons vu que, dans les moteurs à gaz tonnants, l'échauffement des gaz se fait dans le cylindre moteur lui-même. On emploie à cet effet la chaleur produite

par la combustion, au contact de l'air, de substances hydrocarbonées convenablement choisies et qui peuvent être gazeuses ou liquides. Dans ce dernier cas, on les amène à l'état gazeiforme par différents moyens.

Des mélanges déterminés d'air et d'hydrocarbures étant introduits dans le cylindre, on les enflamme ; le piston se déplace sous leur action de la même façon qu'il se meut sous l'influence de la vapeur dans les machines à vapeur.

On peut diviser les moteurs à gaz tonnants en 3 groupes : le premier comprend ceux dans lesquels on produit l'explosion des gaz à la pression ordinaire, le second renferme ceux qui ne mettent en œuvre qu'un mélange gazeux préalablement comprimé, enfin, le troisième comprend les moteurs à combustion avec compression.

**1° Moteurs sans compression préalable.**— Supposons le cylindre chargé d'une suffisante quantité de gaz tonnant, on en approche une source de chaleur ou une flamme ; l'explosion se produit et le piston part en avant. Il poursuit sa course jusqu'à ce que la pression à l'intérieur du cylindre n'étant plus supérieure à la pression atmosphérique, il retourne en arrière en chassant devant lui les produits de la combustion qu'il lance dans l'atmosphère. Alors l'admission du mélange s'effectue et le cycle de ces opérations recommence. Le dispositif doit être tel que l'admission soit fermée au moment de l'explosion et que la communication avec l'air extérieur ne soit rétablie qu'après la détente.

Ces sortes de machines peuvent être simples ou doubles, c'est-à-dire que l'ensemble de ces opérations peut se produire d'un seul côté ou des deux côtés du piston.

Si, par l'emploi de dispositions mécaniques quelconques, on arrive à pousser la détente jusqu'à ce que la pression dans le cylindre soit inférieure à la pres-

sion atmosphérique, cette pression atmosphérique agira sur le piston pour déterminer sa course à l'intérieur du cylindre jusqu'à ce que la tension des gaz y contenus fasse équilibre à la pression atmosphérique.

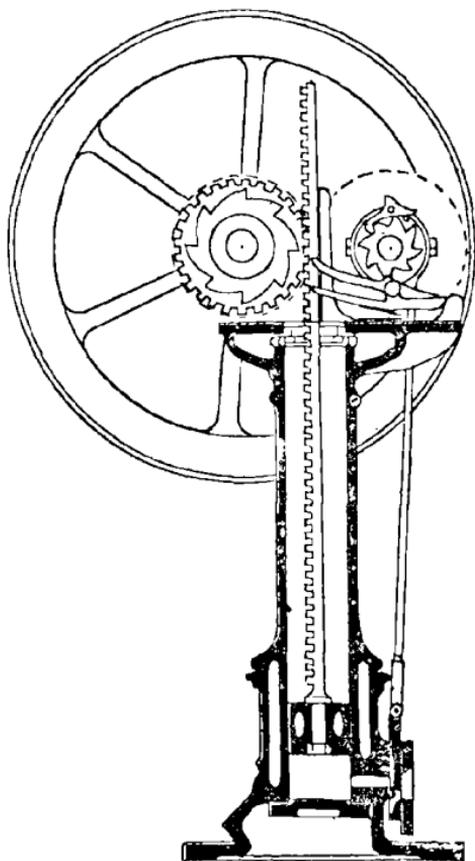


FIG. 85. — Moteur Otto et Langen.

Tel est le cas du moteur de MM. Otto et Langen, représenté figure 85. Le mélange tonnant est admis dans le cylindre; son explosion projette le piston dont la crémaillère engrène avec une roue à embrayage folle de gauche à droite sur l'arbre moteur. Lorsque cette roue tourne au contraire de droite à gauche, elle entraîne avec elle l'arbre moteur et son volant. Par suite de l'explosion, le piston s'élève dans le

cylindre jusqu'à ce que les gaz détendus, se refroidissant, produisent un vide partiel sous le piston qui commence sa course descendante qui est la course motrice. En effet, à ce moment la crémaillère, agissant sur la roue dentée détermine la mise en mouvement de l'arbre moteur et du volant. Au fur et à mesure de sa

descente, le piston effectue l'élimination des produits brûlés.

**2° Moteurs avec compression préalable.** — Dans cette catégorie, le mélange tonnant est comprimé avant l'allumage. Les phases de l'action sont donc les suivantes :

1° Admission et compression du mélange tonnant ;  
 2° allumage de ce mélange ; 3° détente ; 4° échappement et refoulement des gaz brûlés. Lorsque, comme c'est généralement le cas, le cycle complet s'accomplit dans un seul cylindre, 4 courses du piston sont nécessaires et parmi elles une seule est motrice. Si au contraire on emploie 2 cylindres, l'un moteur, l'autre servant à refouler le mélange qui est ensuite comprimé dans le cylindre moteur, on réduit le nombre de courses nécessaires à la réalisation du cycle, l'explosion se produit tous les tours, d'un même côté du piston, d'où plus de régularité. Les moteurs à compression étant les plus employés, nous en ferons une étude spéciale plus loin.

**3° Moteurs à combustion avec compression.** — Dans ces machines, au lieu de déterminer l'explosion brusque du mélange gazeux, on cherche à en provoquer la combustion graduelle de façon à obtenir une pression constante. Cette classe de moteurs est peu employée.

#### DES DIFFÉRENTS ORGANES D'UN MOTEUR A PÉTROLE

Quelle que soit sa nature, il faut toujours arriver à produire :

- 1° La formation du mélange tonnant ;
- 2° Son admission au cylindre ;
- 3° Son allumage ;
- 4° L'élimination des produits de la combustion.

Parfois, un seul appareil réalise ces 4 opérations, mais, souvent, on a recours à plusieurs organes.

### 1<sup>o</sup> Formation du mélange tonnant

Le mélange de l'air et de l'hydrocarbure s'effectue ou afflue dans le cylindre au moment de l'aspiration. Des orifices de section convenable permettent d'obtenir l'introduction de chacun de ces principes dans des proportions telles que la combustion puisse être complète, et en évitant un excès nuisible de l'un ou l'autre des composants. En réalisant cette condition, on produit un mélange présentant un maximum d'inflammabilité, c'est-à-dire se trouvant dans l'état le plus satisfaisant. Si l'hydrocarbure existe normalement à l'état gazeux (gaz de pétrole, de houille, etc.), on l'amène par un tuyau dont on modifie à volonté la section par la manœuvre d'un robinet. Si, au contraire, on a recours au pétrole liquide, il y a lieu de distinguer s'il s'agit de produits facilement volatils tels que la gazoline, ou de produits n'émettant que peu ou pas de vapeurs à la température ambiante; comme par exemple les huiles employées pour l'éclairage.

Dans le premier cas, on met à profit leur volatilité pour les entraîner dans le cylindre au moyen d'un courant d'air que l'on fait agir à froid ou à température peu élevée, tandis que dans le second cas, on produit la volatilisation du pétrole, par petites portions, en le chauffant et alors les vapeurs produites sont ensuite mélangées à l'air et dans le cylindre, en proportions convenables. Parfois le pétrole est pulvérisé et entraîné au moyen d'un jet d'air que l'on réchauffe ensuite.

Les réservoirs dans lesquels s'effectuent cette opération sont nommés *carburateurs*.

L'emploi des produits facilement volatils présente un certain nombre de difficultés. En premier lieu, lorsque de l'air traverse de l'éther de pétrole qui est, comme

nous l'avons vu, non pas un produit unique, mais un mélange de divers hydrocarbures inégalement volatils, les parties les plus légères sont les premières entraînées, de sorte qu'au fur et à mesure que l'opération se prolonge, le liquide *carburateur* devient moins volatil, l'air qui le traverse entraîne moins d'hydrocarbures; il s'ensuit une marche très irrégulière. On a cherché à remédier à cet inconvénient en diminuant l'épaisseur du liquide, en augmentant sa surface et en l'agitant.

En second lieu, l'évaporation du liquide se faisant avec absorption de chaleur, l'air refroidi se trouve dans des conditions qui ne favorisent pas sa saturation par les vapeurs d'hydrocarbures. On y remédie en réchauffant le réservoir soit par l'utilisation des gaz provenant de l'explosion (gaz qui emportent avec eux une certaine quantité de chaleur), soit par un courant d'eau chaude.

Dans ces moteurs, le carburateur constitue un appareil à part et isolé, dans lequel on introduit des gazolines d'une densité de 0,650, se volatilisant vers 75°; quelques-uns peuvent marcher avec des essences de densité 0,700. La vaporisation peut être produite par aspiration ou par refoulement d'air.

Quelques exemples vont donner une idée des dispositifs adoptés<sup>1</sup>:

Le carburateur de M. Piéplu se compose d'un cylindre horizontal, renfermant la gazoline; il est traversé par un courant d'air aspiré. Une brosse en poils de sanglier, disposée suivant l'axe du cylindre, est mue par le moteur; elle barbote dans le liquide carburateur.

MM. Mignon et Rouart emploient dans le même but

1. Vermand, Les moteurs à gaz et à pétrole, p. 98.

un appareil composé d'un cylindre horizontal traversé dans sa longueur par un courant d'air. Il tourne à raison d'un tour en 5 minutes, et est divisé en compartiments par des cloisons verticales. Les étoupes, que renferment trois d'entre eux, sont constamment humectées de gazoline grâce au mouvement du cylindre à la partie inférieure duquel se trouve ce liquide.

Pour utiliser les essences à 700, M. Durand emploie un récipient clos dans lequel il place ces liquides : à leur surface, flotte un macaron poreux en liège, muni en son milieu d'un tube destiné à amener l'air qu'il s'agit de carburer, grâce à l'aspiration que produit le moteur, à la partie supérieure de la caisse. Avec ce dispositif, on peut réchauffer l'essence au moyen des produits brûlés.

L'usage des pétroles volatils ne permet pas d'obtenir une grande régularité dans le travail des moteurs qui, dans ce cas, sont délicats à manier. Ils ne peuvent être employés que pour de petites forces. Si l'on ajoute à ces inconvénients les dangers que présente la manipulation de liquides émettant des vapeurs inflammables même à 10° au-dessous de zéro, on comprendra que l'usage de ces appareils ne se soit pas généralisé. En fait, leur emploi déjà restreint diminue de plus en plus.

Le pétrole lampant 800-820 étant peu volatil, il est nécessaire, pour le mélanger intimement à l'air, soit de le pulvériser, ce qui se fait à froid, soit de le réduire en vapeurs par l'application de la chaleur.

La pulvérisation à froid est le mode le moins employé. On la réalise dans l'appareil de Brayton<sup>1</sup> en refoulant de l'air à travers un réservoir rempli d'étoupes ou d'éponges, à l'intérieur duquel une pompe amène

1. Vermand, *loc. cit.*

le pétrole nécessaire. La carburation est facilitée par l'injection d'air à haute pression et par conséquent chaud, à la faveur duquel le pétrole mousse et est entraîné par l'air.

Pour réduire le pétrole en vapeurs, par l'action de la chaleur, on utilise des récipients clos, chauffés par circulation extérieure des gaz brûlés venant de l'échappement et se rendant à l'orifice de sortie.

Le carburateur Sécurité, fondé sur ce principe, montre de quelle façon on peut l'appliquer :

A l'intérieur d'un serpentín réchauffé par les gaz de la décharge, le pétrole s'écoule lentement et continuellement. La vapeur de pétrole qui prend naissance vient passer dans une sorte d'injecteur où elle entraîne, par aspiration, l'air qui sera nécessaire à sa combustion dans le cylindre.

L'alimentation du pétrole se fait soit par simple écoulement de ce liquide, préalablement placé dans un récipient surélevé, soit au moyen d'une pompe qui le refoule dans l'appareil à pulvériser.

Dans le premier cas, le pétrole tombe sur des ailettes chauffées par une lampe et se vaporise. Dans le second cas, le liquide pulvérisé passe dans un espace chaud où il se vaporise.

Un certain nombre de machines produisent leur gaz tonnant par injection d'air comprimé dans un espace chauffé par les gaz d'échappement.

## 2° Admission au cylindre

L'admission des hydrocarbures et de l'air, dans le cylindre, s'effectuait autrefois par des tiroirs plans, mais, depuis longtemps, on a renoncé à ce mode de distribution qui présente de réelles difficultés d'entretien, et on l'a remplacé par l'emploi de soupapes, mues par des cames et rappelées par des ressorts. Ces

comes sont actionnées par un arbre auxiliaire dit arbre de distribution ; il est commandé par l'arbre moteur et tourne deux fois moins vite que lui.

L'action de ces comes revient périodiquement tous les deux tours.

Les conditions à réaliser sont différentes et varient avec la nature du moteur. Dans les moteurs sans compression, l'admission des gaz doit s'effectuer au début de la course du piston et être arrêtée au moment où l'inflammation doit se produire, après quoi l'orifice d'évacuation des gaz brûlés doit être ouvert pour permettre leur échappement. Avec les moteurs à compression, le distributeur doit permettre l'admission du gaz tonnant au début de la première course d'aller et l'obturer à la fin de cette course, tandis que l'ouverture d'évacuation des produits brûlés doit avoir lieu au début de la seconde course de retour.

Il est très important de n'admettre au cylindre qu'un mélange convenable d'hydrocarbures et d'air, sans quoi une partie des gaz échappe à la combustion, ce qui diminue le rendement du moteur. Il y a donc intérêt à être à même de déterminer les proportions relatives de ces deux éléments. L'exemple suivant montre de quelle façon on y arrive<sup>1</sup>.

Un pétrole russe d'une densité de 830 accuse à l'analyse la composition centésimale suivante :

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Carbone. . . . .          | 84.232 |
| Hydrogène. . . . .        | 15.440 |
| Oxygène et azote. . . . . | 0.328  |

Comme l'on sait que 12 grammes de carbone exigent 32 grammes d'oxygène pour se transformer en acide carbonique, on en déduit que pour brûler les 84<sup>gr</sup>, 2 de carbone on devra employer :

1. Ringelmann. Bulletin de la Société d'agriculture de Meaux, 1894.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

$$\frac{84.2 \times 32}{12} = 224.5 \text{ d'oxygène.}$$

Pour brûler 1 gramme d'hydrogène, il faut employer 8 grammes d'oxygène, la combustion de l'hydrogène exigera donc

$$15.440 \times 8 = 123.2 \text{ d'oxygène.}$$

Il faudra par conséquent  $224,5 + 123,2 = 347,7$  d'oxygène pour brûler 100 de pétrole.

L'air renfermant en moyenne 23 pour 100 de son poids d'oxygène, on devra employer

$$\frac{347.7 \times 100}{23} = 1511.7 \text{ grammes d'air.}$$

La densité de l'air étant 1,293, il en résulte que la combustion de 100 grammes de pétrole exigera

$$\frac{1511.7}{1.293} = 11.691 \text{ litres d'air.}$$

Ainsi donc, pour brûler complètement 100 grammes de pétrole, on devra employer  $1^{\text{m}^3},1691$  d'air.

### 3<sup>o</sup> Allumage

Pour produire l'inflammation d'un mélange gazeux, il ne suffit pas de le mettre en contact avec un corps à haute température; il faut aussi que la masse gazeuse se trouve portée à une température suffisante. Il s'ensuit que, si les parois du cylindre sont froides, l'inflammation sera plus difficile puisque, pour que l'inflammation d'un mélange puisse avoir lieu dans toute sa masse, il est indispensable que la partie qui brûle soit susceptible d'échauffer suffisamment les couches avoisinantes. L'expérience a montré que cette opération était favorisée lorsque l'on soumettait à une compression préalable le mélange gazeux.

L'allumage est différent suivant que le moteur est ou non à compression.

Dans les moteurs sans compression, on met le mélange en contact avec une flamme. Comme l'allumage doit se faire en temps opportun, on arrive à ce résultat de la façon suivante :

Le cylindre est muni, en un point convenable de la course du piston, d'une ouverture renfermant un bec allumé, momentanément masquée par une pièce métallique.

Le piston part en avant et aspire le mélange, puis l'admission se ferme et l'ouverture d'allumage se découvre ; un clapet se soulève et, la flamme étant aspirée, l'explosion a lieu.

Dans les moteurs à compression, l'allumage du mélange tonnant est produit presque exclusivement par incandescence, soit au moyen de l'étincelle électrique, soit par un tube d'ignition. Parfois on l'obtient soit au moyen de mèches, soit spontanément par la chaleur seule de la chambre de combustion.

L'allumage par tube incandescent constamment en communication avec la chambre d'explosion est une solution heureuse et son mécanisme se réduit à sa plus simple expression ; voyons comment il se produit : l'explosion du mélange dans le cylindre brûle plus ou moins complètement les vapeurs hydrocarburées provenant du pétrole ou de l'essence, le cylindre ne contient donc plus que des gaz inertes, l'échappement se produit et il reste dans la chambre de compression ainsi que dans le tube, une masse résiduelle à la pression atmosphérique, uniquement formée de gaz brûlés, lorsque se ferme l'orifice d'échappement.

L'admission se produit alors ; elle amène dans le cylindre un certain volume de gaz tonnant qui se mélange plus ou moins avec le résidu de l'explosion pré-

cédente, sauf dans le tube ou aucun mélange ne peut se faire à cause de son faible diamètre.

Ce dernier reste donc malgré tout rempli de gaz inertes qui, sous l'influence de la compression, vont diminuer peu à peu de volume devant la poussée des gaz nouvellement admis dans le cylindre en laissant bientôt à découvert les surfaces incandescentes qui provoquent une nouvelle explosion et ainsi de suite. Tout se borne à régler les volumes de la chambre de compression et du tube ainsi que le point à partir duquel ce tube doit être porté à l'incandescence.

Mais il faut précisément entretenir cette incandescence, il faut rougir le tube au point voulu, à la température convenable, sans qu'une extinction soit à redouter, puisqu'elle provoquerait l'arrêt du moteur.

L'appareil Longuemare (fig. 86) atteint ce but : il fonctionne à l'essence de pétrole et se compose d'un brûleur G alimenté par un réservoir L dans lequel se trouve l'essence. Celle-ci est soumise à une pression de 1 kilogramme environ qu'on lui donne en introduisant, au moyen d'une petite pompe, une certaine quantité d'air dans le réservoir; un manomètre E indique le moment où la pression est atteinte.

Pour mettre l'appareil en marche, on remplit d'alcool la cuvette H, on y met le feu et au bout d'un instant, on ouvre la valve I en agissant sur la poignée F. L'essence sous pression se précipite dans le brûleur chaud, s'y vaporise et sort par un trou capillaire percé dans l'axe de la cheminée G, l'air comburant arrive par une série de trous et il suffit d'allumer en G pour obtenir une flamme très chaude réglable à volonté par la poignée F et très suffisante pour maintenir à l'incandescence le tube d'allumage.

Remarquons que dans ce brûleur il n'y a aucune mèche, que la consommation est, au dire du construc-

teur, de 1 litre d'essence en 13 heures et qu'enfin un

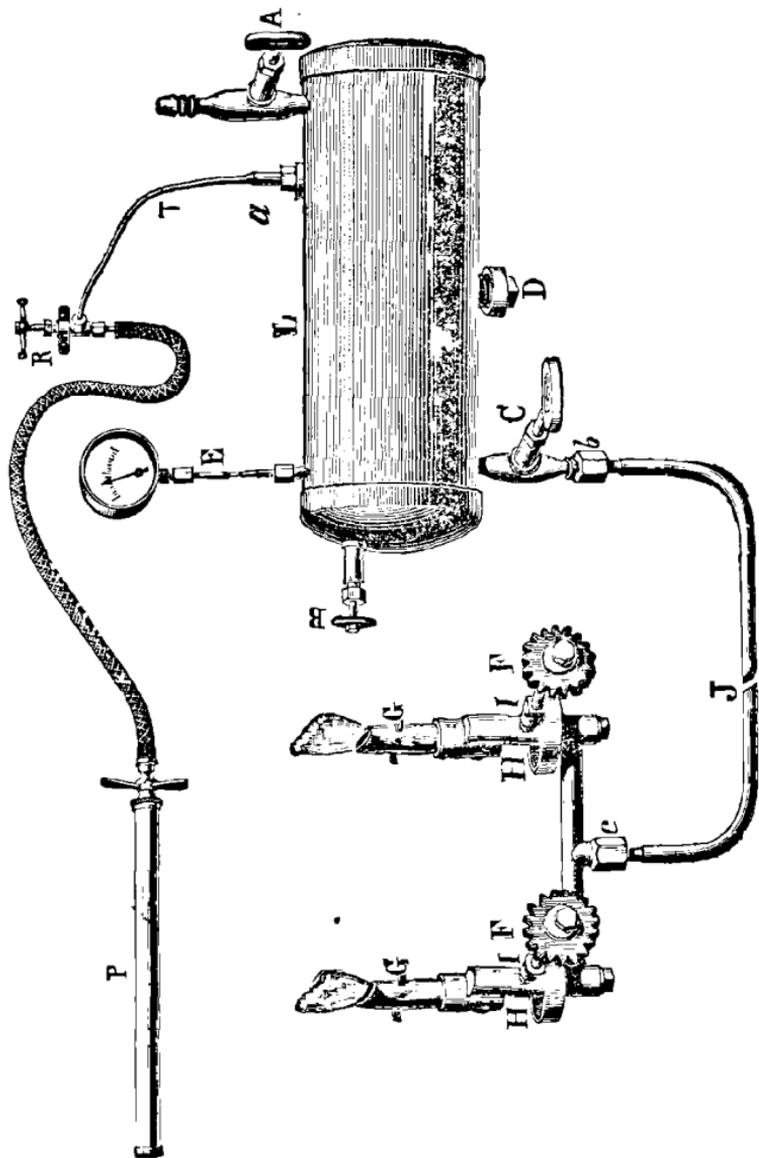


Fig. 85. — Brûleur Longuemare, spécial pour Moteurs à pétrole.

vent même très violent ne peut éteindre la flamme.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

#### 4<sup>o</sup> Refroidissement du cylindre

La réaction chimique dégage dans le cylindre une notable quantité de chaleur. C'est ainsi qu'un kilogramme du pétrole dont nous venons de parler dégage environ 11,000 calories<sup>1</sup>. Il s'ensuit que les parois du cylindre ne tarderaient pas à être portées à une très haute température si une circulation d'eau n'en assurait le refroidissement.

S'il est indispensable de produire le refroidissement des parois, il est nuisible d'exagérer cette action, parce qu'alors on enlève à la machine, sans raisons, un certain nombre de calories, ce qui correspond à une perte dans le rendement.

Dans certaines machines, la réfrigération est obtenue par simple circulation d'eau entre le cylindre et une double enveloppe extérieure. On atteint ce but au moyen d'un réservoir latéral, d'une capacité de 1 à 2 mètres cubes, dans lequel on place l'eau destinée à la réfrigération. Ce réservoir communique par une tubulure inférieure avec le bas du cylindre ; une autre tubulure réunit entre elles les parties supérieures de ces deux organes. Le niveau de l'eau étant supérieur d'au moins 10 centimètres au raccord supérieur, il s'établit une circulation naturelle par suite de la différence de température qui existe entre l'eau entrant et l'eau sortant du cylindre.

On sait, en effet, que la densité de l'eau chaude est moindre que celle de l'eau froide, par suite, celle-là s'élève et revient à la partie supérieure du réservoir en même temps que de l'eau froide circule du réservoir

1. Ringelmann, Rapport sur le concours spécial de moteurs à Pétrole. Meaux, 1894.

voir à la double enveloppe et vient remplacer l'eau chaude ainsi éliminée.

D'autres fois la circulation d'eau est assurée par le jeu d'une petite pompe centrifuge qui la refoule également dans une double enveloppe. A la sortie du cylindre, on peut la refroidir en la faisant tomber sur des claies en bois où elle est soumise à l'action d'un courant d'air fourni par un ventilateur calé sur l'axe de la pompe et commandé par une courroie spéciale. Ce dispositif est moins recommandable que le précédent, car, comme le fait remarquer M. Ringelmann, on injecte toujours le même volume d'eau dans l'unité de temps, quelle que soit la puissance que l'on demande à la machine. Il en résulte dans certains cas un refroidissement trop énergique qui correspond à une consommation inutile de pétrole<sup>1</sup>.

### 5<sup>e</sup> Régularisation

Nous avons montré que les moteurs à quatre temps ou moteurs à compression ne fournissaient qu'une course motrice sur quatre. Dans de semblables machines, monocylindriques, il serait malaisé d'obtenir la régularité du mouvement si l'on n'avait recours à la fois et à de lourds volants et à de grandes vitesses de rotation. Il importe en effet de remarquer que la compression absorbe une notable quantité de travail et que la course motrice devant avoir son effet sur les trois autres, il est indispensable que le travail produit pendant la course motrice soit quatre fois supérieur au travail moyen demandé au moteur. Si donc l'on voulait obtenir une force de 4 chevaux, il serait nécessaire de produire à l'explosion  $4 \times 4 = 16$  chevaux. Si l'on tient compte du rendement du moteur qui n'est

1. Cette considération n'est pas applicable au moteur Merlin,  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

guère que 70 pour 100, on voit que, pour disposer de 4 chevaux, on devra en produire, pendant la période d'action, une quantité correspondante à

$$\frac{4 \times 4 \times 100}{70} = 26.6$$

Il importe d'autre part d'admettre le mélange tonnant en quantité telle que la machine fournisse un travail proportionnel à celui qui lui est demandé, et qu'elle ait une marche régulière. On atteint ce but soit par suppression totale du mélange tonnant, soit par suppression partielle.

Dans le premier cas, dès que la machine dépasse la limite pour laquelle elle est réglée, l'admission du pétrole cesse, l'air seul pénètre. On obtient ce résultat au moyen de dispositions mécaniques diverses qui sont toutes sous la dépendance du régulateur de vitesse. Lorsque la vitesse est trop grande, le régulateur déplace les autres organes de façon qu'ils ne puissent plus agir sur la soupape d'admission des gaz. Quand la vitesse redevient normale, ces mêmes organes, reprenant leurs places premières, agissent sur la soupape et permettent l'arrivée du pétrole. Le même résultat peut être atteint lorsque l'admission du pétrole se fait grâce à une soupape fonctionnant sous l'action du vide créé par la marche du piston, en adoptant un dispositif tel que, sous l'action du régulateur de vitesse, la soupape d'échappement reste ouverte en marche trop rapide. Dans ce cas, le piston ne produisant pas de vide, la soupape d'admission reste fermée et le gaz ne pénètre pas dans le cylindre.

Lorsque l'on cherche à obtenir une régularisation par suppression partielle, il faut diminuer l'arrivée du pétrole au fur et à mesure que le nombre de tours devient supérieur au nombre normal, et l'augmenter dans le cas contraire. On obtient ce résultat au moyen

d'une came de hauteur variable, que déplace le régulateur. La came en se déplaçant soulève le levier de quantités variables ; celui-ci ouvre plus ou moins l'admission du pétrole.

Comme il peut arriver que la quantité de liquide admis soit insuffisante pour déterminer l'explosion, ce qui produit des ratés, on a parfois combiné les deux modes de régularisation par suppression totale et partielle.

Quant au régulateur, on emploie soit l'appareil à boules de Watt, soit de petites pompes à air ; quand la pression croît dans cet organe par suite de l'accélération de vitesse, elle détermine le mouvement d'une soupape qui agit par l'intermédiaire d'une tige sur l'organe de régularisation.

Parfois aussi, la régularisation est obtenue par des contre-poids et des ressorts mus par la machine.

#### 6° Transmission du mouvement du piston

La transmission du mouvement dans les moteurs se fait soit directement, soit par l'intermédiaire d'une glissière et d'une bielle. Le piston peut d'ailleurs jouer le rôle de glissière et dans ce cas la bielle est directement articulée sur lui.

#### CLASSIFICATION DES MOTEURS A PÉTROLE

Bien qu'il soit malaisé d'établir une classification rigoureuse des moteurs en se basant sur le mode de carburation employé, on peut distinguer<sup>1</sup> parmi les moteurs à pétrole et à compression :

*Premier type.* Ceux dans lesquels la volatilisation du pétrole se fait goutte à goutte dans un appareil distinct de la chambre de compression du cylindre et

1. Richard, Bulletin de la Société d'encouragement, 1892, p. 658.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

porté constamment à une température élevée par une lampe, avec addition de l'air complémentaire pendant l'admission au cylindre moteur. Tels sont les moteurs Merlin, Grob et Niel.

*Second type.* Ceux dans lesquels la volatilisation se fait après pulvérisation, et en présence du complément d'air nécessaire à la combustion, dans un vaporisateur chauffé par les gaz de l'échappement, tels sont les moteurs Griffin et Priestmann. Dans le premier, l'allumage est obtenu par un tube d'ignition, tandis que dans le second on utilise l'allumage électrique.

*Troisième type.* Ceux dans lesquels la volatilisation est obtenue dans un prolongement de la chambre de combustion, isolé du cylindre et chauffé par les explosions seules, avec ou sans pulvérisation, pendant l'aspiration du complément d'air ou à la fin de sa compression. On trouve un exemple de ce dispositif dans le moteur Hornsby qui fonctionne avec un système d'allumage spontané.

### *Étude particulière des différents types de moteurs à pétrole et à compression*

#### MOTEURS A CARBURATEURS DU PREMIER TYPE

##### Moteur Merlin à allumage par ignition

A la partie inférieure de la machine qui repose sur un bâti en pierre ou en béton se trouve le réservoir renfermant le pétrole.

La distribution du pétrole s'effectue au moyen d'une pompe que représente la figure 88. Le plongeur PP est actionné par une tige A qui reçoit le mouvement d'un levier ; sa course est limitée par une bague d'arrêt *a*. Lors de la marche ascendante du piston, le clapet 1 se

soulève, le pétrole pénètre par 3 dans le corps de pompe. Pendant la descente du piston, ce pétrole est renvoyé dans les conduits 4 où il soulève le clapet 2 qui lui livre passage, et que rappelle un ressort.

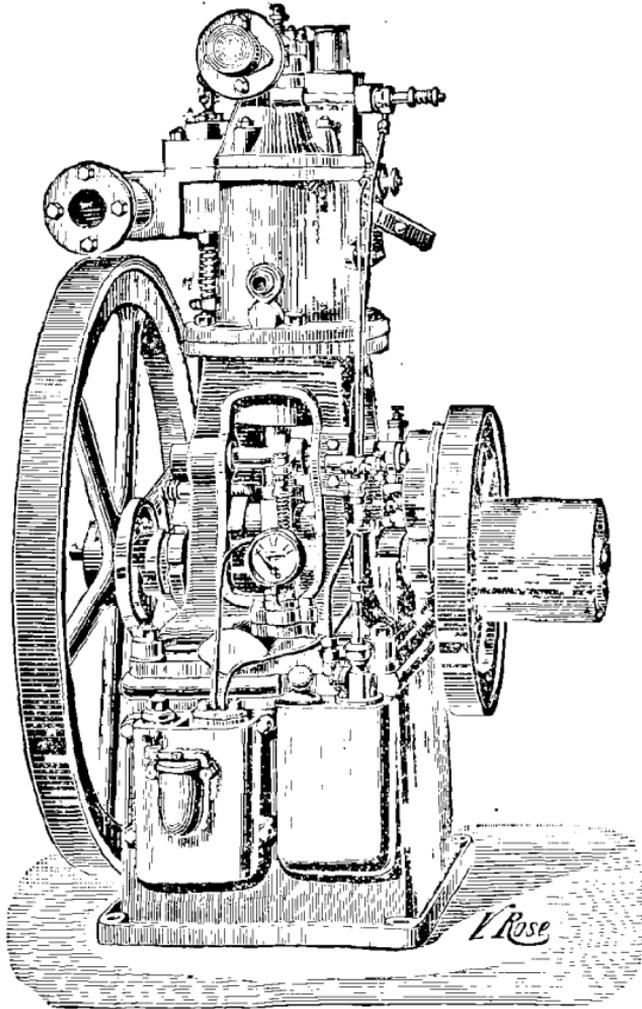


FIG. 87. — Moteur à pétrole Merlin.

Le pétrole est amené au vaporisateur C (fig. 94)

par le trou *b*, et la soupape *c*, *d* est un trou d'air. Le vaporisateur est chauffé par une lampe éolypile D qui se trouve alimentée d'air par *e*. La combustion s'effectue dans le cylindre G et l'élimination des gaz est en *s*.

L'air destiné à la lampe est fourni par une pompe que représente la figure 93 (pompe à air), suivant que le piston A s'élève ou s'abaisse, l'air est aspiré en 1 ou refoulé par 2 dans le réservoir de la lampe. Lorsque

- A — tige actionnée par un levier et donnant le mouvement au plongeur PP.
- B — molette à écrou, servant à faire monter le jétreole à la main avant la mise en marche du moteur.
- b* — garnitures de cuir servant à empêcher les fuites de pétrole autour du plongeur.
- a* — bague d'arrêt pour limiter la course du plongeur.
- D — chambre que l'on emplit avant la mise en marche, pour chasser l'air.
- 1 — clapet d'aspiration.
- 3 — entrée du pétrole dans le corps de pompe.
- 4, 4. — sortie pour aller au clapet de refoulement 2, garni d'un ressort *r* pour faciliter la fermeture et empêcher les aspirations dans le corps de pompe.

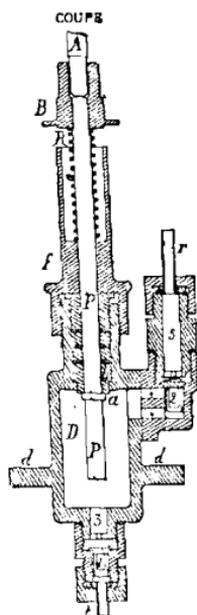


FIG. 88  
Moteur Merlin  
Pompe ou distributeur  
de pétrole

la pression dans le réservoir se trouve dépassée, le ressort *r* se trouve comprimé, ce qui permet à l'air de passer par-dessus les écrous *z* et de s'échapper par les trous *e* du couvercle. R est le ressort sous l'action duquel le piston se relève. Le mouvement descendant

de ce piston est déterminé par l'action d'un levier qui presse à intervalles réguliers sur l'écrou *a*.

Le régulateur de vitesse présente une disposition particulière que fait voir la figure 90 :

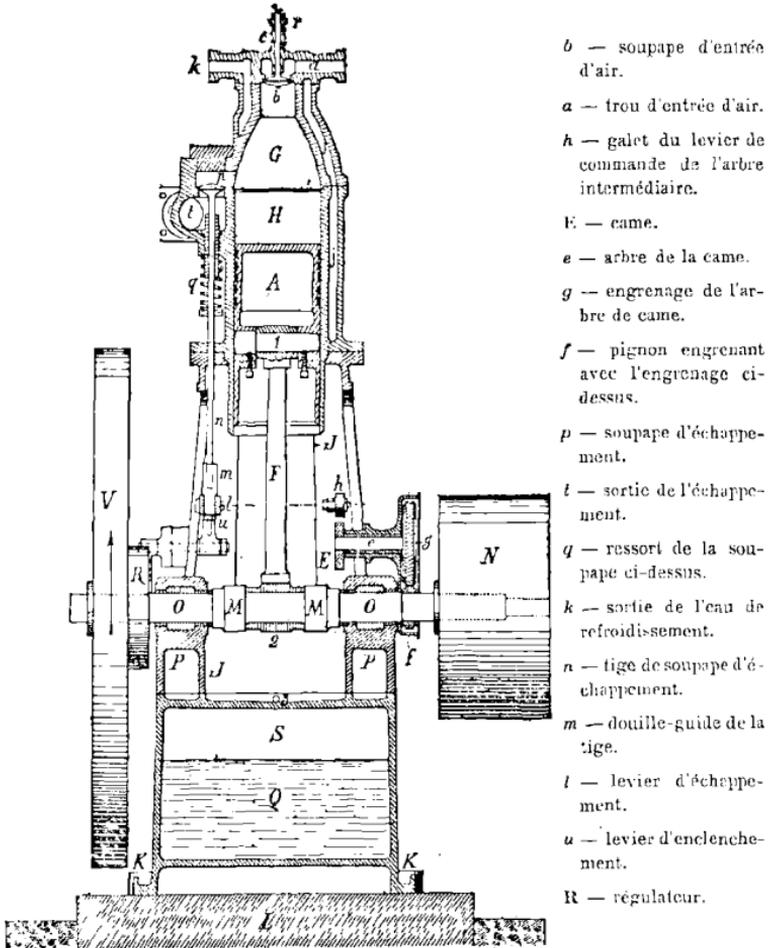


FIG. 89. — Moteur Merlin. Coupe.

La masse *R*, articulée en *a*, se déplace en s'éloignant du moyeu *b*, par l'effet de la force centrifuge. Aussitôt que la vitesse maxima est atteinte, cette masse

## LÉGENDE

- n* — tige de la soupape d'échappement.  
*m* — douille servant à guider la tige *n*.  
*l* — levier de commande de la soupape.  
*x* — carré sous lequel vient se placer le levier d'enclenchement *u* par sa partie *s*.  
*v* — vis de butée.  
*h* — levier du galet *g*.  
**R** — masse articulée en *a* se déplaçant par la force centrifuge.  
*c* — ressort servant à ramener la masse **R** sur le moyeu *b*.  
*d* — levier fixé au ressort et articulé en *e*, muni d'une vis *f* servant à régler la tension du ressort pour maintenir le régulateur à sa vitesse.

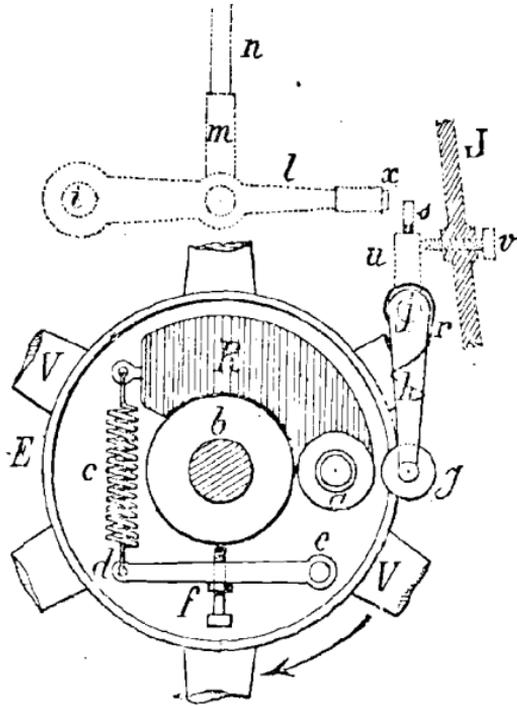


FIG. 90. — Régulateur du moteur Merlin.

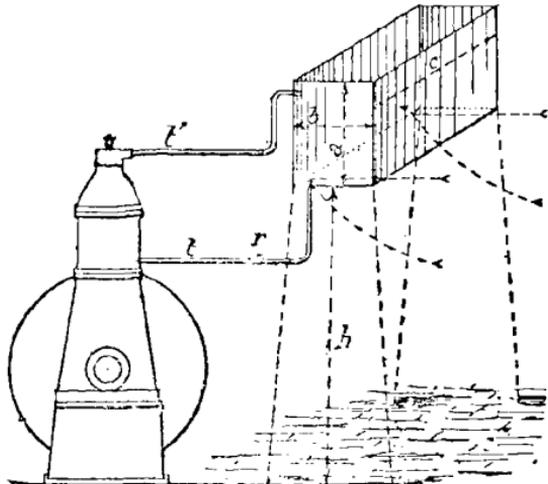


FIG. 91. — Vue d'ensemble du moteur Merlin.

vient toucher le galet *g*, il en résulte que le levier d'enclenchement *s* passe sous la partie *x* du levier d'échappement, d'où résulte une interruption dans le mouvement de la soupape qui reste ouverte. Dès lors, l'as-

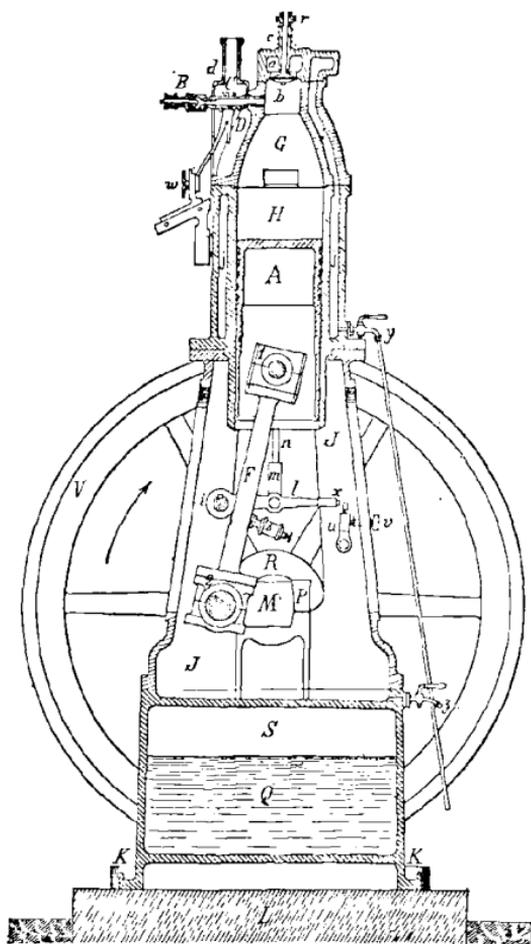


Fig. 92. — Moteur Merlin. Coupe.

- b* — soupape d'air.
- r* — écrou et rondelle servant à maintenir le ressort.
- c* — ressort.
- d* — cheminée servant à maintenir la chaleur.
- C* — vaporisateur.
- B* — soupape de distribution du pétrole.
- D* — lampe destinée à maintenir la chaleur du vaporisateur.
- w* — robinet réglant le pétrole pour la lampe.
- G* — chambre à combustion.
- H* — cylindre.
- A* — piston.
- jj* — enveloppe d'eau pour refroidir le cylindre.
- y* — robinet de vidange.
- 1* — petit coussinet de bielle.
- 2* — gros coussinet de bielle.
- F* — bielle.
- M* — arbre manivelle.
- P* — paliers.
- s* — graisseur de la bielle.
- m* — douille servant à guider la tige *n*.
- n* — tige de la soupape d'échappement.
- l* — levier d'échappement.
- z* — carré sous lequel doit se loger le levier d'enclenchement.
- u* — levier d'enclenchement du régulateur.
- v* — vis de butée du levier *u*.
- J* — bâti.
- z* — robinet pour extraire les résidus d'huile.
- S* — socle.
- Q* — pétrole.
- L* — massif en pierre ou béton.

piration aussi bien que la compression cessent dans le cylindre moteur pendant tout le temps que la vitesse est dépassée. La même figure fait voir la douille *m* qui

guide la tige de la soupape d'échappement *n* et son levier de commande *l*. La masse *R* est ramenée à sa

- 1 — entrée d'air.
- 2 — sortie d'air allant au réservoir de la lampe.
- A — piston.
- C — garniture de cuir.
- b* — écrou serrant la garniture.
- r* — ressort qui, aussitôt que la pression est dépassée au réservoir, se trouve comprimé et dans ce cas, l'air passe au-dessus des écrous *z*, et s'échappe par les orifices *e*, et par les trous *e* du couvercle.
- P — fourreau.
- R — ressort servant à faire remonter le piston.
- a* — écrous du ressort sur lesquels vient presser un levier pour actionner le piston.

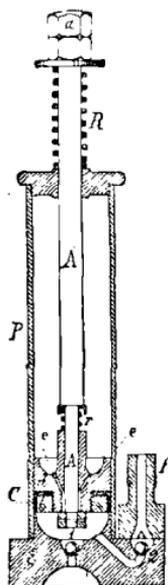


FIG. 93. — Moteur Merlin. — Pompe à air pour le réservoir de la lampe D.

- e* — cheminée.
- C — vaporisateur.
- D — lampe éolypile.
- c* — soupape d'entrée du pétrole.
- b* — trou d'arrivée du pétrole.
- B — guide de la tige.
- r* — ressort.
- n* — rondelle servant à retenir le ressort.
- d* — trou d'air.
- a* — traverse servant à fixer le siège de la soupape.
- e* — entrée d'air pour activer la lampe.
- G — chambre à combustion.
- s* — sortie des gaz.

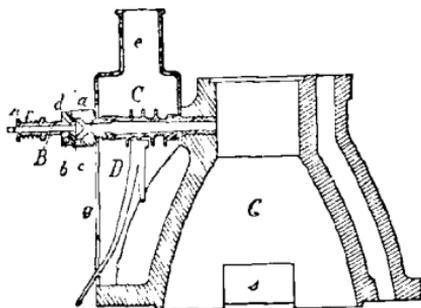


FIG. 94. — Détail du vaporisateur.

position première par un ressort *c* auquel est fixé un

levier  $d$  articulé en  $e$ . La tension du ressort est réglée par une vis  $f$ .  $h$  représente le levier du galet  $g$  et  $v$  est une vis de butée.

Le refroidissement du cylindre peut s'effectuer par un réservoir latéral ou par une pompe qui se trouve bloquée quand le moteur tourne à vide. Cette disposition permet de ne pas refroidir inutilement le cylindre quand, par suite du régime excessif, l'admission du pétrole au cylindre est arrêtée.

L'ensemble de ce moteur est représenté par les figures 87 à 94.

#### Moteur de la Compagnie des moteurs universels, système Grob.

Dans ce moteur<sup>1</sup>, le bâti est un peu surélevé, car le piston, au lieu de s'articuler directement à la bielle, porte une tige dont la crosse se déplace dans une glissière cylindrique de même diamètre que le cylindre ; le pétrole est fourni par deux réservoirs, l'un peu élevé, destiné à alimenter le cylindre, l'autre placé à trois mètres au-dessus de l'axe de la machine, destiné à l'alimentation de la lampe.

Un régulateur à force centrifuge agit sur la tige de cette pompe, et dès que la vitesse dépasse celle de régime, la tige est déclenchée, la pompe n'injecte plus de pétrole dans le cylindre et la soupape d'échappement reste ouverte.

L'arbre de distribution (parallèle à l'axe-moteur), porte en même temps le régulateur, dont la masse se meut dans le plan vertical. Mais, afin de supprimer le choc des cames sur les leviers, la commande a lieu par un excentrique claveté sur l'axe de la machine et relié

1. Riegelmann, *loc. cit.*

par une bielle à une petite manivelle solidaire de l'arbre de distribution, de sorte que l'articulation de la tige de l'excentrique avec la bielle précitée ne revient à la même position que tous les deux tours et agit à ce moment sur la tige de la soupape d'échappement.

La disposition employée pour supprimer le bruit est certes très ingénieuse, mais elle conduit assurément à une complication du mécanisme.

L'air pénètre dans la machine par une soupape supérieure maintenue par un simple ressort réglable par un écrou et un contre-écrou; une partie de l'air rentre directement dans le cylindre, et une autre, plus petite, dans le gazificateur, qui est formé par une sorte de tuyau courbé en U, son grand axe étant horizontal; la branche inférieure de ce tuyau est chauffée au rouge-gerise par une lampe extérieure.

Au début de la course d'aspiration, l'air entre dans le cylindre par suite du volume engendré par le piston; une partie passe dans le gazificateur où elle rencontre le pétrole qu'injecte à ce moment la pompe. Le pétrole n'est donc envoyé qu'au début de la course, et le mélange le plus explosible se trouve, par suite, situé juste au-dessus du piston, en admettant que la stratification des gaz dans le cylindre subisse peu de modification dans le cours du mouvement du piston. Lors de son retour, à la période de compression, ce n'est qu'à la fin de la course arrière que le mélange explosible revient dans le tube en U, maintenu à une haute température, et s'enflamme spontanément pour chasser le piston à la troisième course correspondant à la période d'explosion. Le vaporisateur joue donc aussi le rôle d'allumeur.

Le refroidissement des parois du cylindre est assuré par une circulation d'eau.

Moteur Niel à allumage par ignition <sup>1</sup>

Ce moteur (fig. 95) se distingue par sa légèreté qui contribue à lui donner un aspect élégant; la machine occupe peu de place, et ne porte qu'un seul volant de 1<sup>m</sup>,50 de diamètre. On voit sur la figure l'arbre de distribution sur lequel sont clavetés en arrière, vers le cylindre, les comes de la distribution et le régulateur.

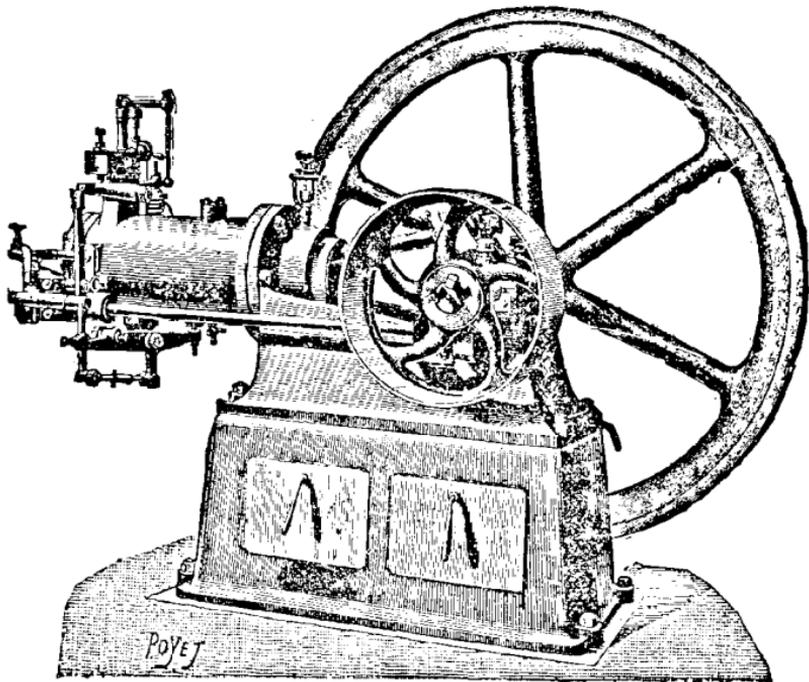


FIG. 95. — Moteur Niel.

Ce régulateur très ingénieux est basé sur le temps que met pour se redresser une lame flexible d'acier ployée. Si la lame ne se redresse pas (lorsque la ma-

1. Riegelman, Rapport sur l'exposition agricole de Meaux.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

chine tourne trop vite) elle n'embecquette pas la came d'explosion; si elle se redresse, elle embecquette cette came qui manœuvre alors la soupape d'écoulement du pétrole dans le vaporisateur.

Dans la figure, l'appareil d'allumage se trouve placé de l'autre côté du cylindre; un tuyau courbé en U renversé reçoit le pétrole provenant d'un réservoir surélevé, et se termine par un très petit orifice à sa branche inférieure. On chauffe préalablement ce tuyau et le pétrole qu'il contient en enflammant une certaine quantité d'esprit de bois dans une petite capsule en fonte; dès que le tuyau est assez chaud, le pétrole distille, émet des vapeurs qui chauffent au rouge-cerise un petit tuyau de porcelaine chargé de l'allumage du mélange explosible (ce tuyau est en communication avec la chambre d'explosion, et il est protégé par un petit cylindre en fer de l'action directe de la flamme de la lampe). Au-dessus de cet ensemble est un cylindre à ailettes intérieures; ce cylindre est maintenu à une certaine température par les gaz qui s'échappent de la la lampe et qui circulent dans une enveloppe. Au moment voulu, une came agit sur une soupape qui laisse écouler une certaine quantité de pétrole (réglable à volonté) dans ce cylindre; le pétrole se vaporise rapidement et est entraîné par l'air de l'aspiration pour pénétrer dans le cylindre moteur. Une soupape spéciale d'allumage met, au moment voulu, les gaz, comprimés dans la culasse du cylindre, en contact avec le tube incandescent de porcelaine.

La lubrification du cylindre se fait à la valvoline distribuée par un graisseur automatique qui prend son mouvement, par une petite courroie, sur l'arbre de distribution.

La tête de bielle et les deux paliers de l'arbre sont pourvus de graisseurs à graisse consistante.

## MOTEURS A CARBURATEURS DU SECOND TYPE

Moteur mi-fixe horizontal de MM. S. Griffin et Cie  
à allumage par tube d'ignition<sup>1</sup>

Ce moteur présente un certain nombre de dispositions originales.

Les gaz d'échappement passent dans une enveloppe annulaire avant de se rendre dans le tuyau d'évacuation ; ils abandonnent ainsi à cette enveloppe une certaine quantité de chaleur. A l'intérieur de cette enveloppe, cylindrique horizontale, logée dans le socle de la machine, on envoie un jet de pétrole pulvérisé par un injecteur à air. Le pétrole se transforme en vapeur qui, mélangée à l'air, constitue le gaz explosible, lequel se rend au cylindre par la soupape d'aspiration. La totalité de l'air nécessaire à la machine est fournie par une pompe à air actionnée par un excentrique calé sur l'arbre de distribution ; cette pompe, à simple effet, comprime l'air à une pression moyenne de 0<sup>kg</sup>,820 par centimètre carré et actionne, en même temps, un clapet qui envoie dans la lampe le pétrole qui lui est nécessaire.

La lampe est constituée par un petit bassin à pétrole pourvu d'un trop-plein qui, par un tuyau, renvoie l'excédent du liquide au réservoir situé dans le bâti du moteur. Le pétrole de la lampe monte par capillarité entre deux plaques de cuivre et reçoit l'action d'un courant d'air fourni par la pompe à air précitée. Le mélange d'air et de pétrole est allumé à la partie inférieure d'un cylindre vertical en fonte, garni intérieurement de matières réfractaires ; ce cylindre entoure un tube vertical fermé à sa partie supérieure et

1. Riegelmann, *loc. cit.*

raccordé par sa partie inférieure à la chambre d'explosion ; ce tube, formé d'un alliage de cuivre et de nickel, est maintenu au rouge par la flamme de la lampe.

Pour la mise en train, on déplace un tiroir circulaire qui met en communication l'intérieur du vaporisateur avec le tuyau d'échappement, on fait manœuvrer à la main, avec un levier, la pompe à air débrayée préalablement de son excentrique de commande, on allume le jet de pétrole dans le cylindre vaporisateur et la lampe. L'opération est terminée lorsque les parois du vaporisateur sont à une température suffisante pour permettre la vaporisation du pétrole au début de la mise en train et lorsque le tube d'allumage est incandescent. Il faut, pour cela, huit minutes en moyenne.

Arrivé à ce point, on rétablit, par le tiroir circulaire, la communication du vaporisateur avec l'admission et l'espace annulaire avec l'échappement, on bloque la tige de la pompe avec son excentrique de commande et on tourne au volant ; la machine se met très facilement en route.

Afin d'augmenter la surface de chauffe, le vaporisateur est garni à l'intérieur d'ailettes dirigées suivant les génératrices.

Nous avons vu que le pétrole est vaporisé par une pulvérisation de l'air et par son passage dans un espace chaud ; il se produit une distillation ; les huiles lourdes du pétrole se condensent et sortent par un purgeur. Cette huile est employée au graissage des différentes pièces du moteur (arbre, bielle, etc.) ou à d'autres machines.

Toute l'huile lourde du pétrole n'est d'ailleurs pas retirée par le purgeur ; une certaine quantité, entraînée par les gaz d'admission, se condense sur les parois du cylindre et sert au graissage du piston. Le cylindre est,

en effet, dépourvu de graisseur, et cependant il a été constaté que la lubrification du piston était parfaitement suffisante.

Un autre détail particulier du moteur Griffin réside dans le mode d'action du régulateur ; dès que la vitesse de régime est dépassée, les deux soupapes d'admission et d'échappement sont bloquées : le piston n'aspire donc pas du gaz d'échappement, il fait alternativement une dépression et rétablit (à peu près) le volume des gaz dans la chambre d'explosion. Des crans de sûreté permettent au régulateur de n'agir ainsi sur les deux soupapes d'admission et d'échappement que lorsque le piston est arrivé à la fin de son cycle.

En résumé, dans le moteur Griffin, on utilise une partie de la chaleur des gaz d'échappement pour la vaporisation du pétrole et on diminue le refroidissement du piston pendant les périodes sans explosion en le laissant agir dans une capacité close.

#### Moteur Priestman à allumage électrique

Il se compose d'une pompe à simple effet P (fig. 96), commandée par un excentrique tournant deux fois moins vite que le moteur et comprimant de l'air dans le réservoir Y (à soupape régulatrice) au-dessus du pétrole qu'il refoule, au travers du pulvérisateur S, dans le vaporisateur O, chauffé par les gaz de l'échappement ; là, cette pulvérisation de pétrole se gazéifie en même temps qu'elle se mélange au complément d'air nécessaire pour constituer un gaz détonant, qui passe ensuite, par la soupape automatique d'admission *s* (fig. 97), au cylindre moteur. L'échappement s'opère par une soupape *e*, menée par l'excentrique de la pompe P. Pour mettre en train, on charge le réservoir Y d'air comprimé par la pompe à main M ; puis on pulvérise du pétrole au vaporisateur O, après l'avoir chauffé pendant 10 à 25 mi-

notes, suivant les dimensions du moteur, au moyen d'une

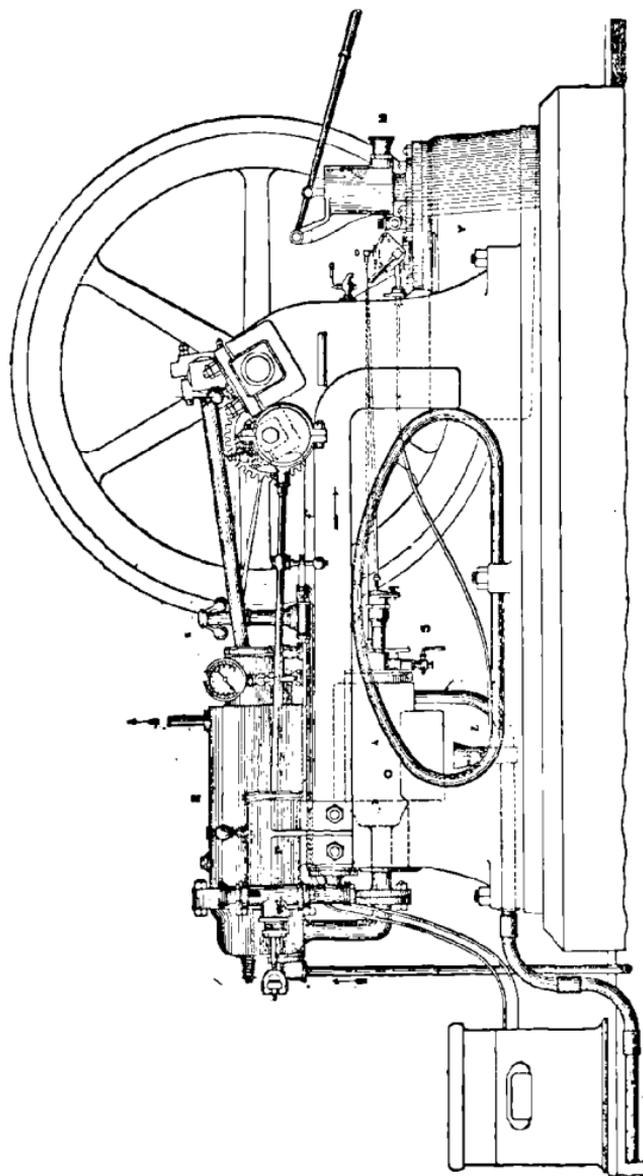


Fig. 96. — Moteur Priestman, de 1893.

P, pompe à simple effet, commandée par un excentrique tournant deux fois moins vite que le moteur, et comprimant par *f* de l'air dans le réservoir Y, au-dessus du pétrole. O, vapo-risateur chauffé par les gaz d'échappement recevant du pulvérisateur s (fig. 98) un mélange de pétrole pulvérisé et d'air comprimé, qui s'en échappe au cylindre moteur z à l'état de mélange détonant. — l, lampe chauffant le vapo-risateur pour la mise en train. — M, pompe à main comprimant de l'air en Y pour la mise en train. — e, robinet à six voies permettant de faire communiquer l'air et le pétrole du réservoir Y avec le vapo-risateur O, ou de l'isoler.

(Bulletin de la Société d'encouragement.)

lampe l, alimentée d'air par le réservoir Y. Cette ma-

nœuvre se fait aisément au moyen du robinet à 6 voies *c*, qui permet de faire communiquer Y avec la lampe ou le vaporisateur, ou de l'isoler complètement.

Le pulvérisateur (fig. 98) est à ajutage rentrant, l'air arrive tout autour du petit jet central de pétrole et le rencontre en opposition. Ce rebroussement donne une pulvérisation uniforme absolument parfaite.

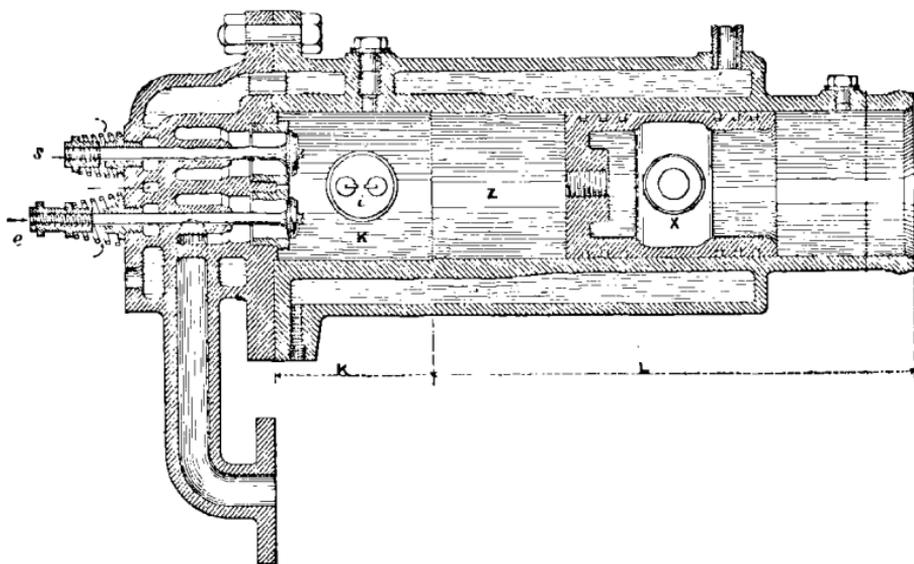


FIG. 97. — Détail du cylindre moteur Z.

K, chambre de compression. — L, partie alésée du cylindre, — s, soupape automatique d'admission. — e, soupape d'échappement menée par l'excentrique de la pompe P (fig. 96), — i, allumeur électrique.

Le réchauffeur ou vaporisateur est constitué (fig. 99) par un cylindre O, traversé dans son enveloppe par les gaz de l'échappement, et à l'intérieur, en sens contraire, par le pétrole pulvérisé, mêlé au complément d'air nécessaire pour constituer un mélange détonant prêt à fonctionner dans le cylindre moteur.

La pulvérisation du pétrole se fait en E (fig. 100), par l'air comprimé, refoulé sur l'ajutage rentrant autour du

jet de pétrole K, réglé par le robinet H, soumis au régulateur, et dont l'orifice M, triangulaire, permet une régularisation très sensible. Le complément d'air est aspiré par la soupape L au travers de la valve G, calée sur le robinet H, et, par conséquent, soumise aussi au régulateur, de manière que le dosage du pé-

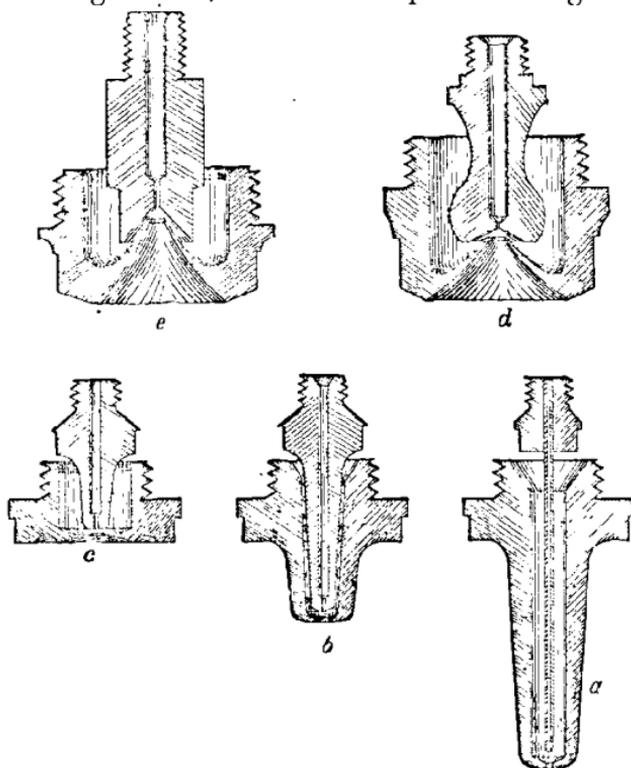


FIG. 98. — Variantes successives du pulvérisateur Priestman.  
(Bulletin de la Société d'encouragement.)

trole, ou la richesse du mélange détonant reste à peu près constante. Après avoir traversé la valve régulatrice G, l'air arrive au vaporisateur par B et les trous D, de manière qu'il se mêle intimement au jet de pétrole pulvérisé E. La pression de l'air pulvérisateur reste sensiblement invariable dans le réservoir Y (fig. 96) et

en E (fig. 100) — de  $0^{\text{kg}},15$  à  $0^{\text{kg}},8$  effectifs suivant l'allure du moteur; — ce qui varie, pour la régularisation, c'est le volume du mélange détonant admis à chaque aspiration, et cela, en faisant varier simultanément,

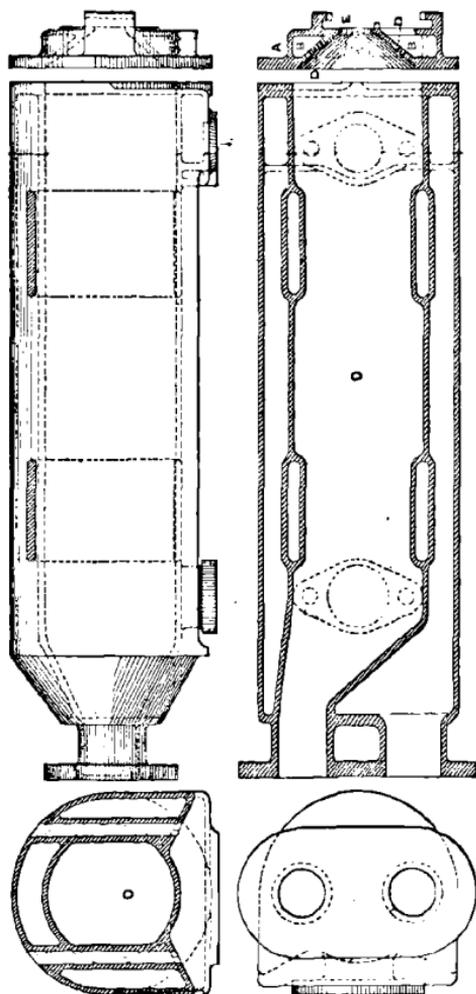


FIG. 99. — Détail du réchauffeur.

ment, par H et par G, le pétrole et l'air, de manière à s'écarter le moins possible du meilleur dosage.

L'allumage se fait (fig. 101) par le passage d'un CON-  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

tact *k*, porté par la tige de l'excentrique, entre deux lames de contact fixes *ee*; ce passage rétablit, pendant

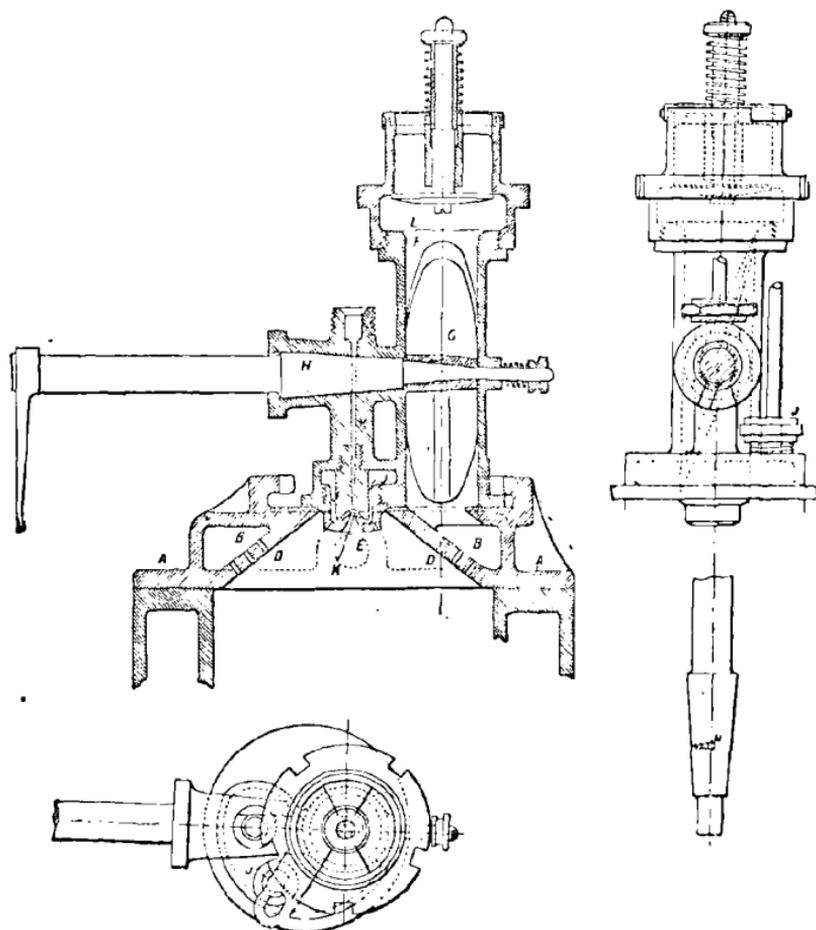


Fig. 100. — Détail de l'entrée A du réchauffeur O (fig. 99).

H, robinet à ouverture triangulaire M, commandé, ainsi que la valve G, par le régulateur.  
 — E, pulvérisateur recevant par K, au travers de M, le pétrole du réservoir Y (fig. 96) et, par J, son air de pulvérisation, au droit de K. — L, soupape d'aspiration automatique, amenant, par F G B et les trous D, au droit de la pulvérisation de pétrole, et lors de l'aspiration du cylindre, le complément d'air nécessaire à la formation du mélange détonant. (Bulletin de la Société d'encouragement.)

toute la durée de son contact, le circuit d'une bobine d'induction, et fait ainsi jaillir l'étincelle entre les élec-

trodes de platine des bornes en porcelaine *i*. Le courant est fourni par une petite pile au bichromate qui dure de vingt à trente heures, et dont l'entretien revient à environ 0 fr. 10 par heure. Dans cette machine, l'encrassement est presque nul, c'est même sa propriété caractéristique. Pendant la compression, en général assez faible, il se liquéfie au cylindre un peu de vapeur de pétrole qui le graisse, mais sans empêcher, malgré le pouvoir isolant de l'huile, le jaillissement de l'étincelle.

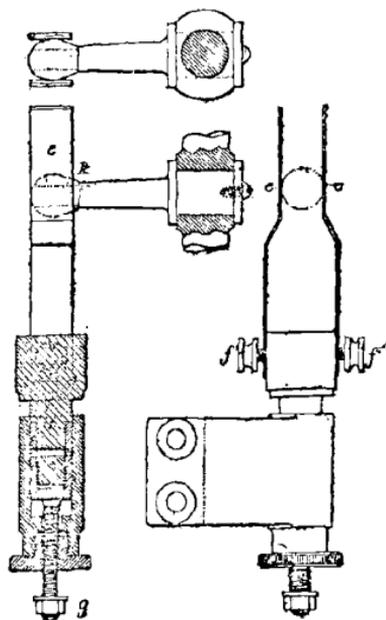


FIG. 101. — Détail de l'allumeur électrique.

Il s'agit non plus d'un mélange d'air et d'un gaz permanent, mais d'un mélange d'air et de vapeur de pétrole, qui se condense au delà d'une compression moyenne de  $2^{\text{kg}},50$  au plus, et ne brûle pas aussi faci-

lement que si cette vapeur était surchauffée; de là, peut-être, un intérêt tout spécial à diminuer le dosage de l'air, afin d'avoir un mélange plus chaud, plus compressible, et une vapeur de pétrole, si possible, surchauffée.

### MOTEURS A CARBURATEUR DU TROISIÈME TYPE

#### Moteur Hornsby-Akroyd à allumage spontané <sup>1</sup>

Le moteur mi-fixe, horizontal (fig. 102), est représenté en vue schématique par la figure 103; sur le

1. Riegelmann, *loc. cit.*

socle en fonte D est fixé le bâti C de la machine, dont on voit le cylindre A, la bielle F, la manivelle G et le volant E. L'arbre moteur qui tourne à raison de 200 tours environ par minute commande, par engrenages hélicoïdaux I, l'arbre de distribution II qui fait un demi-tour par tour de l'arbre moteur; cet axe H porte à son extrémité les deux cames N, des soupapes d'admission et d'échappement, dont les leviers sont en P et O, ainsi que l'engrenage cône K qui actionne le régulateur à boules J.L, qui agit par la tringle M sur l'arrivée du pétrole dans le pulvérisateur.

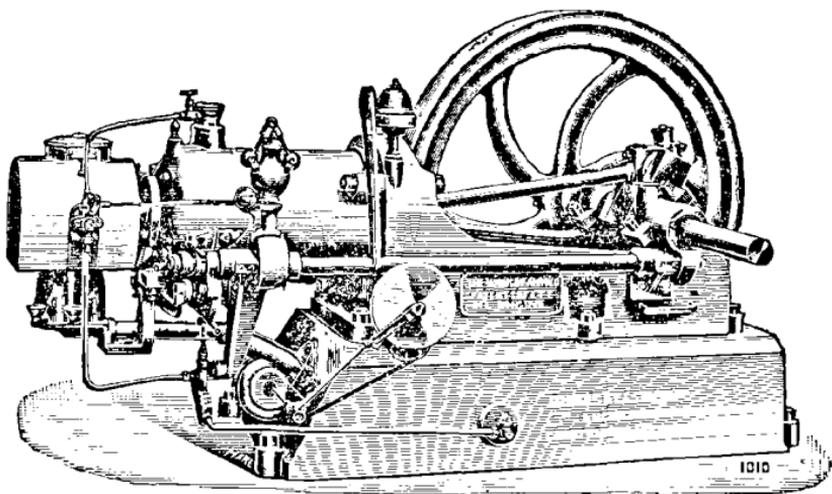


FIG. 107. — Moteur Hornsby-Akroyd.

Le piston a 0,203 de diamètre et 0,358 de course.

Le levier O de la soupape d'aspiration d'air commande en dessous la pompe à pétrole Q, chargée, au moment voulu, de prélever par le tube *f* une certaine quantité de combustible contenu dans un réservoir logé dans le bâti D (en *e* se trouve un robinet à trois voies avec filtre à l'intérieur); la pompe Q refoule le pétrole par le tuyau *g* dans le vaporisateur V.

A l'arrière du cylindre A, et communiquant avec lui, est une sorte de cloche V où se fait la vaporisation du pétrole injecté par la pompe Q; ce vaporisateur est

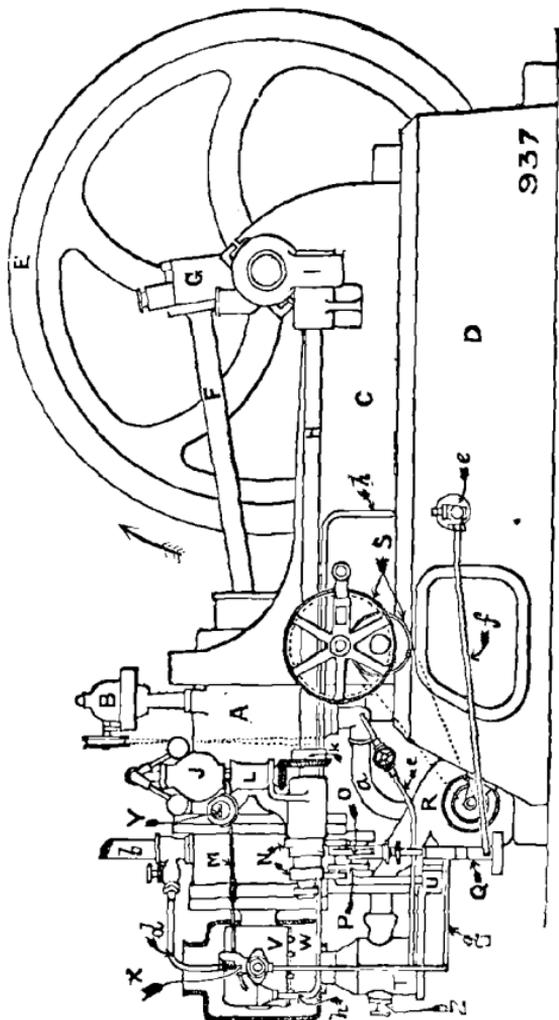


Fig. 103. — Moteur Hornsby-Akroyd.

entouré d'une enveloppe W; dans une installation fixe, la partie supérieure se raccorde avec un tuyau de poêle débouchant au-dessus du bâtiment qui renferme le

moteur, afin d'éviter les incendies pendant les mises en train.

Pour la mise en train, le vaporisateur V est chauffé par une lampe à pétrole T, U, qui reçoit un courant d'air fourni par un ventilateur R actionné à la main par les roues dentées S et une courroie; en Z est le tampon de remplissage et d'allumage de la lampe.

La pompe à pétrole Q injecte, tous les deux tours de la machine, une certaine quantité de pétrole par un pulvérisateur dans le vaporisateur; le régulateur J, par une tringle M, dont on règle le moment d'action par la clef Y, commande, s'il y a lieu, une soupape X qui permet (lorsque la vitesse dépasse celle de régime) de renvoyer, par le tube *h*, le pétrole au réservoir D.

Le cylindre A est entouré d'une enveloppe à circulation d'eau froide provenant d'un réservoir voisin; l'eau froide pénètre dans l'enveloppe par le tube inférieur *a* et s'en échappe, pour retourner au réservoir par le tube *b*; le refroidissement du pulvérisateur est assuré par deux petits tuyaux en relation avec la circulation précitée, l'un *c* amenant l'eau froide, l'autre *d* évacuant l'eau chaude.

Le graissage du piston est effectué par un graisseur B actionné par une petite corde qui prend son mouvement sur l'axe H de distribution.

Dans le moteur Hornsby, l'arbre de distribution (perpendiculaire à l'arbre moteur) commande régulièrement, tous les deux tours, les soupapes d'aspiration d'air, et d'échappement ainsi que la pompe d'injection du pétrole.

La course du piston plongeur, et par suite le débit de la pompe est réglable à la main par un écrou: le levier de la soupape d'aspiration d'air se déplace dans le plan vertical d'une quantité constante qui correspond à la course maximum du piston de la pompe

d'injection du pétrole, mais le piston de cette pompe peut n'être entraîné qu'après un certain parcours plus ou moins long du grand levier de la came de la soupape d'inspiration; on règle donc facilement la quantité de pétrole qui doit être injectée tous les deux tours de la machine.

Le régulateur à boules intervient quand la vitesse dépasse celle de régime; au moyen d'une tringle, il ouvre une soupape latérale par laquelle le pétrole envoyé par la pompe s'échappe dans un tuyau pour revenir au réservoir; tant que le régulateur n'agit pas, cette soupape maintenue par un ressort reste fermée et le pétrole passe dans le pulvérisateur et dans le vaporisateur. Le vaporisateur communique directement avec le cylindre par un étranglement.

Le mélange tonnant est constitué par le pétrole injecté et vaporisé de suite et par l'air extérieur admis par la soupape d'aspiration; l'allumage est simple, il est spontané: au retour du piston, à la fin de la compression de l'air, le pétrole est injecté dans le vaporisateur, et le mélange s'allume seul par la chaleur dégagée de la compression et des parois du vaporisateur; les explosions successives sont chargées d'entretenir le vaporisateur à la température voulue. Pour la mise en train, ce vaporisateur est chauffé préalablement par la lampe à soufflerie; mais si les explosions ne sont pas suffisamment fréquentes, comme dans le cas de la marche à vide ou à faible charge (deux chevaux), les parois se refroidissent et la machine s'arrête, quelles que soient les précautions prises aux essais, comme par exemple celle d'envelopper le vaporisateur d'une feuille d'amiante afin de retarder son abaissement de température; il faut alors de nouveau réchauffer le vaporisateur en allumant la lampe ou mettre un frein sur le volant pour augmenter la résistance de la machine, par suite

le nombre d'explosions, et le maintenir à près de cent par minute.

Ajoutons que ce moteur ne comporte pas de pièces délicates.

#### MOTEURS A COMBUSTION SOUS PRESSION CONSTANTE ALLUMAGE PAR MÈCHE PERPÉTUELLE

##### Moteur Richards <sup>1</sup> de 1888

Le moteur Richards est un exemple de machine à compression, avec combustion sous pression constante et allumage par mèche perpétuelle.

Le moteur est à deux cylindres : l'un moteur, l'autre servant de pompe à comprimer l'air, et dont les pistons sont conjugués par des manivelles à 90°.

Le pétrole est injecté sur la mèche d'allumage par une pompe, que l'on peut faire marcher à la main par le volant, pour la mise en train.

La pompe à air aspire l'air par une soupape placée sur le fond du cylindre, et le refoule par une seconde soupape, sous une pression de 5 à 7 atmosphères, au-dessus de la soupape d'admission du cylindre moteur. Une dérivation, prise dans la chambre de cette soupape, amène de l'air comprimé au réservoir, qui sert, pendant la marche, d'accumulateur d'air comprimé, puis au réservoir de mise en train, que l'on isole du premier une fois chargé.

Au cylindre moteur, l'allumage et l'admission s'opèrent par une soupape, et l'échappement par une autre soupape, commandées toutes deux par un arbre de distribution, tournant à la même vitesse que l'arbre de couche. La formation, l'allumage et l'admission du mélange moteur d'air et de vapeur de pétrole s'effec-

1. Richards, Bulletin de la Société d'encouragement, 1892, p. 682.

tuent au moyen d'un ensemble d'organes ingénieux situés en haut du cylindre moteur.

Le pétrole est injecté par la pompe dans la chambre de mélange, au-dessus de laquelle l'air comprimé arrive par un tuyau et une chambre au-dessous de laquelle se trouve la chambre de vaporisation, puis celle d'allumage, séparées par une toile métallique, et communiquant avec le cylindre moteur par une ouverture. La chambre communique toujours avec l'air comprimé par un petit orifice, et le double jeu de soupapes ouvre puis ferme alternativement l'admission en grand de l'air comprimé aux chambres.

*Consommation.* — Dans son intéressante étude sur les moteurs à pétrole<sup>1</sup>, M. Riegelmann a reconnu que pour des machines bien combinées telles que celles des systèmes Merlin, Grob, etc., la dépense par heure en kilogramme de pétrole était d'environ :

0<sup>kr</sup>,410 à vide.

0 900 à la puissance de 2 chevaux.

1 300 à la puissance de 3 chevaux.

1 500 à la puissance de 4 chevaux.

La mise en train exige de 0,016 à 0,025 de pétrole.

Si l'on tient compte de ce fait qu'un moteur de 4 chevaux travaille<sup>2</sup> 1 heure à vide, 2 heures à 2 chevaux, 6 heures à 4 chevaux et 1 heure à 5 chevaux et si l'on admet en outre qu'il faille deux allumages par jour, la dépense journalière d'un bon moteur sera comprise entre 11 et 13 kilogrammes de pétrole.

Les frais journaliers totaux peuvent être décomposés de la façon suivante :

1. Bulletin du Syndicat agricole de Meaux, 15 juin 1894, p. 302.

2. Ibid.

|                                                           |   |                                           |
|-----------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|
| Amortissement en 10 ans à 4 0/0.                          | } | = $\frac{1}{1000}$ du prix de la machine. |
| Service et entretien à 5 0/0.                             |   |                                           |
| Frais de mécanicien à 3 fr. 50 par jour                   | } | soit en moyenne de 3 à 4 fr.              |
| Pétrole employé à 0 fr. 40 (achat et transports divers)   |   |                                           |
| Huile et graisse à 0 fr. 40 le kilogr.                    |   |                                           |
| Chiffons à 0 fr. 70                                       | } | 0.10 à 0.20                               |
|                                                           |   |                                           |
| Soit en moyenne de 9.15 à 11.75 de frais totaux par jour. |   |                                           |

On reproche généralement aux moteurs à pétrole le sifflement particulier qu'ils font entendre et l'odeur qu'ils dégagent. Ces reproches sont dépourvus de valeur dans un certain nombre de cas.

## XI

### Application spéciale des moteurs à pétrole à la locomotion automobile

L'idée d'utiliser les moteurs à pétrole à la traction des voitures sur route a pris, dans ces derniers temps, un essor tel qu'on ne peut que prédire un avenir brillant à cette nouvelle application.

Leur supériorité sur les autres modes de traction mécanique a été mise en évidence de la façon la plus complète au point de vue pratique et au point de vue théorique et leur emploi paraît nettement désigné pour ce qui concerne la locomotion automobile.

Dans tout véhicule automobile, il faut distinguer trois choses : le véhicule, le moteur et le générateur d'énergie.

Le poids du véhicule peut être considéré comme identique quel que soit le mode de traction adopté, mais il n'en est pas de même pour le moteur et pour le générateur. En effet, il est établi que pour produire

un cheval, le poids du moteur varie suivant sa nature. Le tableau suivant fait voir ces variations :

|               |                                                 |                                |
|---------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| Vapeur.       | } Chaudières multitubulaires et moteurs pilons. | } poids par cheval 100 à 150 k |
|               |                                                 |                                |
| Pétrole.      | Moteurs divers. . . . .                         | 40 à 80                        |
| Air comprimé. | Moteurs. . . . .                                | 350 à 400                      |
| Électricité.  | Moteurs. . . . .                                | 30 à 35                        |

D'autre part, la capacité d'énergie du générateur varie dans de larges limites, M. Marcel Deprez a, en effet, établi que, pour la traction sur route, le travail disponible à la jante des roues est de :

|         |                           |                  |
|---------|---------------------------|------------------|
| 675.000 | kilogrammètres par kilog. | de pétrole.      |
| 67.500  | —                         | de charbon.      |
| 5.800   | —                         | d'accumulateurs. |

Il en résulte que les moteurs à pétrole sont, quant à présent, les seuls qui soient réellement applicables à la locomotion automobile.

### *Bicyclettes à pétrole*

Il y a à peine deux années qu'un ingénieur de Munich, M. Wolffmüller, eut l'idée de construire des véhicules automobiles d'un faible poids, en adaptant un moteur à pétrole à la bicyclette ordinaire.

Presque au même moment, un ingénieur français de Persan-en-Beaumont présentait au public une ingénieuse bicyclette pouvant être actionnée à volonté, soit par un moteur à pétrole, soit par les jarrets du cycliste, soit par tous les deux à la fois.

Bien que cet appareil soit trop lourd pour qu'on puisse songer à l'utiliser pratiquement comme une bicyclette ordinaire, il est susceptible de rendre cer-

tains services aux personnes qui, par la nature de leurs occupations, se trouvent dans l'obligation de se transporter fréquemment et rapidement en divers points. A ce titre, il semble qu'il puisse être, en particulier, avantageusement utilisé par les médecins de campagne.

L'originalité de sa construction mérite une description :

Le moteur, à éther de pétrole, et à allumage électrique, est du cycle à 4 temps, c'est-à-dire qu'il effectue, comme nous l'avons déjà vu :

1° L'aspiration du mélange tonnant ;

2° La compression de ce mélange ;

3° La détente ;

4° L'expulsion des produits de la combustion.

Comme parmi ces 4 courses une seule est motrice, l'inventeur a dû employer 4 cylindres afin d'avoir un mouvement uniforme et il a été conduit à y ajouter un cinquième cylindre dans le but de supprimer tout point mort et de faire varier constamment le point d'application de l'effort du moteur, ce qui est très important au point de vue de sa conservation.

Chacun de ces cylindres reçoit le mélange tonnant d'une boîte moyeu commune, avec laquelle ils communiquent tous. Ils consistent en des cylindres d'acier mince, fixés à la boîte moyeu, près de laquelle se trouve le piston A, réuni par une bielle B à un pla-

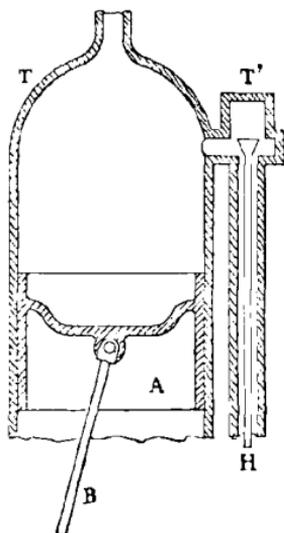


FIG. 104. — Moteur à éther de pétrole pour la bicyclette Millet.

teau formant tête de manivelle, relié lui-même par la manivelle à l'arbre formant essieu.

Les bielles, les plateaux têtes de manivelles et les manivelles, sont enfermées dans la boîte moyeu.

A l'autre extrémité du cylindre, se trouve, dans la tubulure T, les fils entre lesquels jaillira l'étincelle électrique destinée à produire l'explosion du mélange tonnant. Une tubulure latérale T' permet à la fois l'admission de l'air carburé et l'expulsion des produits brûlés, par le jeu d'une soupape simple sur laquelle agit une tige de distribution H.

Au lieu d'utiliser, comme dans les moteurs ordinaires, le déplacement du piston à actionner une bielle qui, par l'intermédiaire d'une manivelle, produit la rotation de l'arbre moteur autour de son axe, M. Millet maintient l'axe fixe; il en résulte que le mouvement est communiqué au cylindre moteur lui-même et, si celui-ci est libre, il effectue une rotation autour de l'axe immobile.

Ce dispositif permet de loger les cylindres moteurs suivant les rayons d'une des roues de la bicyclette, l'axe fixe se trouvant au centre de cette roue. La figure 105 représente la disposition de ces cylindres qui, pendant le fonctionnement, se trouvent à des périodes différentes; il en résulte un mouvement régulier et doux.

La carburation de l'air d'alimentation du moteur se fait en l'aspirant au travers d'un récipient rempli de gazoline; on peut à volonté faire varier la richesse du mélange, et par conséquent accroître ou diminuer la vitesse en faisant mouvoir, suivant leur axe, les poignées du guidon soit dans un sens, soit dans l'autre, selon l'effet à obtenir.

Des piles Bunsen envoient un courant dans une bobine d'induction avec condensateur en couronne et interrupteur. Cette source permet de faire jaillir l'étincelle entre les deux fils placés dans les tubulures

T des cylindres moteurs et par conséquent de produire l'explosion.

Le refroidissement des cylindres est obtenu simplement par le seul fouettement de ces organes sur l'air.

Pour permettre aux pédales de rester immobiles quand le moteur seul fonctionne, on a dû apporter au mode de transmission une petite modification : comme dans les bicyclettes ordinaires, on trouve dans

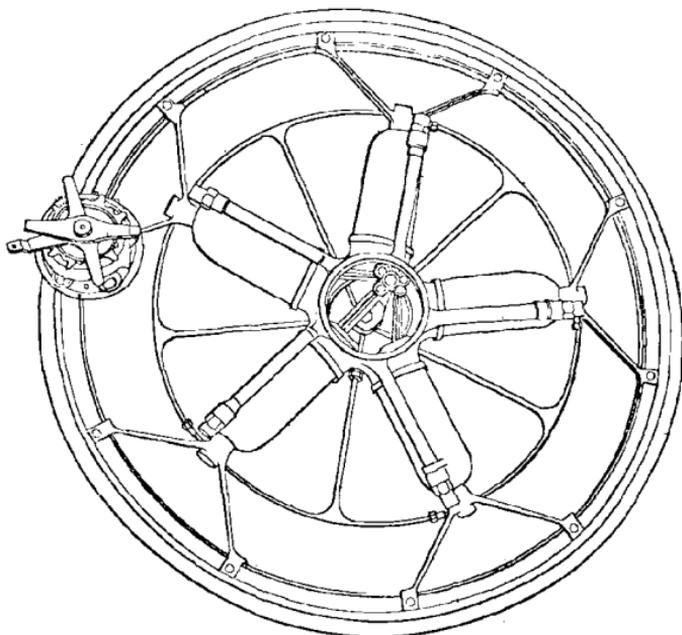


FIG. 105. — Vue de la roue motrice de la bicyclette à pétrole Millet.

la bicyclette Millet deux pédales et deux roues dentées reliées par une chaîne de Galle, mais les roues dentées, au lieu d'être calées sur leurs axes, les entraînent au moyen d'engrenages à friction ; il en résulte qu'en agissant sur les pédales on entraîne toujours la roue motrice, tandis que celle-ci n'agit pas sur celles-là quand elle reçoit son mouvement du moteur.

Si l'on peut adresser à la machine de M. Millet le reproche que nous avons fait à tous les moteurs à essence de pétrole et qui réside dans l'impossibilité d'obtenir de l'air également carburé pendant toute la période d'action, — les parties les plus légères étant entraînées les premières, — il faut reconnaître que cet inventeur a triomphé heureusement d'un certain nombre de difficultés et que sa machine présente une application à la fois curieuse et ingénieuse des propriétés du pétrole.

Grâce à la précaution qu'on a prise de ne produire l'allumage que par l'électricité, on évite les dangers d'incendie qu'on encourrerait dans le cas d'une chute si une rupture du réservoir à éther de pétrole ou de l'un de ses tuyaux, venait à mettre ce liquide au contact de la flamme indispensable pour maintenir à une température convenable le tube d'ignition.

De plus, tandis qu'il faut un certain temps (parfois dix minutes) pour amener à la température convenable le tube d'ignition, l'allumage électrique, au contraire, fonctionne instantanément. Cet avantage doit être pris en considération par les personnes qui font usage des véhicules automobiles par besoins professionnels et qui sont obligées à de fréquents arrêts.

Voici quelques renseignements numériques relatifs à cette machine :

Poids du bicycle complet, 100<sup>kr</sup>,5.  
 Force du moteur, 50 kilogrammètres à la vitesse normale de 180 tours à l'heure.  
 Vitesse du régime, 28 kilomètres à l'heure avec 180 tours.  
 Maximum *en palier*, 55 kil. avec 325 tours, le moteur donnant 86 kilogram.

|                    |   |                      |                  |
|--------------------|---|----------------------|------------------|
| Dépenses par heure | } | électricité. . . . . | 0 fr. 037        |
|                    |   | graissage. . . . .   | 0 027            |
|                    |   | gazoline. . . . .    | 0 280            |
|                    |   |                      | <u>0 fr. 344</u> |

Le récipient à éther de pétrole en contient une suffisante quantité pour permettre 10 à 12 heures de marche sur un terrain accidenté.

### *Voitures automobiles au pétrole*

#### Moteur Daimler

Le moteur Daimler, qui est appliqué aux voitures de la Maison *Panhard et Levassor* et aux voitures des *Fils de Peugeot frères* est représenté (fig. 106 et 106 bis) en élévation et en coupe<sup>1</sup>.

Ce moteur comprend deux cylindres A, A', légèrement inclinés sur la verticale passant entre eux.

Ces deux cylindres communiquent par leur partie inférieure avec un bâti cylindrique B, dont les fonds, munis de presse-étoupes, laissent passer l'arbre moteur, et lui servent de paliers.

A l'intérieur du bâti B, sur l'arbre moteur C, sont calés deux plateaux-manivelles D, D', qui ne laissent entre eux et les parois qu'un espace très faible.

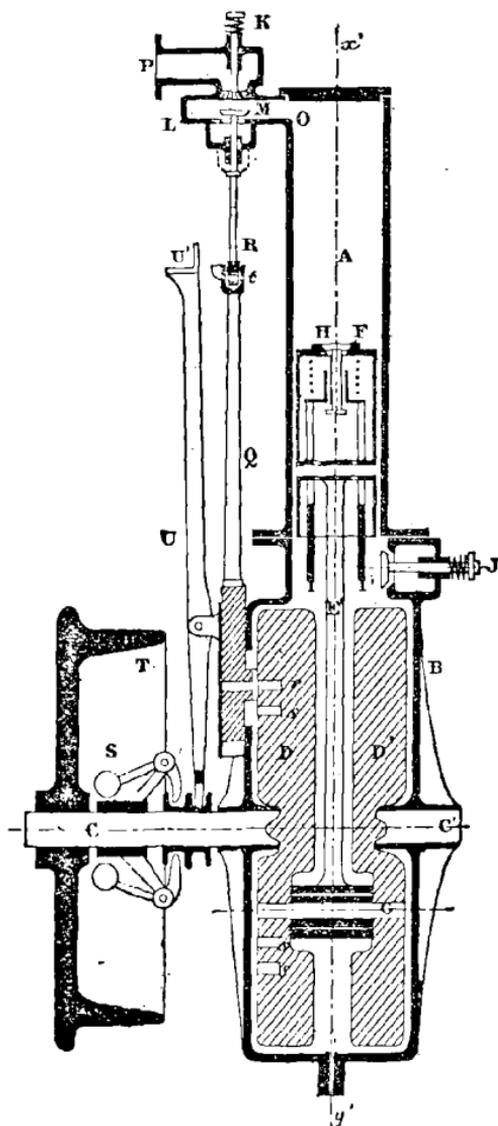
Les pistons F, F', sont articulés sur deux bielles E, E', qui s'attachent aux deux plateaux-manivelles en un même point G. Ce point G se trouve sur la verticale passant entre les deux cylindres quand les deux pistons sont aux extrémités des courses.

Les deux pistons portent au centre une soupape H, s'ouvrant du bâti dans le cylindre à la fin de la course du piston vers le bâti, sous l'action de deux fourchettes représentées en I, I'.

Pour bien saisir le fonctionnement, il faut remar-

1. La locomotion automobile, février 1895, p. 28, 29, 30. — Paris. — Julien Lefèvre, Les Moteurs. Paris, 1896, p. 288, fig. 100 et 101.

quer tout d'abord que les deux pistons n'ont pas une



Coupe

FIG. 106. — Moteur Daimler.

marche alternative mais une marche simultanée et dans le même sens ; et qu'un des cylindres est à la période de travail, lorsque l'autre est à la période d'admission, et *vice versa*.

Supposons que les pistons partent en avant, ils compriment évidemment l'air contenu dans le bâti ; en même temps voici de l'autre côté du piston ce qui se passe dans chacun des cylindres. Dans le cylindre qui est à l'admission, le mélange d'air et d'hydrocarbures est aspiré, jusqu'au moment où, à la fin de la course avant du piston, la soupape H, que

nous avons dite tout à l'heure, s'ouvre sous l'action

des fourchettes I, I', et laisse pénétrer une charge d'air comprimé qui refoule le mélange inflammable.

Dans le cylindre qui est au travail, l'explosion se produit, et le piston moteur entraîne la machine et l'autre piston, jusqu'au moment où, de son côté aussi, sous l'impulsion des fourchettes, la soupape du piston s'ouvre et laisse pénétrer dans le cylindre où vient de se produire l'explosion, et où la pression est devenue inférieure à celle du bâti, une charge d'air pur comprimé qui chasse les produits de la combustion.

Les deux pistons reviennent ensuite sur leurs pas, en s'éloignant du bâti, et en y

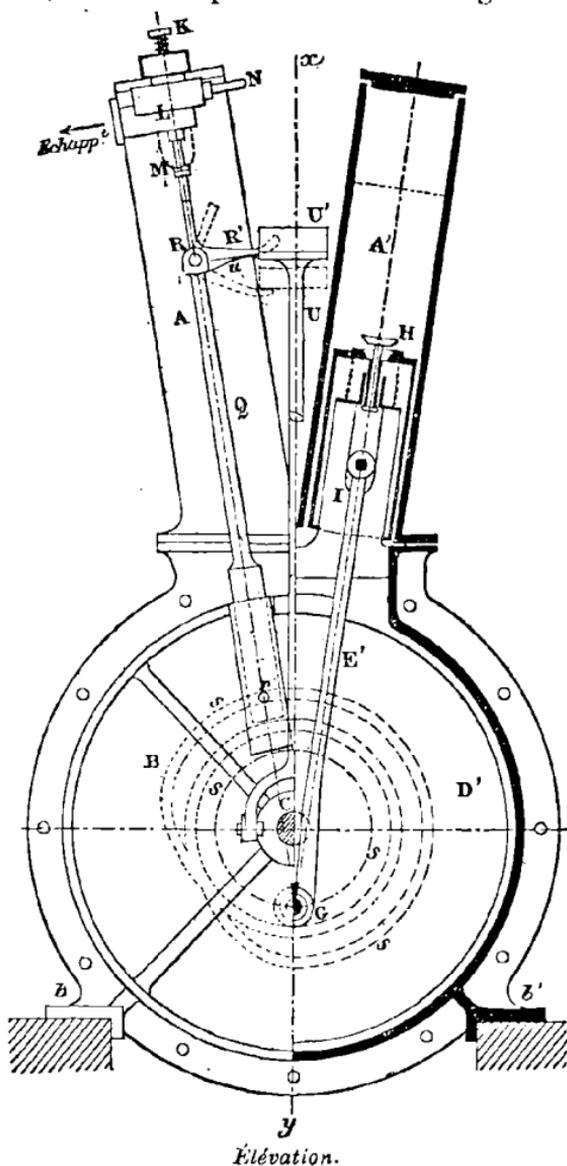


FIG. 106 bis. — Moteur Daimler.

faisant un vide relatif, que remplit l'air extérieur pénétrant par la soupape J.

En même temps, d'une part, dans le cylindre qui vient de travailler, le piston expulse dans l'atmosphère les charges juxtaposées de gaz brûlé et d'air pur, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que de l'air pur; d'autre part, dans le cylindre qui se prépare au travail, le piston comprime le mélange d'air et d'air hydrocarburé jusqu'au moment où, les deux pistons étant arrivés à la fin de cette nouvelle course, le mélange est enflammé, l'explosion se produit et tout le système est projeté en avant. Les diverses opérations ci-dessus décrites se répètent et le mouvement devient continu.

L'admission se fait au moyen d'une soupape automatique K placée à la partie supérieure d'une boîte L. Cette boîte contient aussi la soupape d'échappement M et l'appareil d'allumage N.

Au moment de l'admission, la soupape K se soulève, l'air hydrocarburé pénètre dans le cylindre par le conduit O. C'est par ce conduit O, par la soupape M et par l'ouverture P que sortent aussi les produits de la combustion.

La soupape d'échappement M est ouverte à temps par la tige Q, qui porte à sa partie inférieure un petit galet *r* se déplaçant dans une rainure *s* tracée dans un des plateaux-manivelles. Ce galet fait deux fois le tour de l'arbre moteur avant de revenir à son point de départ, et ainsi la tige Q n'agit, ce qu'il faut, que tous les deux tours sur la soupape d'échappement M.

L'allumage est obtenu par un tube d'ignition N fixé sur la boîte L, et chauffé par une lampe à gazoline. L'ensemble des deux lampes, des deux tubes d'ignition et des boîtes L des deux cylindres est renfermé dans une boîte métallique qui protège la flamme et diminue les chances d'incendie.

La régularisation est obtenue par suppression totale du mélange en agissant sur la tige Q actionnant la soupape d'échappement.

A cet effet la tige Q est terminée par le levier coudé R, mobile autour du point *t*, et dont un bras R' est maintenu dans le prolongement de la tige Q par le ressort *u*.

Le régulateur S fixé sur l'arbre moteur entre la poulie motrice T et le bâti B agit sur le levier U, et le rapproche des cylindres quand la vitesse est trop grande. Dans ces conditions un taquet U' terminant le levier U rencontre le bras R' de la tige Q au moment où celle-ci monte pour ouvrir la soupape d'échappement M. Le levier oscillant alors autour du point *t*, cette soupape n'est pas ouverte et les produits de la combustion restent dans le cylindre et empêchent la soupape d'admission de se soulever, tant que la vitesse n'est pas devenue normale.

Le refroidissement des cylindres est obtenu au moyen d'une circulation d'eau déterminée par une petite pompe. On compte une consommation de 15 litres d'eau par 40 kilomètres pour un moteur de 4 chevaux environ (force regardée comme nécessaire pour une voiture à 4 places).

Le carburateur est porté par le moteur lui-même, sur les cylindres. Il se compose d'un réservoir contenant de l'essence de pétrole à 0,700 environ de densité, sur laquelle repose un appareil d'aspiration à flotteur.

*La mise en marche* est effectuée au moyen d'une manivelle, située à l'extrémité C' de l'arbre moteur, se désembrayant quand la machine est lancée.

Le moteur Daimler, comme nous venons de le voir, est d'une très grande simplicité, ses dimensions sont en outre très réduites et son poids faible.

M. Chauveau reproche aux moteurs Daimler : « Une construction délicate résultant des faibles dimensions des

*organes, une surveillance et un entretien difficile des soupapes placées sur les pistons et une marche bruyante. »*

## 2<sup>o</sup> Moteur Tenting<sup>1</sup>

Le moteur Tenting construit par la Société de construction des Batignolles se compose d'un cylindre A (fig. 107 et 108) venu de fonte avec le bâti B, qui porte la machine. Une bielle D transmet le mouvement du piston à l'arbre coudé E, qui porte à une de ses extrémités le volant H et la poulie motrice. Une particularité intéressante c'est que les paliers qui portent l'arbre coudé sont relevés de manière que l'axe de cet arbre se trouve à un niveau supérieur à l'axe du cylindre. Grâce à cette disposition, quand le piston est à fond de course et que l'allumage a lieu, la bielle a une certaine inclinaison et l'explosion ne se fait pas au point mort.

L'admission du mélange détonant se fait automatiquement. A cet effet le fond du cylindre est muni d'une ouverture centrale par laquelle passe la tige d'une soupape maintenue sur l'ouverture par un ressort extérieur.

Cette soupape K ferme une série de trous L, M, concentriques au premier. L'une de ces ouvertures M communique par un conduit N avec l'arrivée de l'air chargé d'hydrocarbures; les autres débouchent dans une boîte O communiquant par O' avec l'air extérieur.

Au moment de l'admission, l'aspiration fait ouvrir la soupape K, l'air et l'air hydrocarboné pénètrent dans le cylindre et s'y mélangent. Pendant les périodes de compression, de travail et d'échappement, la pression dans le cylindre est supérieure ou égale à celle de l'atmosphère et empêche la soupape K de s'ouvrir.

La soupape d'échappement P est commandée par une

1. Journal « La Locomotion automobile », mars 1895, p. 64, et juin, p. 435. — Julien Lefèvre, Les Moteurs, p. 286.

tige S qui, guidée en R, possède un mouvement alternatif. Ce mouvement lui est donné par une roue dentée T, qui lui sert de plateau manivelle. Cette roue T engrène avec un pignon T' calé sur l'arbre moteur, et de rayon deux fois moindre que la roue T.

L'allumage employé dans le moteur Tenting était primitivement (1887) obtenu par une étincelle électrique, engendrée, par la dérivation du courant induit d'une bobine d'induction, actionnée par deux piles au bichromate de potasse.

La Société de construction des Batignolles l'a remplacé par un allumeur à tube incandescent.

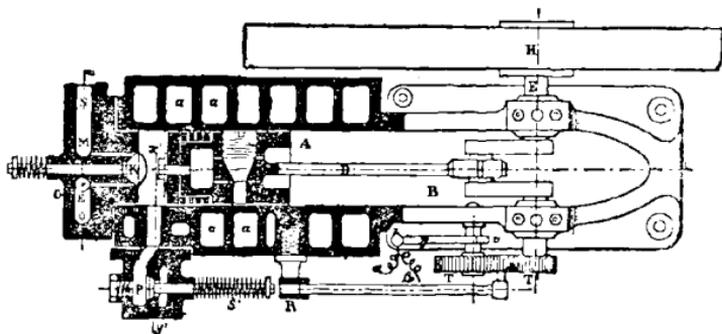


Fig. 107. — Moteur Tenting.

La régularisation est obtenue par suppression du mélange détonant en agissant sur l'échappement. Un régulateur à boules, actionné par l'arbre moteur à l'aide d'une courroie, commande à cet effet le levier  $v$  (fig. 109) portant à sa partie inférieure un petit arrêt  $v'$ , dont la longueur est plus grande que la distance séparant le guide R de l'extrémité de la tige S' de la soupape d'échappement, quand celle-ci est fermée.

Si la machine marche normalement, la tige  $v$  sous l'action du régulateur reste appliquée contre la paroi extérieure du cylindre et n'agit sur aucun organe

(fig. 109). Si au contraire la vitesse du moteur est trop grande le levier  $\rho$ , sous l'action du régulateur, vient en avant et lorsque sous l'action de S la soupape s'ouvre,  $\rho'$  vient se placer entre la tige S' et le guide R maintenant aussi cette soupape ouverte, et empêchant toute entrée d'une nouvelle charge explosive, jusqu'à retour à la vitesse normale.

Le refroidissement du cylindre est obtenu, jusqu'à 4 chevaux, au moyen d'ailettes refroidissantes disposées de la façon spéciale suivante: Le cylindre A (fig. 107 et 108) est placé au centre d'une caisse A' ouverte

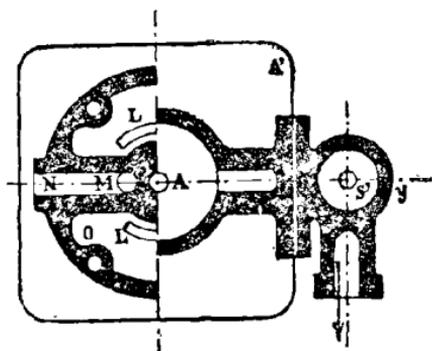


FIG. 108. — Moteur Tenting.

en haut et en bas et divisée en compartiments  $a, a'$ , le tout venu de fonte avec le bâti B. Il s'établit ainsi des sortes de cheminées où l'air circule, enlevant, dans son passage, la chaleur aux parois du cylindre.

Au delà de 4 chevaux, la circulation d'eau est employée au même but.

La mise en marche se fait comme dans tous les moteurs à pétrole, et est facilitée par un robinet placé sur la soupape d'échappement et qui, ouvert, rend la compression moins grande dans le cylindre.

Le carburateur se compose de trois réservoirs superposés. Dans le supérieur se trouvent les provisions de pétrole ou de gasoline; dans le moyen, qui est vraiment le carburateur, il existe au fond une couche de pétrole d'une certaine épaisseur, fournie par le réservoir supérieur; dans le réservoir inférieur enfin, sorte de boîte d'échappement, les gaz brûlés dans le cylindre passent,

et produisent une certaine chaleur destinée à contrebalancer l'effet du froid produit par l'évaporation de l'hydrocarbure.

Suivant M. Chauveau<sup>1</sup>, ce moteur est simple et peu encombrant, sauf, en ce qui concerne son carburateur *mais sa marche laisse à désirer comme régularité.*

Le moteur est placé horizontalement sous la voiture, disposition qui rend presque nulles les trépidations non seulement en marche, mais même à l'arrêt. Il marche à une vitesse de 240 à 250 tours par minute et tourne donc bien moins vite que les autres moteurs utilisés pour voitures automobiles qui font 700 à 1,000 tours à la minute, tel le moteur Daimler par exemple, et cette condition est très favorable parce qu'elle ménage infiniment le mécanisme et rend l'usure presque nulle. Ce mécanisme est d'ailleurs très simple et très robuste, et son graissage est assuré par des graisseurs automatiques.

Les cylindres en usage sur les voitures Tenting s'échauffent comme dans tous les moteurs à pétrole. Jusqu'à la force de 4 chevaux, on pourrait assurément en employant des cylindres à ailettes se passer d'un

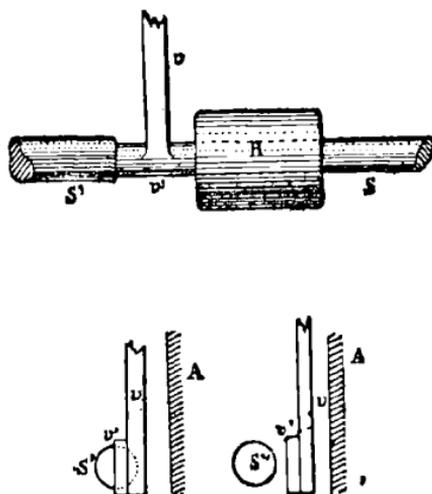


FIG. 109. — Moteur Tenting : Régulateur.

1. Chauveau, Traité pratique des moteurs à gaz. Paris, libr. Baudry.

appareil refroidissant; mais M. Tenting a remarqué que, dans le cas où on se passe de cet appareil, le moteur marche infiniment moins bien, et il emploie et conseille, nonobstant les petits inconvénients, une circulation d'eau froide. Cette eau circule par simple différence de densité entre le cylindre et le réservoir disposé à portée des pieds du conducteur et pouvant en hiver lui servir de chaufferette.

Le mouvement est transmis du moteur aux roues arrière-motrices par l'intermédiaire d'une chaîne Gall s'enroulant, comme dans les tricycles vélocipédiques, sur un plateau creux contenant un mouvement différentiel. Cette chaîne est elle-même actionnée par un pignon mû par le moteur, par l'intermédiaire d'un appareil représenté en D, E, C, (fig. 110). Grâce à un levier de manœuvre placé sur la voiture à portée de la main du conducteur, et à une pédale spéciale, l'appareil Tenting permet, à volonté et sans aucun choc, l'arrêt ou la marche en avant ou en arrière, et toutes les vitesses entre les vitesses minima et maxima fournies pour la voiture.

La mise en marche se fait aussi très simplement dans la voiture Tenting. Il suffit, le moteur étant débrayé, ou l'appareil de changement de vitesse étant à la position de « vitesse nulle », de communiquer au volant dans le sens de la marche deux ou trois tours, à l'aide d'une manivelle détachable.

On obtient l'arrêt de la voiture ou sans arrêter le moteur ou en l'arrêtant. Dans le premier cas, on peut déterminer l'arrêt de la voiture, soit en agissant sur une nouvelle pédale reliée à un frein spécial à treuil, agissant sur le plateau creux contenant le mouvement différentiel; l'action est très énergique et sans brusquerie et dans le second cas soit en débrayant à l'aide de la pédale, dont nous avons parlé en premier lieu, ou en

obtenant par l'emploi de cette pédale et du levier précédemment cité la *vitesse nulle*. L'emploi de ce levier permet même plus que l'arrêt instantané puisqu'il peut produire immédiatement le renversement de la marche.

En arrêtant le moteur, on peut aussi déterminer l'arrêt de la voiture. Il suffit dans ce cas d'agir sur un robinet d'admission au mélange carburé dans les cylindres. En dehors du levier, des deux pédales et du

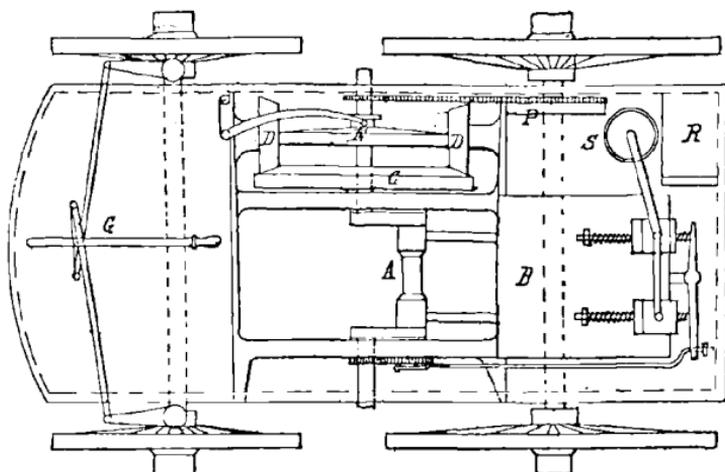


FIG. 110. -- Schéma de la Voiture Tenting.

A Arbre et manivelles. — B Cylindres du moteur. — C Volant d'entraînement. — D. Cônes de friction. — E Plateau d'entraînement. — G Direction. — P Transmission. — R Réservoir à pétrole. — S Barbotteur de l'air aspiré par les pistons.

robinet que nous venons de dire, le conducteur a encore à sa portée un deuxième robinet, pour l'admission de l'air pur dans le carburateur et la variation des proportions d'un mélange carburé, et grâce à ces divers organes, qu'il faut plus de temps pour décrire que pour mettre en jeu, il est toujours maître de sa voiture, de sa vitesse, de sa marche et de son arrêt.

Quant à la direction, elle s'obtient on ne peut plus simplement en poussant à droite ou à gauche, selon qu'on veut aller à droite ou à gauche, un levier hori-

zontal. Le mouvement donné par la main à ce levier se transmet par un système particulier de bielles à chacune des roues-avant qui pivotent l'une et l'autre aux extrémités de l'essieu-avant fixe. Ces roues-avant sont très écartées et assurent à la voiture une stabilité très grande. De ce côté encore, M. Tenting a dernièrement apporté un perfectionnement important à sa voiture à pétrole. Il a donné à l'axe du pivot de chacune des roues-avant une inclinaison oblique, telle que le point de rencontre de cet axe fictivement prolongé avec le sol coïncide avec le point de contact de la roue et du sol. Il rend ainsi égal à zéro le rayon du cercle décrit par le pivot de contact de la roue avec le sol autour de l'axe fictivement prolongé du pivot, et supprime les secousses désagréables, conséquence de ce mouvement circulaire, communiquées au levier de direction.

### 3<sup>o</sup> Moteur Benz <sup>1</sup>

Ce moteur a été appliqué par M. Roger à sa voiture automobile. Cette voiture (fig. 111) se distingue de ses congénères par les principales dispositions suivantes :

Son moteur du cycle à 4 temps est en tous points semblable aux moteurs industriels système Benz, il est à un seul cylindre et ses organes sont aussi réduits que possible ; il tourne à une vitesse relativement faible (environ 300 tours à la minute) ; sa disposition horizontale supprime les trépidations de bas en haut qui sont si fatigantes pour les voyageurs, et constituent le plus grand désagrément des moteurs Daimler. — Il est placé à l'arrière à hauteur d'homme, visible et accessible facilement dans toutes ses parties.

La transmission du mouvement se fait par courroies. Ce système si critiqué a cependant le grand avantage

1. D'après La locomotion automobile, février 1895, p. 28, 29, 30.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

de supprimer les engrenages et les chocs en cours de route provenant des aspérités du terrain.

Un autre avantage c'est que l'on peut utiliser le moteur comme force motrice pour actionner un engin quelconque, il peut dans ce cas servir sans être descendu de la voiture.

La direction par un dispositif breveté est agencée de telle façon que la rencontre du plan des 2 roues directrices est sur l'axe de l'essieu d'arrière, ce qui fait que le plan des roues est mathématiquement tangentiel au chemin parcouru ; il supprime tout effort latéral sur

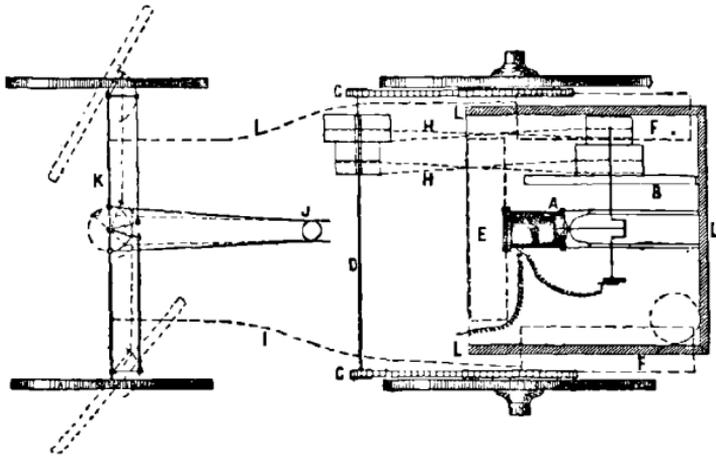


Fig. 111. — Schéma du Mécanisme de la Voiture Roger.

A. Moteur. — B. Volant. — C. Pignon, chaîne et roue dentée. — D. Arbre de mouvement différentiel. — E. Réservoir à pétrole. — FF. Réservoir à eau. — G. Carburateur. — H. Courroies de transmission. — J. Direction. — K. Essieu brisé. — L. Cadre.

les roues, rend impossible le renversement de la voiture et assure aux roues une durée illimitée.

L'allumage se fait par l'électricité, au moyen d'accumulateurs et d'une bobine d'induction.

Ces accumulateurs perfectionnés ont une réserve d'énergie suffisante pour une durée de 100 heures (environ) chacun et se rechargent au moyen de 2 éléments Delaurier.

4<sup>o</sup> Tricycle automobile Bollée

L'aspect du tricycle Bollée (du Mans) est celui d'une voiturette très basse et très longue. Le peu d'élévation du véhicule lui donne une stabilité complète, car son centre de gravité n'est placé qu'à 40 centimètres au-dessus du sol ; stabilité qui est accrue par la largeur relative du triangle de base (1<sup>m</sup> 10 sur 1<sup>m</sup> 25) et par la position des roues directrices à l'avant. La forme allongée du tricycle, très propice à la vitesse, lui donne une vague apparence de torpilleur, et quiconque l'a vu filer en palier à 50 kilomètres à l'heure, et à 45 dans les descentes, reconnaîtra que ce surnom de torpilleur de route est pleinement justifié. Le véhicule pèse en ordre de marche 160 kilogrammes.

Le moteur est à pétrole (essence minérale) et à quatre temps, comme d'ordinaire. Il n'a qu'un seul cylindre, avec refroidissement par des ailettes, et de forme très allongée afin que la détente soit la plus complète possible. Le brûleur est combiné de telle sorte que la flamme fasse retour sur elle-même dans un réverbère. Le carburateur est l'appareil de MM. Panhard et Levassor<sup>1</sup>. Le moteur, d'après des essais que nous n'avons pu contrôler, ferait de 800 à 1,200 tours à la minute et 165 kilogrammètres par seconde, soit près de deux chevaux et demi. La commande du moteur sur la roue motrice, qui est la roue d'arrière, est établie par une courroie et non par une chaîne, ainsi que l'admettent la plupart des constructeurs. Trois engrenages de tailles différentes permettent au conducteur de passer, selon les besoins, à

1. L'inventeur a cherché à rendre aussi pratique que possible la manœuvre du moteur, en plaçant toutes les soupapes à portée de la main, ce qui semble contraire aux usages reçus.

trois vitesses différentes à partir de 8 kilomètres à l'heure et de gravir, même par route boueuse, des côtes de 10 pour 100, extrêmement rares en France. La roue motrice mesure 75 centimètres de diamètre et les deux directrices 85 ; toutes trois sont montées sur roulements à billes et munies de pneumatiques démontables Michelin<sup>1</sup>.

## XII

### Huiles de graissage

L'Exposition de 1878 a attiré pour la première fois en France l'attention sur les huiles de naphte du Caucase, et c'est en grande partie aux efforts des agents français de la maison Ragosine, propriétaire en Russie d'une des plus importantes usines pour la fabrication des huiles de graissage, que la consommation par les diverses industries des huiles brutes ou rectifiées, provenant du naphte, a pris un très grand développement dans notre pays.

Parmi les Compagnies de chemins de fer français, celle de l'Ouest fut pendant quelques années la seule qui fit usage d'huile russe. M. Ribail, ingénieur de la traction de cette Compagnie<sup>2</sup>, auquel revient le mérite d'avoir le premier su apprécier les qualités de ce nouveau lubrifiant, en a commencé, dès 1878, l'essai pour le graissage des locomotives et tenders. Le résidu de naphte brut (densité 0,914) fut tout d'abord incor-

1. Le tricycle automobile Bollée (La Nature, 16 mai 1896).

2. Extrait du rapport de M. Louis Salomon, Ingénieur des chemins de fer de l'Est. Paris, veuve Dunod, 1885.

poré dans la proportion d'un quart au colza, jusqu'alors employé seul et sans mélange. En raison des bons résultats obtenus, cette proportion fut progressivement augmentée de telle sorte que le mélange actuel est formé inversement :  $1/4$  colza et  $3/4$  huile russe.

Depuis près de 15 années, la Compagnie des chemins de fer Alsace-Lorraine applique les huiles vertes de Pechelbronn dans ses boîtes à huile munies de coussinets en métal blanc et, à partir de l'année 1880, le chemin de fer du Grand-Central Belge a employé, en mélange, les huiles provenant du Caucase.

Tandis que la Compagnie de l'Est procédait aux essais de l'emploi exclusif du résidu de naphte brut sans aucun mélange, M. Bricogne, ingénieur, inspecteur principal du matériel de la Compagnie du Nord, a remplacé avec grand avantage l'huile en usage, composée de 40 pour 100 de colza brut et 60 pour 100 de résine, coûtant 54 fr. les 100 kilogrammes, par un mélange formé de 20 pour 100 de colza brut et de 80 pour 100 de résidu de naphte, mélange dont le prix était à cette époque de 45 fr. les 100 kilogrammes.

En raison de leur valeur relativement faible et de leurs qualités spéciales, les huiles minérales de graissage furent favorablement accueillies par les consommateurs, si bien que leur application va croissant chaque jour.

Elles possèdent en effet, sur les huiles végétales et animales, certains avantages bien marqués.

Lorsque l'on emploie les huiles végétales et animales pour le graissage des valves et cylindres, il arrive que, étant donné la température élevée à laquelle elles se trouvent portées dans le cylindre, en présence de la vapeur d'eau, ces matières grasses se décomposent en fournissant des acides oléique, margarique, stéarique, qui attaquent les segments de piston et les

surfaces métalliques avec lesquelles ils sont en contact. Il en résulte la formation d'un cambouis semi-métallique qui pendant la marche augmente les frottements et l'usure des segments du piston. Après l'arrêt de la machine, ces crasses durcissent et produisent des dépôts qui peuvent compromettre le bon fonctionnement du moteur.

Les huiles minérales de bonne qualité, étant neutres, laissent au contraire le métal inattaqué et ne produisent pas de cambouis durs, ce qui constitue une grande supériorité.

Les diverses lubrifications d'organes de machines différentes exigent l'emploi d'huiles appropriées dont le choix ne peut être judicieusement fait que par une personne expérimentée, aussi cette multiplicité de qualités que l'on réclame a-t-elle nécessité la préparation d'un grand nombre de produits lubrifiants extraits presque totalement des huiles minérales américaines, russes et anglaises. Ce sont les huiles russes qui sont le plus consommées en France.

Les huiles américaines les plus légères, dont la densité varie de 0,833 à 0,864 sont souvent désignées sous le nom d'*huiles neutres* (neutral oils). Elles sont très utilisées pour faire des mélanges avec les huiles animales et végétales, il est donc absolument nécessaire de les désinfecter et de les décolorer complètement et de faire disparaître avec non moins de soin la fluorescence ou reflet bleuâtre, si caractéristique dans les dérivés liquides et lourds du pétrole : la décoloration et la désinfection s'obtiennent par des filtrages au noir animal et la fluorescence disparaît au moyen de traitements par l'acide nitrique, par l'addition de quantités minimales de nitro-naphtalines, etc.

Les huiles américaines lourdes de graissage se différencient en huiles pour broches (spindle), huiles

pour machines et huiles pour cylindres (cylinder oils) : les caractères importants de ces huiles sont de ne s'enflammer qu'à des températures élevées, de ne se solidifier qu'à basse température et d'avoir une très grande viscosité.

On en trouve une très grande variété, surtout parmi celles qui sont destinées au graissage des cylindres, et il faut remarquer que certaines de ces huiles, quoique de couleur noire, atteignent des prix plus élevés que ceux des huiles raffinées.

Les huiles de provenance russe sont représentées par quatre qualités : trois raffinées, une brute, soit :

Oléonaphte n° 0 ou 00, huile orange foncée, densité 0,910, employée pour le graissage des cylindres et tiroirs de machines à vapeur.

Oléonaphte n° 1, huile orange, densité 0,905 à 0,907, employée pour le graissage des machines, transmissions, et pour le mélange avec les huiles de graissage animales ou végétales.

Oléonaphte n° 2, huile orange claire, densité 0,895 à 0,897, employée pour le graissage des métiers de tissage, broches de filatures, etc.

Ces huiles sont translucides ; elles présentent les reflets irisés qui caractérisent le pétrole ; la purification les a débarrassées de toute trace de goudron. Leur viscosité diminue en même temps que leur densité.

L'oléonaphte n° 0 peut être avantageusement employé pour les moteurs des ateliers des chemins de fer.

Vient enfin la qualité dite :

Mazout ; cette huile, de couleur noire, d'une densité de 0,910 à 912, est le résidu de la distillation du pétrole ; elle ne subit aucun traitement de raffinage, et s'emploie telle quelle, presque exclusivement pour le graissage du matériel roulant des chemins de fer.

Pour cet usage, on la mélange généralement avec

d'autres huiles. Voici quelles sont les formules employées en France :

|                       |   |                               |
|-----------------------|---|-------------------------------|
| Compagnie de l'Ouest. | { | 85 Mazout.                    |
|                       |   | 15 Huile de colza au maximum. |
| — du Nord.            | { | 25 Mazout.                    |
|                       |   | 75 Huile de colza.            |
| — de l'Est.           | { | 80 Mazout.                    |
|                       |   | 20 Huile de colza.            |
| — d'Orléans.          | { | 50 à 60 huile de résine.      |
|                       |   | 30 à 40 — de colza.           |
|                       |   | 10 à 20 Mazout.               |
| — du Midi.            | { | 60 à 70 Mazout.               |
|                       |   | 20 à 30 huile de colza.       |

Les huiles de provenance anglaise sont surtout destinées aux mélanges, soit avec des huiles minérales plus denses ou plus légères, soit avec des huiles végétales ou animales, ce sont presque toujours des huiles raffinées, d'une densité de 0,865 à 0,890.

Les différentes huiles de graissage présentent des viscosités différentes suivant leur nature et leur origine. Les tableaux suivants font connaître les propriétés utiles d'un certain nombre d'huiles russes et américaines :

#### HUILES RUSSES (D'APRÈS ANDRÉ)

| DÉSIGNATIONS                     | DENSITÉ à 15° | POINT<br>d'inflammabilité.<br>Appareil<br>Luchaire | FLUIDITÉ                                                                              |           |
|----------------------------------|---------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                  |               |                                                    | déterminée à l'IXOMÈTRIS BARRY:<br>centimètres cubes par heure<br>à la température de |           |
|                                  |               |                                                    | 35°                                                                                   | 50°       |
| Oléonaphte, N° I. . . . .        | 905           | 184                                                | 48                                                                                    | 105       |
| Oléonaphte, N° O. . . . .        | 910           | 200                                                | 28                                                                                    | 67 1/2    |
| Oléonaphte, N° OO. . . . .       | 911           | 215                                                | 21 1/2 à 22                                                                           | 52        |
| Oléonaphte, N° VII. . . . .      | 912           | 147                                                | 30                                                                                    | 69        |
| Volgaline <b>Extra</b> . . . . . | 904           | 233                                                | »                                                                                     | 39        |
| Volgaline <b>A</b> . . . . .     | 890           | 268                                                | »                                                                                     | 28 à 29   |
| Compound <b>E</b> . . . . .      | 909           | 194                                                | 80                                                                                    | 159 à 160 |

## HUILES AMÉRICAINES

| QUALITÉ                  | DENSITÉ<br>à 15° C. | INFLAMMABILITÉ |                                            | VISCOSITÉ A 100° C.<br>D'APRÈS<br>LE VISCOSIMÈTRE ENGLER |                                                          |
|--------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                          |                     | DES<br>VAPEURS | DE L'HUILE                                 | VISCOSITÉ<br>EN<br>MINUTES<br>et<br>SECONDES             | VISCOSITÉ<br>SPÉCIFIQUE<br>COMPARÉE<br>à l'eau,<br>à 20° |
| Ajax cylinder. . . . .   | 0.893               | 240° C.        | 271° C,                                    | 2' 4                                                     | 2,32                                                     |
| A. Cylinder. . . . .     | 0.898               | 290            | 322                                        | 3 46                                                     | 4,23                                                     |
| N. Cylinder. . . . .     | 0.906               | 295            | 326                                        | 4 28                                                     | 5,01                                                     |
| Dark N. cylinder. . .    | 0.902               | 300            | } Ne brûle pas<br>au-dessous<br>de 360° C. | } 4 6 1/2                                                | } 4,08                                                   |
| Continental cylinder. .  | 0.889               | 260            |                                            |                                                          |                                                          |
| Cosmos cylinder. . . .   | 0.893               | 255            | 285                                        | 2 40                                                     | 2,99                                                     |
| Economic cylinder. . .   | 0.893               | 283            | 312                                        | 3 13                                                     | 3,61                                                     |
| Extra filtered cylinder. | 0.892               | 280            | 311                                        | 3 32                                                     | 3,96                                                     |
| Gold test cylinder. . .  | 0.893               | 266            | 296                                        | 2 52                                                     | 3,22                                                     |
| XXX. Valve oil. . . . .  | 0.893               | 294            | 323                                        | 3 37                                                     | 4,06                                                     |
| FFF. Cylinder. . . . .   | 0.891               | 302            | 330                                        | 3 37                                                     | 4,06                                                     |
| Locomotive cylinder. .   | 0.899               | 321            | 346                                        | 4 40                                                     | 5,24                                                     |

COMPARAISON DES VISCOSITÉS DES HUILES RUSSES  
ET AMÉRICAINES

| HUILES                                          | DENSITÉ | VISCOSITÉ              |                         | DIMINUTION<br>DE VISCOSITÉ<br>P. 100 |
|-------------------------------------------------|---------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                                                 |         | à 70° F.<br>(21° 4 C.) | à 120° F.<br>(48° 8 C.) |                                      |
| Russe. . . . .                                  | 0.913   | 1.400                  | 166                     | 88                                   |
| Américaine. . . . .                             | 0.914   | 231                    | 66                      | 71                                   |
| Russe. . . . .                                  | 0.907   | 649                    | 133                     | 79                                   |
| Américaine. . . . .                             | 0.907   | 171                    | 58                      | 66                                   |
| Russe. . . . .                                  | 0.898   | 173                    | 56                      | 67                                   |
| Américaine. . . . .                             | 0.891   | 81                     | 40                      | 50                                   |
| Colza raffiné (comme com-<br>paraison). . . . . | »       | 321                    | 112                     | 65                                   |
|                                                 |         |                        |                         | Boverton<br>Redwood.                 |

Les déterminations suivantes ont été faites par  
M. Barbey, au moyen de son ixomètre :

| ORIGINE ET NATURE                                         | DENSITÉ<br>à 15° | FLUIDITÉ<br>à 35° C. |
|-----------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| <b>Russie.</b>                                            |                  |                      |
| Oléonaphte, N° 2. . . . .                                 | 0.894            | 115                  |
| — N° 1. . . . .                                           | 0.906            | 50                   |
| — N° 0. . . . .                                           | 0.912            | 30                   |
| Mazout. . . . .                                           | 0.912            | 40                   |
| <b>Amérique.</b>                                          |                  |                      |
| Huile américaine. . . . .                                 | 0.879            | 51                   |
| Valvoline. . . . .                                        | 0.888            | 15                   |
| <b>Alsace.</b>                                            |                  |                      |
| Huile H. . . . .                                          | 0.911            | 90                   |
| Huile E. . . . .                                          | 0.917            | 68                   |
| <b>Huiles de schistes.</b>                                |                  |                      |
| Huile de schiste blonde d'Ecosse. . . . .                 | 0.862            | 620                  |
| Huile de Boghead. . . . .                                 | 0.887            | 352                  |
| Huile d'Autun (noire). . . . .                            | 0.894            | 700                  |
| <b>Huiles animales et végétales.</b>                      |                  |                      |
| Acide oléique de saponification. . . . .                  | 0.903            | 138                  |
| Colza brut. . . . .                                       | 0.916            | 100                  |
| Navette de froissage. . . . .                             | 0.916            | 90                   |
| Pieds de mouton. . . . .                                  | 0.917            | 98                   |
| Olive verte. . . . .                                      | 0.918            | 106                  |
| Arachide brute. . . . .                                   | 0.920            | 105                  |
| Huile de poissons. . . . .                                | 0.927            | 135                  |
| Lin de Bombay à froid (1 <sup>re</sup> pression). . . . . | 0.935            | 144                  |
| Lin du Nord à froid (1 <sup>re</sup> pression). . . . .   | 0.936            | 141                  |
| Huile de ricin. . . . .                                   | 0.964            | 14                   |
| Huile de résine. . . . .                                  | 0.984            | 72                   |

## VARIATIONS DE LA VISCOSITÉ DES HUILES AVEC LA TEMPÉRATURE (SALOMON)

| N° d'ordre | NATURE ET PROVENANCE<br>DE L'HUILE 1                    | Densité<br>à<br>+ 15° | Quantité<br>de<br>goudron<br>(en<br>centés<br>mcs) | Point<br>d'in-<br>flamma-<br>bilité<br>des<br>vapeurs | Point<br>de<br>congéla-<br>tion | DEGRÉ DE FLUIDITÉ A LIXOMÈTRE<br>BARBEY |       |       |        |       |      |
|------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|--------|-------|------|
|            |                                                         |                       |                                                    |                                                       |                                 | 0°                                      | 20°   | 35°   | 50°    | 75°   | 100° |
| 1          | Colza brut.                                             | 0,915                 | »                                                  | »                                                     | — 6°                            | 20,4                                    | »     | 84,0  | 143,4  | 286,8 | 492  |
| 2          | Résidu de naphte du Caucase (A.<br>et C <sup>1</sup> ). | 0,912                 | 16,5                                               | 132°                                                  | — 8°                            | 4,8                                     | »     | 43,2  | 94,4   | 247,2 | 492  |
| 3          | — (M. et C <sup>1</sup> ).                              | 0,907                 | 15,0                                               | 117°                                                  | — 9°                            | 6,»                                     | 24,0  | 55,8  | 126,6  | 315,0 | 576  |
| 4          | — (G. et C <sup>1</sup> ).                              | 0,912                 | 16,0                                               | 160°                                                  | — 8°                            | 5,4                                     | »     | 41,5  | 91,»   | 246,6 | 477  |
| 5          | — (V. C. et C <sup>1</sup> ).                           | 0,907                 | 15,0                                               | 102°                                                  | — 9°                            | 4,8                                     | 22,8  | 55,8  | 105,6  | 274,5 | 540  |
| 6          | Huile brute de Pêchebron (pour<br>le graissage).        | 0,917                 | 15,0                                               | 120°                                                  | — 5°                            | 1,5                                     | »     | 67,2  | 148,8  | 372,0 | 678  |
| 7          | Huile brute de Pêchebron (à gaz).                       | 0,863                 | 7,0                                                | 72°                                                   | 0°                              | 0                                       | 525,» | 732,» | 1020,0 | »     | »    |
| 8          | Résidu fortement goudronné du<br>pétrole d'Amérique.    | 0,920                 | 23,5                                               | 138°                                                  | — 4°                            | 0                                       | 15,6  | 52,2  | 116,4  | 280,8 | 531  |
| 9          | Huile minérale noire américaine.                        | 0,885                 | 15,0                                               | 160°                                                  | 0°                              | 0                                       | 22,2  | 50,4  | 111,6  | 262,8 | 442  |
| 10         | Huile minérale claire américaine.                       | 0,912                 | 3,0                                                | 145°                                                  | 0°                              | 0                                       | 89,4  | 174,» | 330,»  | 645,» | 1068 |
| 11         | Résidu du naphte du Kouban.                             | 0,965                 | 28,0                                               | 125°                                                  | — 8°                            | 0                                       | 5,4   | 18,6  | 50,4   | 162,» | 378  |
| 12         | Oleonaphte Ragosine N° 0.                               | 0,912                 | 6,0                                                | 170°                                                  | — 8°                            | 3,6                                     | 14,2  | 39,»  | 89,8   | 251,5 | 519  |
| 13         | — N° 1.                                                 | 0,907                 | 5,0                                                | 165°                                                  | — 10°                           | 6,4                                     | 27,»  | 61,3  | 129,»  | 336,» | 671  |
| 14         | — N° 2.                                                 | 0,899                 | 5,0                                                | 152°                                                  | — 20°                           | 21,5                                    | 53,9  | 144,» | 257,»  | 556,» | 968  |

4. Les Oléonaphtes N° 0, 1 et 2, sont des huiles parfaitement purifiées et limpides; malgré cela, sous l'action de 1/20 de leur volume d'acide sulfurique à 66°, ces huiles se carbonisent et fournissent 5 à 6 pour cent du dépôt noir auquel on est convenu d'appliquer le nom de goudron. — L'huile noire américaine (échantillon n° 8) provient d'un pétrole Canadien.

Des résultats ci-dessus indiqués, nous pouvons déduire les remarques suivantes :

Des huiles de viscosités sensiblement égales entre 0<sup>o</sup>c et 35<sup>o</sup>c peuvent avoir des viscosités très différentes aux températures élevées ; il est donc fort important d'éprouver la viscosité des huiles à 75<sup>o</sup>c ou mieux 100<sup>o</sup>c en même temps qu'à 20<sup>o</sup>c ou 35<sup>o</sup>c.

On voit que le résidu du naphte du Kouban présente une résistance remarquable à l'échauffement.

Les résultats obtenus avec les oléonaphthes Ragosine n<sup>os</sup> 0, 1 et 2 prouvent que les procédés suivis pour leur classification et leur purification produisent des huiles d'une fluidité supérieure à celle des hydrocarbures d'où elles proviennent.

#### Du choix de l'huile

Lorsque l'on examine la cohésion des huiles par rapport au but qu'elles doivent remplir, on trouve que les produits destinés aux mêmes usages ont, à la température à laquelle on doit les employer, un degré de viscosité très uniforme.

Cette viscosité diminue au fur et à mesure que la température croît, quelle que soit d'ailleurs leur nature ou leur origine. Bien que l'on ne puisse considérer la viscosité d'une huile comme représentant sa puissance de graissage, l'expérience a montré qu'il existait un rapport intime entre ces deux facteurs. Par contre, il n'en existe aucun entre le point d'inflammabilité d'une huile et son degré de viscosité. Des huiles ayant même point d'inflammabilité et destinées au même usage peuvent posséder une viscosité différente et *vice versa*.

C'est ce que fait voir le tableau suivant dressé par M. Kumkler<sup>1</sup>. La viscosité a été déterminée au moyen de l'appareil d'Engler<sup>2</sup>.

1. Moniteur scientifique du Dr Quesneville, 1890, p. 368.

2. Chemiker Zeitung, 1885, p. 189.

## CARACTÈRES DES HUILES

| PROVENANCE ET USAGES                                       | DENSITÉ<br>à 17°5 | COMMENCEMENT<br>DE L'ÉVAPORATION | POINT<br>D'INFLAMMABILITÉ | POINT<br>DE COMBUSTIBILITÉ | POINT<br>DE SOLIDIFICATION | FRACTION<br>passant au-dessous<br>de 310° c.<br>0/0 en volume |
|------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>RUSSIE</b>                                              |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| Huiles pour pivots, etc. . . . .                           | 0.895             | 103°                             | 163°                      | 190°                       | — 10° liquide              | 1                                                             |
| Id. . . . .                                                | 0.895             | 110                              | 165                       | 194                        | id.                        | 1.5                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.893             | 105                              | 167                       | 193                        | id.                        | 10.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.895             | 110                              | 164                       | 193                        | id.                        | 8.0                                                           |
| Huiles pour machines à vapeur. . . . .                     | 0.909             | 128                              | 197                       | 234                        | id.                        | 5.0                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.905             | 120                              | 195                       | 234                        | id.                        | 5.5                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.906             | 120                              | 180                       | 220                        | id.                        | 4.0                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.903             | 125                              | 195                       | 235                        | id.                        | 6.0                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.905             | 123                              | 185                       | 230                        | id.                        | 5.0                                                           |
| Huiles pour cylindres. . . . .                             | 0.916             | 130                              | 215                       | 265                        | id.                        | 36.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.923             | 118                              | 208                       | 235                        | — 8 solide                 | 16.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.916             | 130                              | 227                       | 283                        | — 7 id.                    | 38.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.911             | 110                              | 218                       | 267                        | — 10 id.                   | 27.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.916             | 130                              | 238                       | 280                        | — 7 id.                    | 27.5                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.912             | 110                              | 188                       | 225                        | — 10 id.                   | 4.0                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.916             | 142                              | 218                       | 264                        | — 10 liquide               | 40.5                                                          |
| Huiles p <sup>r</sup> essieux, transmissions, etc. . . . . | 0.916             | 100                              | 170                       | 200                        | — 10 id.                   | 5.0                                                           |
| Huiles pour machines, locomotives. . . . .                 | 0.920             | 120                              | 185                       | 212                        | — 8 solide                 | 2.0                                                           |
| Huiles lourdes. . . . .                                    | 0.909             | 127                              | 187                       | 233                        | — 10 liquide               | 14.0                                                          |
| Huiles pour essieux, transmissions. . . . .                | 0.913             | 97                               | 170                       | 196                        | — 10 id.                   | 5.0                                                           |
| Huiles pour graissage ordinaire. . . . .                   | 0.908             | 80                               | 138                       | 170                        | — 10 id.                   | 21.0                                                          |
| Huiles pour essieux. . . . .                               | 0.909             | 82                               | 142                       | 180                        | — 10 id.                   | 13.0                                                          |
| Huiles pour machines, transmissions. . . . .               | 0.906             | 120                              | 191                       | 231                        | — 10 id.                   | 4.5                                                           |
| Huiles pour moteurs à gaz. . . . .                         | 0.900             | 115                              | 175                       | 207                        | — 10 id.                   | 5.0                                                           |
| <b>AMÉRIQUE</b>                                            |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| Huiles pour pivots, etc. . . . .                           | 0.911             | 110                              | 187                       | 234                        | — 2 id.                    | 0.0                                                           |
| Id. . . . .                                                | 0.908             | 120                              | 200                       | 240                        | — 2 id.                    | 0.5                                                           |
| Huiles pour machines. . . . .                              | 0.920             | 125                              | 206                       | 245                        | 0 id.                      | 3.0                                                           |
| Huiles pour cylindres. . . . .                             | 0.886             | 185                              | 283                       | 330                        | + 5 id.                    | 35.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.889             | 185                              | 280                       | 344                        | + 4 id.                    | 30.0                                                          |
| Huiles pour essieux, transmissions. . . . .                | 0.884             | 80                               | 190                       | 222                        | — 3 id.                    | 1.0                                                           |
| <b>ALSACE</b>                                              |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| Huiles de graissage ordinaire. . . . .                     | 0.924             | 105                              | 152                       | 195                        | — 2 id.                    | 9.0                                                           |
| Huiles pour machines légères. . . . .                      | 0.885             | 80                               | 115                       | 142                        | — 10 id.                   | 60.0                                                          |
| <b>ALLEMAGNE</b>                                           |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| <i>a) HANOVRE</i>                                          |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| Huiles pour machines. . . . .                              | 0.928             | 95                               | 155                       | 193                        | — 9 id.                    | 5.0                                                           |
| Huiles pour transmissions. . . . .                         | 0.916             | 100                              | 164                       | 193                        | — 10 id.                   | 3.0                                                           |
| Huiles pour graissage ordinaire. . . . .                   | 0.910             | 95                               | 162                       | 193                        | — 10 id.                   | 3.0                                                           |
| <i>b) SAXE</i>                                             |                   |                                  |                           |                            |                            |                                                               |
| Huiles de graissage. . . . .                               | 0.904             | 80                               | 135                       | 168                        | — 6 id.                    | 20.0                                                          |
| Huiles pour coupages. . . . .                              | 0.897             | 80                               | 126                       | 150                        | 0 id.                      | 50.0                                                          |
| Id. . . . .                                                | 0.904             | 80                               | 126                       | 150                        | 0 id.                      | 17.0                                                          |

1. On remarquera qu'on n'a pas considéré ici les huiles de coupages.

DE GRAISSAGE <sup>1</sup>.

| COLORATION      |                            | DEGRÉ DE VISCOSITÉ. EAU = 1 |       |       |       |      |      |      |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
|                 |                            | 20°                         | 30°   | 50°   | 60°   | 70°  | 100° | 150° |
| Jaune clair     | Verdâtre et bleue          | 11,82                       |       | 3,40  |       |      | 1,53 | x    |
| id.             | id.                        | 10,96                       |       | 3,15  |       |      | 1,40 | x    |
| id.             | id.                        | 11,82                       |       | 3,44  |       |      | 1,55 | x    |
| id.             | id.                        | 11,03                       |       | 3,36  |       |      | 1,53 | x    |
| Jaune           | id.                        |                             |       | 6,28  |       |      | 1,76 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 6,05  |       |      | 1,77 | »    |
| id.             | id.                        |                             |       | 5,86  |       |      | 1,71 | »    |
| id.             | id.                        |                             |       | 6,34  |       |      | 1,86 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 6,05  |       |      | 1,80 | x    |
| Jaune rouge     | id.                        |                             |       | 11,65 | 8,55  | 5,09 | 2,21 | 1,42 |
| Brun noir       | Verdâtre                   |                             |       |       | 12,01 | 8,26 | 2,88 | 1,53 |
| Rouge foncé     | id.                        |                             |       | 16,19 | 9,34  | 6,73 | 2,50 | 1,48 |
| Rouge jaune     | avec faible                |                             |       | 10,44 | 7,13  | 5,67 | 2,15 | 1,38 |
| Rouge foncé     | nuance bleue               |                             |       |       | 10,92 | 6,76 | 2,65 | 1,48 |
| Brun noir       | Verdâtre                   |                             |       | 12,40 | 8,51  | 5,78 | 2,30 | 1,44 |
| Rougeâtre       | id.                        |                             |       | 10,23 | 7,0   | 4,44 | 2,07 | 1,36 |
| Brun noir       | id.                        |                             |       | 8,73  |       |      | 2,03 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 13,84 |       |      | 2,42 | x    |
| Rouge clair     | id.                        |                             |       | 7,94  |       |      | 1,88 | x    |
| Brun noir       | id.                        |                             |       | 10,38 |       |      | 2,21 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 8,84  |       |      | 2,05 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 7,30  |       |      | 2,09 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       | 6,40  |       |      | 1,78 | x    |
| Jaune           | id.                        |                             |       | 4,50  |       |      | 1,63 | x    |
| Jaune clair     | id.                        | 9,23                        | 4,80  | 3,13  |       |      | 1,46 | x    |
| id.             | id.                        | 10,96                       | 6,46  | 3,32  |       |      | 1,61 | x    |
| Jaune rougeâtre | id.                        |                             | 8,90  | 4,23  |       |      | 1,65 | x    |
| id.             | id.                        |                             |       |       | 11,73 |      | 4,17 | 1,78 |
| id.             | id.                        |                             |       |       | 12,61 |      | 4,82 | 1,99 |
| Brun noir       | id.                        |                             | 14,73 |       | 6,09  |      | —    | 2,00 |
| Vert brunâtre   | id.                        |                             |       | 4,55  |       |      | 1,60 | »    |
| Jaune clair     | id.                        | 2,01                        |       | 1,92  |       |      | 1,25 | »    |
| Brun noir       | id.                        |                             |       | 15,48 |       |      | 2,69 | »    |
| id.             | id.                        |                             |       | 8,65  |       |      | 1,73 | »    |
| id.             | id.                        |                             |       | 3,84  |       |      | 1,63 | x    |
| Brun noir       | Faib <sup>t</sup> verdâtre | 10,96                       |       | 3,17  |       |      | 1,40 | x    |
| Jaune clair     | Verdâtre                   | 1,76                        |       | 1,86  |       |      | 1,25 | x    |
| Brun noir       | id.                        | 2,88                        |       | 2,36  |       |      | 1,28 | x    |

Dans les mêmes conditions les huiles végétales fournissent les nombres suivants :

| PROVENANCE<br>ET ORIGINE              | DENSITÉ<br>à 17°5 | COMMENCEMENT<br>DE L'ÉVAPORATION | POINT<br>D'INFLAMMABILITÉ | POINT<br>de<br>SOLIDIFICATION | DEGRÉ DE VISCOSITÉ<br>EAU = 1 |             |              |              |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|
|                                       |                   |                                  |                           |                               | 20°                           | 50°         | 100°         | 150°         |
| Huile de navette brune.<br>— rathinée | 0,920<br>0,911    | 170<br>185                       | 265<br>305                | — 10° liquide<br>— 10 id.     | 9,03<br>11,88                 | 4,0<br>4,96 | 1,78<br>2,05 | 1,34<br>1,40 |
| Huile d'arachides . . .               | 0,917             | 195                              | 300                       | — 6 solide                    | 10,17                         | 4,03        | 1,82         | »            |
| Huile de sésames . . .                | 0,920             | 180                              | 280                       | — 10 liquide                  | 9,8                           | 4,03        | 1,82         | »            |
| Huile d'olives . . . .                | 0,914             | 145                              | 205                       | — 10 id.                      | 10,3                          | 3,78        | 1,80         | »            |
| Huile de ricin . . . .                | 0,968             | 195                              | 275                       | — 10 id.                      | »                             | 16,46       | 3,04         | »            |
| Huile de lin . . . . .                | 0,930             | 185                              | 285                       | — 10 id.                      | 6,36                          | 3,21        | 1,76         | »            |
| Huile de phoques . . .                | 0,922             | 162                              | 240                       | — 10 id.                      | 8,07                          | 3,50        | 1,76         | »            |
| Huile de pieds . . . .                | 0,916             | 215                              | 305                       | — 10 id.                      | 11,63                         | 4,44        | 1,92         | »            |
| Suif . . . . .                        | 0,951             | 180                              | 265                       | + 42 solide                   | »                             | 5,19        | 2,50         | 1,73         |

Les densités des huiles employées aux mêmes usages sont très variables, suivant leur origine, ainsi que le fait voir le tableau ci-dessous <sup>1</sup>:

| EMPLOI                   | HUILES RUSSES |            | HUILES AMÉRICAINES |            |
|--------------------------|---------------|------------|--------------------|------------|
|                          | DENSITÉ       | ÉBULLITION | DENSITÉ            | ÉBULLITION |
| Huiles pour pivots . . . | 893-895       | 105-110    | 908-911            | 110-120    |
| — claires pour machines. | 903-909       | 195-197    | 920                | »          |
| — foncées —              | 900-920       | 125-128    | 884                | 125        |
| — pour cylindres . . .   | 911-923       | 110-118    | 886-889            | 185        |

On voit que les huiles américaines pour cylindres qui possèdent un point d'ébullition élevé sont plus légères que les huiles claires pour machines qui entrent en ébullition à une température notablement inférieure.

Contrairement à ce qui arrive pour les huiles à brû-

1. Engler, Das Erdöl von Baku, p. 76.

ler<sup>1</sup>, les huiles de graissage d'origine russe sont plus visqueuses que les huiles américaines destinées aux mêmes usages. Une exception doit cependant être faite en faveur des huiles américaines pour cylindres qui sont supérieures aux huiles russes employées dans le même but. Pour l'usage, on choisit des huiles présentant les caractères suivants :

## HUILES A CYLINDRES.

|               |                      |                         |
|---------------|----------------------|-------------------------|
| Russes. . .   | densité 0.911-0.923, | inflammabilité 188-238° |
| Américaines.. | — 0.886-0.899,       | — 280-283               |

## HUILES POUR MACHINES.

|               |              |                          |
|---------------|--------------|--------------------------|
| Russes. . . . | 0.893-0.920, | inflammabilité 138°-197° |
| Américaines.. | 0.884-0.920, | — 187 -206               |

Tandis que les huiles russes à machines de densité 0,893 à 0,900 ont une viscosité égale à celle des huiles américaines de densité 0,908 à 0,920, les huiles américaines à cylindres, dont la densité varie de 0,886 à 0,889, équivalent, par contre, aux huiles russes de densité 0,900 à 0,923.

Les caractères précédents perdent de leur valeur lorsqu'ils sont fournis par des huiles de coupage. Dans ce cas, la connaissance de leur densité ne suffit plus pour se faire une idée de leurs qualités, surtout si on ne connaît pas leur origine.

On distingue en général les huiles pour cylindres des huiles pour machines. Les premières forment un groupe restreint, applicables à un seul usage; elles sont formées, comme nous l'avons vu, de fractions à point d'ébullition élevé. Les secondes, au contraire, reçoivent des applications multiples.

La préférence que l'on accorde parfois aux huiles américaines pour le graissage des pivots est due à leur

1. Aug. Kunkler-Dinglers Polytechnisches Journal, t. 274, 6 et 7.

prix relativement peu élevé, à leur couleur, à leur odeur ainsi qu'à leur pureté.

Parmi les huiles réputées en Amérique, nous pouvons citer celles du Standard Oil Company, dont les plus importantes sont :

|                                                                                                               |                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Huiles naturelles pour essieux de wagons de chemins de fer, locomotives, charbonnages, grosses machines, etc. | } Medium Dark Machinery 880 à 885.<br>Summer. id. id.                                                                                        |
| Pour cylindres pistons, soupapes et tiroirs de machines à vapeur.                                             | } A. cylinder.<br>Ajax.<br>N. cylinder.<br>Locomotive cylinder.<br>Extra filtered cylinder.<br>Economic.<br>Cosmos filtered.<br>Continental. |
| Pour graisseurs compte-gouttes.                                                                               | } XXX. Valve oil.<br>FFF. cylinder.<br>Newton cylinder (compound).<br>C. T. extra filtered cylinder.                                         |
| Pour machines lourdes, steamers, moteurs, etc.                                                                | } Bayonne engine.                                                                                                                            |
| Pour fortes machines de systèmes les plus délicats, presses d'imprimerie, moteurs à gaz.                      | } Amber filtered, 875 à 885.                                                                                                                 |
| Pour machines électriques, broches et dynamos.                                                                | } Magneto, 880.                                                                                                                              |
| Pour machines à vapeur où un genre d'huile moins lourde que la Bayonne est demandé                            | } HV., 905/915, pâle.                                                                                                                        |
| Pour machines à vapeur, transmissions, etc.                                                                   | } Folar Read Oil.                                                                                                                            |
| Huiles pâles pour broches de filatures, machines légères, transmissions, ensimage.                            | } XXX. Spindle, 903/910, peu d'odeur.<br>N° 1 Machinery, 900/907.                                                                            |
| Huiles pâles filtrées très visqueuses pour les broches des filatures, dynamos, vélocipèdes.                   | } Manchester Spindle, 865/870.<br>Queens Spindle, 890/895.                                                                                   |
| Pour la fabrication de l'encre d'imprimerie, du noir de fumée et des huiles de vaseline.                      | } N° 875, pâle.<br>N° 865, pâle.                                                                                                             |
| Pour broches légères, pour coupages, avec des huiles végétales et animales.                                   | } French Neutral, 840 à 850.<br>Eagle Neutral, 865 à 870.<br>Imperial Bloomless 865 à 870.                                                   |

|                                        |  |                                |
|----------------------------------------|--|--------------------------------|
| Pour machines à coudre et coutellerie. |  | White filtered, 850 à 855.     |
| Pour jute, cordages, etc.              |  | Amber Rope.                    |
| Pour ensimage des laines de couleur.   |  | Minéral olive wool, 900 à 910. |

Les huiles minérales russes sont le plus généralement employées pour les mouvements à froid, tels que transmission de mouvement, tête de bielles, excentriques.

On prend pour ces usages une densité approchée de 905.

Les huiles minérales américaines conviennent aussi bien que les huiles russes ou d'Écosse à la lubrification des engins mécaniques froids; mais elles sont supérieures à toutes autres pour les cylindres et tiroirs de machines à vapeur.

Ces huiles américaines à cylindres sont des huiles très épaisses; possédant un point de fusion très élevé, approprié à la température à laquelle elles seront portées dans les cylindres et les tiroirs des machines à vapeur.

Les huiles de Boghead d'Écosse sont utilisées surtout pour la filature et le moulinage; ces usages nécessitent des huiles de faible densité, 850 à 885.

Certains filateurs du Nord préfèrent mélanger des huiles d'Écosse avec des huiles minérales ou végétales.

Les principales huiles minérales à graisser employées en France sont: les huiles minérales russes de Boulfroy; les huiles minérales russes d'André; la Naphtoléine de Pupin; l'Oléonaphte de Ragosine; la Naphtène de Rognier; la Bakouline de Lebrasseur; la Valvoline de Hamel; la Valvoline Sterleng de Pulsford; les huiles américaines de Bedford et C<sup>ie</sup>; la Néoline de la Coux; l'Hydrocarburine d'Octave Alloari; la Valve-Oil de Dredval.

Sont surtout employées les huiles minérales: oléonaphte de Ragosine, huiles minérales russes de Boulfroy et d'André.

La valvoline et la néoline sont d'origine américaine.

Elles conviennent pour les cylindres et les tiroirs de machines à vapeur.

Quelques fabricants sont arrivés à combiner très heureusement les huiles minérales avec des huiles animales ou végétales pour remplacer les huiles de pieds ou d'olive à graisser. L'industrie prépare aujourd'hui, sous la dénomination de graisses consistantes, de véritables solutions ou émulsions de savons dans l'huile minérale, avec ou sans addition de proportions variables d'eau. Ces graisses sont particulièrement appréciées et leur emploi paraît devoir s'accroître encore. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'elles renferment plus de 10 à 20 pour 100 d'huile grasse à l'état de savon, le reste consistant en huile minérale, eau et parfois charge minérale.

### *Essai des huiles de graissage*

Toutes les huiles américaines se solidifient aux environs de 0°, les huiles de cylindres avant les huiles pour machines, tandis que les huiles russes, — sauf quelques huiles à cylindres, — sont encore liquides à —10°.

Par le refroidissement, les huiles américaines abandonnent de la paraffine, tandis que les huiles russes, surtout les huiles claires, se prennent en une masse claire sans aucun dépôt.

Toutes les huiles foncées présentent une fluorescence verdâtre. Les huiles claires pour pivots et pour machines montrent simultanément une fluorescence verte et bleue, mais, tandis que la première prédomine dans les huiles américaines, c'est la seconde qui est la

plus distincte dans les huiles russes. Les huiles claires pour cylindres, d'origine russe, offrent une nuance bleue que ne possèdent pas les huiles américaines qui leur correspondent. Ces caractères permettent au praticien de reconnaître l'origine de l'huile.

Celles qui proviennent d'Amérique sont en général mieux raffinées que les russes et elles se distinguent par leur odeur, leur saveur, leur coloration et leur inaltérabilité.

Les huiles russes claires, pour machines, sont souvent troubles ; elles abandonnent, par le repos, des masses floconneuses blanchâtres ; elles possèdent de plus une odeur particulière, assez désagréable.

Par suite du manque d'une méthode d'essai simple applicable à l'analyse des huiles de graissage, et malgré les renseignements que fournissent la détermination de la volatilité, de la densité, de la consistance, des points de fusion d'évaporation et d'inflammation des huiles minérales, on est souvent embarrassé pour juger des différentes qualités des huiles de graissage.

Aussi, a-t-on proposé de déterminer directement leur valeur en les employant à la lubrification d'organes mécaniques et, dans certains cas, en cherchant à réaliser dans leur essai, des conditions aussi identiques que possible à celles de l'application industrielle.

Un certain nombre d'appareils ont été proposés et utilisés dans ce but ; nous en étudierons ici quelques-uns.

#### Appareil de Mac Naught

Cet appareil<sup>1</sup> est représenté figure 112. Le support B et la vis C permettent de le fixer sur une table. Une

1. Post, *Traité complet d'analyse chimique*, p. 617.

poulie D communique à une broche A un mouvement de rotation à raison d'environ 500 tours par minute. L'huile à essayer est placée dans un plateau en laiton E dont les bords sont relevés. Sur ce plateau vient s'en appliquer un second F, parfaitement rodé sur le premier ; son centre porte un canon au bout duquel se place une petite vis reposant sur l'extrémité de la broche et servant de pivot au disque. Elle sert à régler

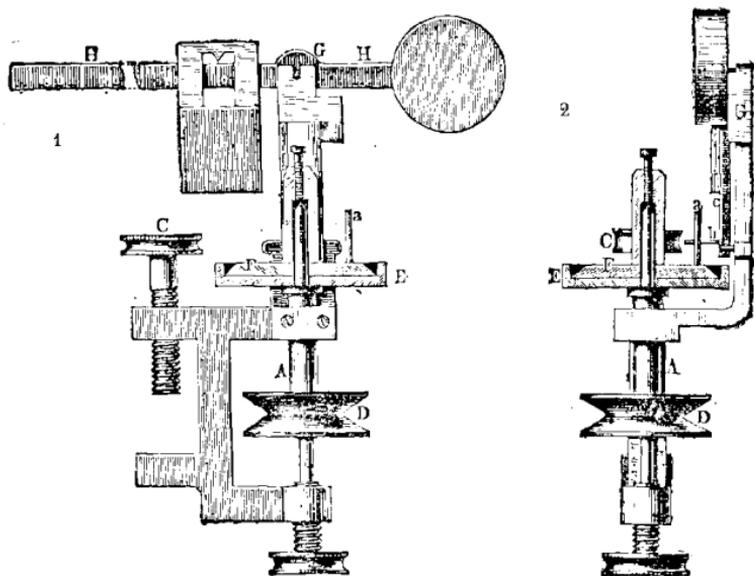


Fig. 112. — Appareil Mac Naught.

l'écartement des deux plateaux, lequel doit être aussi faible que possible sans cependant qu'ils se touchent.

La goupille *a*, supportée par le plateau F, est placée excentriquement ; lorsqu'elle vient butter contre la goupille horizontale *b*, la tige *c* du levier G se trouve déviée. Ce levier G est constitué lui-même par deux bras H H dont l'un, le plus court, est muni d'une échelle, tandis que l'autre porte un contre-poids.

Lorsque l'on met la poulie D en marche, le disque F est entraîné et la goupille *a* vient presser sur *b* avec d'autant plus de force que l'action lubrifiante de l'huile est plus faible. En poussant vers l'extrémité libre du levier le poids mobile qui au début de l'opération se trouve au zéro, on ramène au point zéro la goupille déviée.

Les pouvoirs lubrifiants de deux huiles sont inversement proportionnels aux déplacements du contre-poids. On ne peut par ce moyen évaluer le pouvoir lubrifiant sous une forte pression.

Cet appareil modifié est employé au chemin de fer de l'Est. Les modifications consistent essentiellement en l'emploi d'un dynamomètre très sensible et d'un thermomètre, le premier servant à mesurer le frottement, le second destiné à mesurer la température.

#### Appareil Thurston Henderson<sup>1</sup>

Il présente sur le précédent l'avantage de pouvoir permettre l'essai des huiles sous une pression quelconque, et en particulier à celle qui correspond à la charge des essieux de wagon. Grâce à la modification que lui a fait subir Westhoven, l'appareil Thurston Henderson est susceptible de fournir assez aisément d'utiles indications. Il est représenté par les figures 113. Les tourillons BB supportent l'arbre A que met en rotation la poulie C. Au delà des tourillons, des capsules en laiton DD (portant des bras E, fixés et suspendus à la manière des pendules) entourent les extrémités de l'arbre A, contre lesquelles des ressorts *mm* font presser les deux capsules inférieures. Cette pression peut être à volonté accrue ou amoindrie par la manœuvre de la vis *n* et un index, fixé à l'écrou O,

<sup>1</sup> Post, Traité complet d'analyse chimique, p. 620.

marque en kilogrammes par centimètres carrés la pression du ressort sur le coussinet.

Lorsque A tourne, les bras EE sont déviés et les index FF qui se meuvent sur le cadran GG permettent d'apprécier ces déviations. Un thermomètre H pénètre dans les capsules supérieures DD; il accuse les chaleurs de frottement tandis que le compteur J fait connaître le nombre de rotations de l'arbre A.

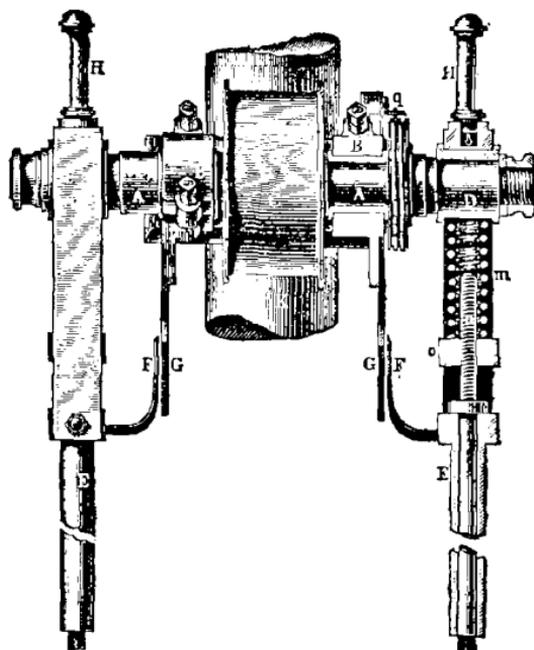


FIG. 113. — Appareil Thurston Henderson.

Après avoir bien nettoyé les coussinets, on fait couler l'huile dans un trou que porte la capsule supérieure; on note la température et l'on met la machine en mouvement avec une vitesse de 200 à 300 tours par minute. De 500 en 500 tours, on note la température et la déviation du pendule. Pour un même échauffe-

ment atteint, l'huile qui donne la plus petite déviation du pendule et le plus grand nombre de tours est la meilleure.

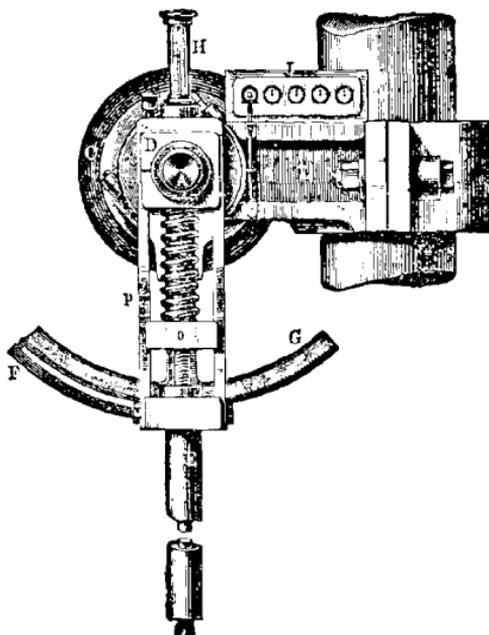


Fig. 113 bis. — Appareil Thurston Henderson.

#### Appareil du Chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée

Signalons encore cet appareil d'une application toute spéciale, limitée presque exclusivement aux compagnies de chemin de fer, et dont l'emploi est recommandable chaque fois qu'il s'agit de se rendre pratiquement compte de la valeur des diverses huiles lubrifiantes et en particulier d'apprécier si, avec des charges et des vitesses déterminées, l'échauffement des essieux est ou n'est pas à redouter<sup>1</sup>.

1. Voir pour la description de cet appareil, J. Post, *Traité d'analyse chimique*, p. 623.

Comme il est difficile de réaliser dans une machine d'essais toutes les conditions de la pratique, comme d'autre part les indications sont variables d'une machine à l'autre et que, dans tous les cas leur détermination réclame de grandes précautions, l'usage de ce mode d'essai ne s'est pas répandu et se trouve limité à quelques laboratoires spéciaux comme ceux des compagnies de chemins de fer.

Si bien que l'expérience seule a permis de classer les huiles suivant les usages auxquels elles sont le mieux appropriées.

Depuis quelques années, l'attention des analystes a été attirée sur la viscosité des huiles et comme on a reconnu l'importance de ce caractère pour la classification des huiles, un certain nombre d'appareils destinés à l'apprécier ont vu le jour.

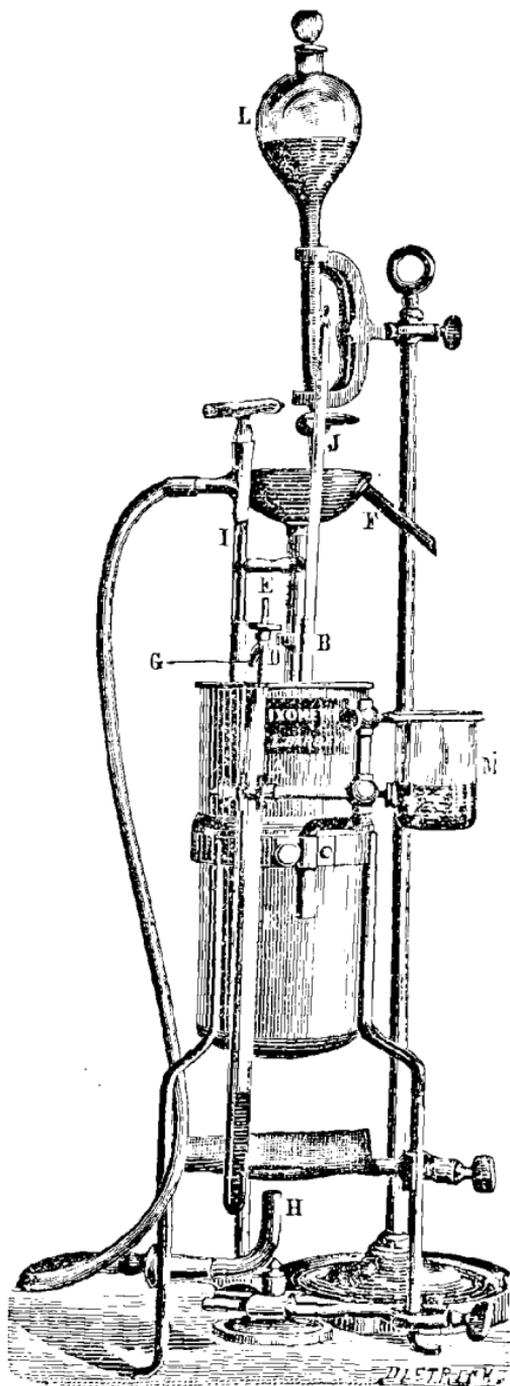
Si la viscosité d'une huile est en rapport avec son pouvoir lubrifiant, elle n'exprime que la valeur relative d'un produit par rapport à un autre, et non son pouvoir lubrifiant absolu, mais cette restriction ne présente dans la pratique aucun inconvénient.

La détermination de la viscosité se fait le plus souvent soit au moyen de l'appareil d'Engler<sup>1</sup>, adopté en Allemagne, soit par l'ixomètre de M. Barbey dont l'usage est adopté en France.

#### Ixomètre Barbey.

L'ixomètre se compose essentiellement (fig. 114) d'un gros tube vertical B de 13 millimètres de diamètre, au sommet duquel est monté un entonnoir à trop-plein F, et d'un autre tube D de 5 millimètres de

1. Pour la description de cet appareil, voir *Chemiker Zeitung*, 1885, p. 189.



IRIS ELLIAD - University of Pennsylvania

diamètre intérieur percé à sa partie supérieure d'une ouverture munie d'un petit déversoir G et contenant la tige cylindrique de 4 millimètres, exactement centrée.

Les tubes B et D sont mis en communication à leur partie inférieure par un tube horizontal de 8 millimètres de diamètre intérieur.

Cet ensemble est placé dans un récipient en laiton A, constituant un bain-marie, chauffé par un bec de gaz H à une température maintenue constante à l'aide d'un régulateur Chancel I. — Un thermomètre J plonge dans le bain-marie.

L'huile à expérimenter est placée dans une boule à robinet L, dont l'orifice est plongé dans l'entonnoir F pendant la durée des expériences. Un tube en verre gradué K sert à recueillir l'huile s'écoulant par le petit déversoir G et un godet M celle qui déborde de l'entonnoir F.

La viscosité est déterminée dans les conditions suivantes :

1° Température constante pendant toute la durée de l'expérience ;

2° Pression constante et due à une colonne de l'huile expérimentée ayant pour hauteur la différence du déversoir G au trop-plein F (cette hauteur est de 100 millimètres pour l'appareil construit et a été reconnue convenable) ;

3° Durée de l'expérience constante ;

4° Mesure à la température de l'expérience du volume variable de l'huile écoulée, afin que les chiffres relevés permettent, pour chaque température, la comparaison des volumes réels des liquides passant par l'appareil, sans qu'il soit nécessaire de faire des calculs pour tenir compte de la dilatation des liquides. — Comme ce sont les résultats fournis par les diverses huiles à *une même température* qu'il importe de com-

parer, on n'a pas à tenir compte de la dilatation de l'appareil et du tube gradué.

D'après l'énoncé qui précède, la mesure du volume de l'huile qui s'est écoulée dans le tube gradué détermine la viscosité, celle-ci étant inversement proportionnelle à la quantité écoulée, autrement dit à la fluidité. La graduation qui va en augmentant dans le tube indique donc les *degrés de fluidité*.

On aurait pu avoir des degrés de viscosité en prenant le volume constant et en mesurant les temps variables pour obtenir ce volume. Cette manière d'opérer a été rejetée comme manquant d'exactitude, surtout lorsqu'il s'agit d'huiles très visqueuses.

En effet :

1° Les produits plus visqueux mettant un temps plus long à couler que les produits plus fluides, il s'ensuit qu'au moment où l'on croirait avoir atteint le volume désiré, on l'aurait, en réalité, dépassé par suite du refroidissement de l'huile dans le tube gradué. On peut d'ailleurs s'en assurer en réchauffant ce tube à la température de l'expérience ;

2° Avec les liquides visqueux, l'intervalle de temps entre chaque goutte qui tombe étant très appréciable, une goutte de plus ou de moins pourrait changer sensiblement le degré de viscosité pour une même huile dans les mêmes conditions ;

3° Il est bien plus facile d'évaluer rapidement un temps donné que de mesurer le volume d'un liquide plus ou moins coloré et quelquefois noir ;

4° Les gouttes peuvent encore tomber contre les parois du verre et ne pas s'être réunies à la masse lorsque le niveau est déjà atteint, etc.

En prenant au contraire le degré de fluidité, on évite ces inconvénients.

L'unité adoptée est le volume d'un centimètre cube en rapportant la durée de chaque expérience à une heure. Le degré de fluidité d'une huile à une température donnée est donc le nombre de centimètres cubes écoulés pendant une heure et mesurés à cette même température.

Pour déterminer la viscosité d'un liquide on opère de la façon suivante : on commence par retirer la tige en acier E, on l'essuie avec un linge fin et on la met de côté en évitant de la fausser ou d'émousser la pointe, puis on enlève le dessus mobile de l'appareil pour nettoyer l'intérieur des tubes.

Il suffit ordinairement pour cela, d'y passer un peu de benzine ou d'essence de pétrole, on ôte ensuite le petit bouchon du tube D pour vider le système et on laisse bien égoutter en inclinant, de façon qu'il ne reste rien dans le grand tube. Si la liqueur de lavage est encore très colorée après une deuxième opération de ce genre, on peut introduire dans les tubes un petit goupillon, ce qui est très facile en raison de leur diamètre, et obtenir ainsi un nettoyage parfait.

On remplit la boule à robinet L d'huile à essayer et l'on verse de l'eau dans le bain-marie A jusqu'à un centimètre du bord. On y plonge de nouveau les tubes munis de leur bouchon et on amène le robinet de la boule L au-dessus de l'entonnoir à trop plein F pour faire arriver lentement l'huile à essayer dans les tubes.

Au moment où elle commence à sortir par le déversoir G, on ferme le robinet et on replace la tige d'acier en ayant soin que sa pointe repose au centre du fond du bouchon.

Le bain-marie est alors chauffé à la température désirée au moyen du bec de gaz et du régulateur de température I ; lorsque cette dernière paraît absolument

fixe depuis 10 minutes au minimum, on fait couler de nouveau l'huile de la boule très lentement, mais en léger excès de manière à produire l'écoulement d'un filet de liquide par le trop plein de l'entonnoir en même temps que le déversoir commence à fonctionner régulièrement.

Lorsque cette opération dure depuis 10 minutes sans qu'il y ait eu de changement au thermomètre, le phénomène a pris sa marche normale et l'on peut seulement commencer l'expérience.

Le tube gradué K étant amené au-dessus du déversoir, on note exactement la seconde à laquelle une première goutte d'huile y arrive ; au bout de 10 minutes juste on le déplace de nouveau et on ferme le robinet de la boule ; pendant ce temps la température a dû rester constante.

On plonge enfin le tube gradué dans le bain-marie par un trou pratique *ad hoc* dans le couvercle et on l'y laisse cinq minutes. On lit rapidement le nombre de divisions obtenues ; ce nombre donne le degré de fluidité de l'huile à la température donnée.

Les qualités que l'on exige d'une huile minérale de graissage sont évidemment variables et appropriées à l'usage auquel on la destine. Voici à titre d'exemple les conditions imposées par quelques compagnies de chemins de fer.

Les conditions techniques de fourniture actuellement imposées par la Compagnie de l'Est sont les suivantes<sup>1</sup> :

*Désignation et provenance.* — L'huile faisant l'objet de la fourniture devra provenir exclusivement de la distillation des huiles de naphte naturelles de Russie.

*Pureté.* — Elle devra être pure et ne contenir aucun mélange d'huile de schiste ou de boghead, ni d'huiles

1. Rapport de l'ingénieur Louis Salomon, *loc. cit.*

végétales ou animales d'aucune espèce, ni de résine. On ne devra pas y trouver de matières étrangères, enfin elle ne devra renfermer aucune trace d'eau.

*Aspect et dépôt.* — Elle sera suffisamment clarifiée pour ne présenter, après un repos de 48 heures, aucune matière solide, grumeaux, etc., en dépôt ou en suspension.

*Rectification.* — Elle ne devra pas contenir de paraffine séparable par le refroidissement. La teneur en goudron, déterminée par l'acide sulfurique à 66° (1/20 du volume de l'huile en opérant à la température de 70°) ne devra pas dépasser 17 pour 100.

*Réaction.* — L'huile devra être parfaitement neutre.

*Siccativité et inaltérabilité.* — L'huile ne devra présenter aucun indice de siccativité ou de dénaturation sous l'influence des agents atmosphériques et de l'agitation.

*Densité.* — La densité mesurée à + 15° centigrades devra être comprise entre 0,910 et 0,915.

*Congélation.* — A la température de 10° centigrades au-dessous de zéro, l'huile devra être encore liquide.

*Inflammabilité.* — Elle ne devra pas dégager de vapeurs inflammables à une température inférieure à 135° centigrades, le point d'inflammabilité étant constaté au moyen de l'appareil Blazy et Luchaire en substituant un bain d'huile au bain-marie.

*Viscosité.* — Essayée à l'ixomètre Barbey, sous la pression constante de 0<sup>m</sup>,10 de liquide à la température fixe de 35°, l'huile ne devra pas avoir plus de 50° de fluidité au maximum (soit un débit de 50 centimètres cubes à l'heure mesurés à la température de l'expérience). A + 100° centigrades le degré de fluidité ne devra pas être supérieur à 500.

*Capillarité.* — Sous l'influence de la capillarité, une mèche (première qualité 1/2 soie) pour lampe carcel

de 13 lignes, et longue de 0<sup>m</sup>,065, soutenue par une douille intérieure cylindrique de 0<sup>m</sup>,017 de diamètre, devra être complètement imbibée d'huile au bout de 3 heures. (L'extrémité inférieure de la mèche étant plongée exactement de 1 centimètre dans l'huile au début de l'expérience dont la fin sera constatée par l'apparition d'une tache grasse sur un papier de soie supporté par le haut de la mèche.)

Voici le cahier des charges de la compagnie de l'Ouest pour la fourniture d'huile de naphte de Russie propre au graissage des machines locomotives. L'huile faisant l'objet de la fourniture devra provenir exclusivement de la distillation des huiles de naphte naturelles, elle devra être pure et ne contenir aucun mélange, elle sera suffisamment clarifiée pour ne présenter, après un repos de 48 heures, aucune matière solide en dépôt ou en suspension; enfin elle devra être parfaitement neutre; sa densité, constatée à l'oléomètre Lefebvre, devra être de 0,909 à 0,914 à la température de 15° centigrades.

Cette huile devra avoir une fluidité telle que, en s'écoulant à 15° centigrades par un tube de laiton de 3 millimètres de diamètre et de 80 millimètres de hauteur, sous une charge totale ne variant que de 165 à 160 millimètres du commencement à la fin de l'opération, on obtienne 100 centimètres cubes d'huile écoulée en 21 minutes.

L'huile ne devra pas s'enflammer à une température inférieure à 135° centigrades; le point d'inflammabilité sera constaté au moyen de l'appareil de Luchaire, employé pour déterminer le point d'inflammation des pétroles en substituant un bain d'huile au bain-marie.

L'huile, agitée avec son volume d'alcool à 90°, ne devra communiquer à l'alcool séparé et filtré aucune

acidité. Cette huile, mélangée de 1/20 de son volume d'acide sulfurique à 66°, et maintenue pendant une heure à la température de 70° centigrades, ne devra pas laisser, après refroidissement et séparation de l'huile, un résidu goudronneux (*y compris l'acide sulfurique qu'il pourrait contenir*) dépassant 23 1/2 pour 100 du poids de l'huile essayée.

FIN.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>PRÉFACE.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | v     |
| <b>I. Historique.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1     |
| <b>II. Gisements.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4     |
| <b>III. Exploitation des gisements.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 39    |
| Extraction du pétrole 39; — au Japon, 41; — en Alsace, 42; — aux Etats-Unis, 43; — au Caucase, 62; — Transport, 69.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |
| <b>IV. Essai des huiles brutes.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 70    |
| Huiles d'origine américaine, 77; — d'origine russe, 82; essai à la lampe, 86; essai industriel, 90; distinction entre les pétroles russes et américains bruts et raffinés, 93.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
| <b>V. Propriétés et composition des pétroles.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 104   |
| Propriétés chimiques, 112; nature chimique des principes immédiats, 116; variation de la nature chimique suivant leurs provenances, 129; — pétroles d'Amérique, 129; — de Russie, 130; — d'Alsace, 131; — d'Allemagne, 131; — de Galicie, 131; d'Egypte, 132.<br>Fractionnement des pétroles par la chaleur, 132.                                                                                                                                                                                                                                 |       |
| <b>VI. Distillation et raffinage du pétrole.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 154   |
| P. américain, 154; réception du p. brut, 158; extraction des essences et des huiles lampantes, 167; épuration chimique des essences et des huiles lampantes, 170; traitement des huiles à paraffine, 179; purification de la paraffine, 183; préparation spéciale de la vaseline, 187; traitement des résidus, 208; raffinage du p. américain en France, 213. Pétrole russe, distillation et raffinage en Russie, 244; raffinage du pétrole russe en France, 259; raffinage du pétrole russe en Autriche-Hongrie, 260.<br>Pétroles d'Alsace, 277. |       |
| <b>VII. L'éclairage au pétrole.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 278   |
| <i>Emploi à l'état de gaz, 278.</i><br>Gaz riche, 278; gaz d'éclairage carburé, 294; gaz à l'eau carburé, 295; air carburé, 299.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Pages |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Emploi du pétrole à l'état liquide</i> , 302. a. Lampes à gazoline et à essence de pétrole, 302. b. Lampes à pétrole ordinaire, 304; c. lampes à huiles lourdes, 319.                                                                                                                                                                                  |       |
| <i>Emploi des hydrocarbures solides</i> , 328. Bougies de paraffine, 328.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |
| <b>VIII. Analyse des huiles minérales lampantes.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 331   |
| <b>IX. Applications calorifiques du pétrole.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 351   |
| Chaudières — Métallurgie — Industries diverses, 351. Chauffage domestique et applications diverses, 378. Calorifères, 378. Fourneaux de laboratoire, 379; fourneaux domestiques, 385.                                                                                                                                                                     |       |
| <b>X. Des moteurs à pétrole.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 386   |
| <i>Les moteurs en général</i> , 386.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |
| <i>Moteurs à gaz tonnants</i> , 390.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |
| Moteur Merlin à allumage par ignition, 407; Moteur de la Compagnie des moteurs universels, système Grob, 414; Moteur Niel à allumage par ignition, 416; moteur mi-fixe horizontal de MM. S. Griffin et C <sup>e</sup> à allumage par tube d'ignition, 418; moteur Priestman à allumage électrique, 420. — Moteur Hornsby-Akroyd à allumage spontané, 426. |       |
| <i>Moteurs à combustion sous pression constante</i> , allumage par mèche perpétuelle, 431; Moteur Richards de 1888, 431.                                                                                                                                                                                                                                  |       |
| <b>XI. Application spéciale des moteurs à pétrole à la locomotion automobile.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                               | 433   |
| <i>Bicyclettes à pétrole</i> , 434.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| <i>Voitures automobiles au pétrole</i> : Moteur Daimler, 439; Moteur Tenting, 444; Moteur Benz, 450; Tricycle Bollée, 452.                                                                                                                                                                                                                                |       |
| <b>XII. Huiles de graissage.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 453   |
| Choix de l'huile, 461; Essai des huiles de graissage, 468.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et Fils  
RUE HAUTEFEUILLE, 19, A PARIS

# Encyclopédie de Chimie Industrielle

## ET DE MÉTALLURGIE

Collection de volumes in-16 de 500 pages illustrés de figures.

A 5 francs le volume cartonné

PAR MM.

**BOUANT**, agrégé des sciences physiques.

**BOUTROUX**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon.

**COREIL**, directeur du Laboratoire municipal de Toulon.

**GAIN**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Nancy.

**GUICHARD**, professeur à l'École industrielle d'Amiens.

**GUINOCHET**, pharmacien en chef des hôpitaux de Paris.

**HALLER**, directeur de l'Institut chimique de Nancy.

**HALPHEN**, chimiste au Ministère du commerce.

**HORSIN-DÉON**, ingénieur-chimiste

**JOULIN**, chimiste au Laboratoire municipal.

**KNAB**, répétiteur à l'École centrale.

**LAUNAY (DE)**, professeur à l'École des mines de Paris.

**LEFÈVRE**, professeur à l'École des sciences de Nantes.

**LEJEAL**, préparateur au Conservatoire des arts et métiers.

**PETIT (P.)**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

**RICHE**, directeur des essais à la Monnaie.

**TRILLAT**, chimiste-expert au tribunal de la Seine.

**VOINESSON DE LAVELINES**, chim. au Laboratoire municipal.

**WEIL (L.)**, ingénieur des mines.

**WEISS (P.)**, ingénieur des mines.

« La chimie et ses applications ont pris, de nos jours, de tels développements qu'il devient de plus en plus difficile d'en réunir les diverses parties dans un traité d'ensemble. Non seulement les dimensions d'un tel ouvrage seraient trop vastes, mais la compétence de l'auteur qui se chargerait d'une telle besogne serait dans certaines parties mise à une trop rude épreuve, quelle que fût, du reste, son érudition.

« A côté de traités de chimie relativement courts, développant surtout les principes généraux, établissant des classifications rationnelles, définissant les fonctions et les procédés de synthèses des divers groupes de composés et donnant une place relativement secondaire aux questions de détails, à côté des grands dictionnaires destinés surtout à fournir rapidement au chimiste les renseignements dont il peut avoir besoin, il était désirable de voir surgir une série de traités spéciaux, visant un ou plusieurs groupes voisins de composés reliés entre eux soit par leur constitution, soit par leurs applications. Des monographies de ce genre sont appelées à rendre des services incontestables, surtout lorsqu'elles sont dues à la plume de savants compétents dans la matière qu'ils traitent, à même de se soumettre à une critique sérieuse les matériaux nombreux, fournis, par les publications périodiques, et d'en former un tout méthodiquement classé. »

P. SCHUZZENBERGER, membre de l'Institut.

**Couleurs et vernis,** par G. HALPHEN, chimiste au Ministère du commerce, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 388 pages, avec 29 figures, cartonné.... 5 fr.

Ce livre présente l'ensemble des connaissances générales relatives à la fabrication des couleurs et vernis, tant au point de vue technique que dans leurs rapports avec l'art, l'industrie et l'hygiène.

On trouvera réunis dans ce volume tous les renseignements qui peuvent guider l'artiste ou l'artisan dans le choix des substances qu'il veut employer et le fabricant dans les manipulations qu'entraîne leur préparation. Il a été suivi une marche uniforme à propos de chaque couleur : la synonymie, la composition chimique, la fabrication, les propriétés et les usages. L'auteur a pu recueillir auprès des industriels un grand nombre de renseignements pratiques sur les procédés les plus employés.

**L'industrie de la soude,** par G. HALPHEN, 1895, 1 vol. in-18 jésus de 368 pages, avec 91 figures, cartonné..... 5 fr.

Cet ouvrage renferme : 1° L'exposé des propriétés et des modes d'extraction des matières premières ; 2° L'étude des anciennes méthodes de fabrication de la soude ; 3° Un examen détaillé des procédés actuellement en usage dans les soudières, ce qui a nécessité les études spéciales de la fabrication du sulfate de soude, de la condensation de l'acide chlorhydrique, de la régénération de l'ammoniaque et du chlore dans le procédé à l'ammoniaque, de celle du soufre dans les marcs ou charrés de soude Leblanc ; 4° Les notions relatives à la fabrication de la soude caustique ; 5° Les principes généraux de fabrication de la soude par la cryolithe et les sulfures doubles.

**Les produits chimiques** employées en médecine, chimie analytique et fabrication industrielle par A. TRILLAT. Introduction par P. SCHUTZENBERGER, de l'Institut, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 415 pages, avec 67 figures, cartonné..... 5 fr.

Quatre chapitres sont consacrés à la classification des antiseptiques, à leur constitution chimique, à leurs procédés de préparation et à la détermination de la valeur d'un produit médicinal. Vient ensuite une classification rationnelle des produits médicamenteux, dérivés de la série grasse et de la série aromatique. Pour chaque substance on trouve : la constitution chimique, les procédés de préparation, les propriétés physiques, chimiques et physiologiques et la forme sous laquelle elle est employée. Ce livre s'adresse aux savants désireux de se familiariser avec la chimie des produits médicinaux et aux industriels qui veulent s'initier aux procédés de fabrication.

**Savons et bougies,** par JULIEN LEFÈVRE, agrégé des sciences physiques, professeur à l'École des sciences de Nantes, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 424 pages, avec 116 figures, cartonné..... 5 fr.

M. Lefèvre expose d'abord les notions générales sur les corps gras neutres, leur composition, leurs propriétés et les différents modes de saponification.

Il traite ensuite de la savonnerie et décrit les matières premières (corps gras et lessives alcalines), les procédés de fabrication (savons marbrés et savons blancs de Marseille, savons durs, savons d'empâtage, savons de toilette à chaud, savons mous, savons industriels et médicinaux), les falsifications et les modes d'essai. La seconde partie contient la fabrication des bougies de toutes sortes (procédés de fusion des suifs, fabrication des chandelles, falsification et essai des suifs extraction et purification des acides gras solides, moulage des bougies stéariques fabrication des bougies colorées, creuses, enroulées, allumettes-bougies, etc.), fabrication de la glycérine.

Dans les deux industries, l'auteur s'est appliqué à faire connaître les méthodes et les appareils les plus récents et les plus perfectionnés.

**L'Or**, propriétés physiques et chimiques, gisements, extraction, applications, dosage, par L. WEILL, ingénieur des mines. Introduction par U. LE VERRIER, professeur de métallurgie au Conservatoire des arts et métiers et à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-18 jésus de 420 pages, avec 67 figures, cartonné..... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques; dosage. Géologie : minerais, gisement. Métallurgie : voie sèche, amalgamation et lixiviation. Elaboration : alliages, frappe des monnaies. Orfèvrerie : argenture. Rôle économique : commerce, statistique, avenir.

**L'Argent**, géologie, métallurgie, rôle économique, par Louis DE LAUNAY, professeur à l'École des mines. 1896, 1 vol. in-18 jésus de 382 pages, avec 80 figures, cartonné.... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques gisements — Gisements filoniens — Gisements sédimentaires — Alluvions aurifères — Extraction — Applications — Orfèvrerie — Médailles — Monnaies — Dosage — Essai des minerais — Essai des alliages.

**Le Cuivre**, par PAUL WEISS, 1893, 1 vol. in-18 jésus de 344 pages, avec 86 figures, cartonné..... 5 fr.

Après avoir visité les principales mines et usines à cuivre d'Europe, M. P. Weiss vient de résumer en un volume portatif toutes les données actuelles sur les gisements, la métallurgie et les applications du cuivre.

Dans une première partie, M. Weiss passe en revue l'origine, les gisements, les propriétés et les alliages du cuivre. Dans la deuxième partie, consacrée à la métallurgie, il passe en revue le grillage des minerais, la fabrication de la matte bronze, la transformation de la matte bronze en cuivre noir, l'affinage du cuivre brut et le traitement des minerais de cuivre par la voie humide.

La troisième partie traite des applications du cuivre, de son marché, de son emploi, de la fabrication et de l'emploi des plaques de cuivre (chaudronnerie, etc.), de l'emploi du cuivre en électricité (tréfilerie, etc.), de la fonderie du cuivre et de ses alliages, enfin des bronzes et laitons.

**L'Aluminium**, par A. LEJEAL. Introduction par U. LE VERRIER, professeur à l'École des mines, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 357 pages, avec 36 figures, cartonné. 5 fr.

Le volume débute par un exposé historique et économique. Vient ensuite l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'aluminium et de ses sels, l'étude des minerais et de la fabrication des produits aluminiques. Les chapitres suivants sont consacrés à la métallurgie (procédés chimiques, électrothermiques et électrolytiques), aux alliages, aux emplois de l'aluminium, à l'analyse et à l'essai des produits aluminiques, enfin au mode de travail et aux usages de l'aluminium.

Le volume se termine par l'histoire des autres métaux terreux et alcalino-terreux : manganèse, baryum et strontium, calcium et magnésium.

**La Galvanoplastie**, le nickelage, l'argenture, la dorure, l'électrometallurgie et les applications chimiques de l'électrolyse, par E. BOUANT, agrégé des sciences physiques, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 400 pages, avec 52 figures, cartonné..... 5 fr.

I. Notions générales sur l'électrolyse : Unités pratiques de mesure. Sources d'électricité employées dans les opérations électrolytiques. Piles, accumulateurs, machines électrolytiques. — II. Galvanoplastie. Moulage, Disposition des bains, formation du dépôt, électrotypie. — III. Electrochimie : Détapage, cuivrage, argenture, dorure. Dépôt de divers métaux, coloration et ornementation par les dépôts métalliques. — IV. Electro-metallurgie. — V. Applications chimiques de l'électrolyse : Épuration des eaux, désinfection, blanchiment, fabrication du chlore, tannage, préparation de l'oxygène, etc.

**Cuir, et peaux,** par H. VOINESSON DE LAVELINES, chimiste au Laboratoire municipal, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 451 pages, avec 88 figures, cartonné. 5 fr.

M. Voinesson de Lavelines passe d'abord en revue les peaux employées dans l'industrie des cuirs et peaux, puis les produits chimiques utilisés en hongroirie et mégisserie, les végétaux tannants et les matières tinctoriales pour les peaux et la maroquinerie. Vient ensuite la préparation des peaux brutes pour cuirs forts, le tannage des cuirs forts et la fabrication des cuirs mous. Les chapitres suivants sont consacrés à l'industrie du corroyeur, qui donne aux peaux les qualités spéciales, nécessaires suivant les industries qui les emploient : cordonniers, bourelliers, selliers, carrossiers, relieurs, etc. L'art de vernir les cuirs, est décrit très complètement. Viennent ensuite la hongroirie, la mégisserie, la chamoiserie et la buffetterie. L'ouvrage se termine par la maroquinerie, l'impression et la teinture sur cuir, la parcheminerie et la ganterie.

**L'industrie et le Commerce des Tissus,** en France et dans les différents pays, par G. JOULIN, chimiste au Laboratoire municipal, 1895, 1 vol. in-18 jésus de 346 pages, avec 76 figures, cartonné..... 5 fr.

Après avoir décrit les opérations préliminaires du tissage et les opérations spéciales pour étoffes façonnées, M. Jouin consacre des chapitres distincts au coton (filature et tissus de coton, tissus unis, croisés, façonnés, velours, bonneterie, etc.) au LIN, au JUTE, au CHANVRE, à la RAMIE, et à la LAINE (filature, travail de la laine à cardes et à peigues, draperie, reps, étamine, alpaga, barège, mérinos, velours, peûche, tapis, passementerie, vêtement, etc.).

**L'Industrie du blanchissage** et les blanchisseries, par A. BAILLY, 1895, 1 vol. in-16 de 383 pages, avec 106 fig., cart. 5 fr.

Ce livre est divisé en trois parties : 1° le blanchiment des tissus neufs, des fils et des cotons ; 2° le blanchissage domestique du linge dans les familles ; 3° le blanchissage industriel. L'ouvrage débute par une étude des matières premières employées dans cette industrie. A la fin sont groupés les renseignements sur les installations et l'exploitation moderne des usines de blanchisseries ; on y trouvera décrites : 1° l'installation et l'organisation des lavoirs publics ; 2° les blanchisseries spéciales du linge des hôpitaux, des restaurants, des hôtels à voyageurs, des établissements civils et militaires ; 3° la manière d'établir la comptabilité du linge à blanchir ; 4° les relations entre la direction des usines, leur personnel et leur clientèle.

**Le Sucre et l'industrie sucrière,** par PAUL HORSIN-DÉON, ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-18 jésus de 495 pages, avec 83 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire ; c'est un exposé au courant des plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres :

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par pression et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, filtration, évaporation cuite. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — Extraction du sucre de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucose, lévulose et sucre interverti. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des mélasses, etc. — Le sucre de canne, culture et fabrication. — Raffinage des sucres.

**Chimie du distillateur**, *matières premières et produits de fabrication*, par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 volume in-18 jésus de 408 pages, avec 75 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. GUICHARD étudie successivement les éléments chimiques de la distillerie, leur composition et leur essai industriel.

**Microbiologie du distillateur**, *ferments et fermentations*, par P. GUICHARD, 1895, 1 volume in-18 jésus, de 392 pages, avec 106 figures et 38 tableaux, cartonné..... 5 fr.

Historique des fermentations; matières albuminoïdes; ferments solubles, diastases, zymases ou enzymes; ferments figurés et levures; fermentations; composition et analyse industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drèches, etc. Tableaux de la force réelle, des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

**L'Industrie et la distillation**, *levures et alcools*, par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-18 jésus de 415 pages, avec 138 figures, cartonné..... 5 fr.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. GUICHARD a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui y donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme simple, quoique complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

**La Bière et l'Industrie de la brasserie**, par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des sciences, directeur de l'École de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-18 jésus de 420 pages, avec 74 figures, cartonné..... 5 fr.

*Matières premières* : orge, maïs, riz, glucose et sucre. — *Maltage* : germination et touraillage — Étude de l'eau, du houblon, de la poix. — *Brassage* : principales méthodes employées pour la fermentation et influence du travail sur la composition du moût. — *Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts*. — *Fermentation* : propriétés de la levure, sa nutrition et sa reproduction; fermentation industrielle, procédés de conservation; de clarification etc. — *Maladies de la bière*. — *Contrôle de fabrication, Consommation et valeur alimentaire de la bière, Installation d'une brasserie, Enseignement technique*.

**Le Pain et la Panification**, *chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie*, par L. BOUTROUX, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Besançon, 1897, 1 volume in-16 de 358 p. avec 57 figures, cartonné..... 5 fr.

Dans une première partie, M. Boutroux étudie la farine : composition du grain de blé; opérations de la mouture et comparaison des divers procédés de broyage, composition de la farine du blé et des autres céréales. La seconde partie est consacrée à la transformation de la farine en pain. Après une étude théorique de la fermentation panaire, toutes les opérations pratiques de la panification usuelle sont décrites succinctement, et expliquées scientifiquement. M. Boutroux passe ensuite en revue les divers procédés de panification employés en France ou à l'étranger. Puis il indique la composition chimique du pain et les opérations par lesquelles le chimiste peut en apprécier la qualité ou y déceler les fraudes. Enfin, se plaçant au point de vue de l'hygiène, il étudie la valeur nutritive du pain en général et des diverses sortes de pain.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

★★

## INDUSTRIE — TECHNOLOGIE

- BAILLY.** L'Industrie du blanchissage et les blanchisseries par A. BAILLY. 1895, 1 vol. in-16 de 383 p., avec 106 fig. cart. 5 fr.
- BAUDOIN.** Les Eaux-de-vie et la fabrication du cognac, par A. BAUDOIN, directeur du Laboratoire de chimie de Cognac. 1893, 1 vol. in-16 de 300 p. avec 60 fig. cart.,..... 4 fr.
- BEAUVISAGE.** Les matières grasses, caractères, falsifications et essai des huiles, beurres, graisses, suifs et cires. 1891, 1 volume in-16, de 324 pages, avec 90 fig. cart.,..... 4 fr.  
Matières grasses en général, huiles animales et végétales, huile d'olives, beurres, graisses et suifs d'origine animale, beurres végétaux, cires animales, végétales et minérales.
- BIÉTRIX.** Le Thé, étude chimique, falsifications et richesse en caféine des différentes espèces. 1892, 1 vol. in-16, de 160 p., avec fig. 2 fr.
- BOERY.** Les plantes oléagineuses et leurs produits et les plantes alimentaires des pays chauds (cacao, café, canne à sucre, etc.). 1889, 1 vol. in-16 de 160 p., avec 22 fig.,..... 2 fr.
- BONNET (V.).** Précis d'analyse microscopique des denrées alimentaires. Caractères, procédés d'examen, altérations et falsifications, par V. BONNET, expert du Laboratoire municipal. Préface de L. GUIGNARD, professeur à l'Ecole supérieure de pharmacie. 1890, 1 vol. in-18, de 200 p., avec 163 fig. et 20 pl. en chromotypographie, cart.,..... 6 fr.
- BOUANT.** Nouveau Dictionnaire de chimie, comprenant les applications aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie, à l'usage des chimistes, des industriels, des fabricants de produits chimiques, des laboratoires municipaux, de l'Ecole centrale, de l'Ecole des mines, des Ecoles de chimie, etc., par E. BOUANT, agrégé des Sciences physiques. Introduction par M. TROOST, de l'Institut. *Nouveau tirage*, 1896. 1 vol. gr. in-8 de 1220 p., avec 400 fig. 25 fr.  
Sans négliger l'exposition des théories générales, dont on ne saurait se passer pour comprendre et coordonner les faits, on s'est astreint à rester le plus possible sur le terrain de la chimie pratique. Les préparations, les propriétés, l'analyse des corps usuels sont indiquées avec tous les développements nécessaires. Les fabrications industrielles sont décrites de façon à donner une idée précise des méthodes et des appareils.
- **La Galvanoplastie**, le nickelage, l'argenture, la dorure, l'électrometallurgie et les applications chimiques de l'électrolyse. 1894, 1 vol. in-16 de 400 p. avec 52 fig.,..... 5 fr.
- BOUTROUX.** Le pain et la panification, chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie. 1897, 1 vol. in-16 de 58 p., avec 57 fig., cart.,..... 5 fr.
- BREMOND (FÉLIX).** Précis d'hygiène industrielle, comprenant des notions de chimie et de mécanique, par le Dr F. BREMOND, inspecteur du travail dans l'industrie. 1893, 1 vol. in-18 de 384 p., avec 122 fig.,..... 5 fr.

**BRÉVANS (De). La Fabrication des liqueurs**, par J. DE

BRÉVANS, chimiste principal au Laboratoire municipal de Paris.

Introduction par CH. GIRARD, directeur du Laboratoire municipal.

1890, 1 vol. in-16 de 384 p., avec 93 fig., cart..... 4 fr.

L'alcool : distillation, purification et rectification. Les liqueurs naturelles : eaux-de-vie, rhum et tafia. Les liqueurs artificielles; le laboratoire et le matériel du distillateur, les matières premières : essences, esprits aromatiques, teintures, alcoolatures, eaux distillées, sucs; sirops, liqueurs par distillation et par infusion; liqueurs par les essences; vins aromatisés. Analyse et falsifications; statistique et législation.

— **Les Conserves alimentaires.** 1896, 1 vol. in-16 de 396 p., avec 71 fig., cart..... 4 fr.

— **Le Pain et la viande.** Préface de M. E. RISLER, directeur de l'Institut national agronomique. 1892, 1 vol. in-16 de 360 p., avec 86 fig., cart..... 4 fr.

*Le pain* — Les Céréales. — La Meunerie. — La Boulangerie. — La Pâtisserie et la Biscuiterie. — *La viande*. — Les animaux de boucherie. — La Boucherie. — La Charcuterie. — Les animaux de basse-cour. — Les Oeufs. — Le Gibier.

— **Les légumes et les fruits.** Préface de M. A. MUNTZ, professeur à l'Institut national agronomique. 1892, 1 vol. in-16, de 350 p., avec 131 fig., cart..... 4 fr.

**BRONGNIART.** Mémoires sur les kaolins ou argiles à porcelaine. 2 parties in-4, 100 pages, avec 6 pl. col..... 10 fr.

**BROUARDEL.** Les explosifs et les explosions. 1896, 1 vol. in-8 de 272 p., avec 39 fig..... 6 fr.

**BRUCKE et SCHUTZENBERGER.** Des couleurs, au point de vue physique, physiologique artistique et industriel, par E. BRUCKE, traduit par P. SCHUTZENBERGER (de l'Institut), 1 vol. in-16 de 344 p., avec 46 fig..... 3 fr. 50

**BRUNEL (G.).** Formulaire des nouveautés photographiques. 1897, 1 vol. in-16 de 343 p., avec 144 fig., cart..... 4 fr.

**BUCHARD.** Le Matériel agricole. Machines, outils, instruments employés dans la grande et la petite culture. 1890, 1 vol. in-16, de 384 p., avec 142 fig., cart..... 4 fr.

Charrues, scarificateurs, herses, fougreaux, semoirs, sarclieuses, bineuses, moissonneuses, faucheuses, faneuses, batteuses, râtaux, tarares, trieurs, hache-paille, presses, coupe-racines, appareils de laiterie, vinification, distillation, cidrerie, huilerie, scierie, machine hydraulique, brouettes, charrettes, moteurs.

— **Constructions agricoles et architecture rurale.** 1889, 1 vol. in-16 de 392 p., avec 143 fig. cart..... 4 fr.

Matériaux de construction; préparation et emploi; maisons d'habitation; étables, écuries, bergeries, porcheries, basses-cours, granges, magasins à grains et à fourrages, laiteries, cuveries, pressoirs, magnaneries, disposition générale des bâtiments, alignements, mitoyenneté et servitudes; devis et prix de revient.

**CAMBON.** Le Vin et l'art de la vinification. 1892, 1 vol. in-16 de 324 p., avec 67 fig., cart..... 4 fr.

Le raisin et le mout, la fermentation, la vinification, composition et analyse du vin, vinifications spéciales, maladies, altérations et sophistications des vins, outillage vinaire, production, achat, livraison et transport du vin, etc.

**CAUVET. Procédé pratique pour l'essai des farines.**

Caractères, altérations, falsifications, moyens de découvrir les fraudes, 1888. 1 vol. in-16 de 97 p. avec 74 fig. .... 2 fr.

**CAZENEUVE (P.). La Coloration des vins, par les couleurs**

de la houille. Méthodes analytiques et marche pour reconnaître la nature de la coloration, par P. CAZENEUVE, professeur de chimie à la Faculté de Lyon. 1886, 1 vol. in-16 de 324 p., 1 pl. .... 3 fr. 50

**CHAPUIS. Précis de toxicologie. 3<sup>e</sup> édition, 1897. 1 vol. in-8**

de 800 p., avec 64 fig. .... 9 fr.

**COQUAND. Traité des roches. Origine, composition, gisement,**

applications à la géologie et à l'industrie. 1857, 1 vol. in-8. .... 7 fr.

**COREIL. L'Eau potable. 1896, 1 vol. in-18 jésus de 359 p. avec**

196 fig., cart. .... 5 fr.

**CUYER (Ed.). Le Dessin et la peinture, par Ed. CUYER,**

professeur à l'École nationale des Beaux-Arts et aux Ecoles de la ville de Paris. 1893, 1 vol. in-16 de 330 p. avec 250 fig., cart. .... 4 fr.  
Dessin linéaire géométrique. — Dessin géométral. — Dessin perspectif. — Perspective d'observation. — Peinture. — Lois physiques et chimie des couleurs. — Procédés de peinture; pastel, gouache, aquarelle, huile.

**DEBIONNE. Précis de chimie atomique. Tableaux schéma-**

tiques coloriés. 1896, 1 vol. in-16 avec 175 figures en 5 couleurs, cart. .... 5 fr.

**DUJARDIN. L'Essai commercial des vins et des vinaï-**

gres. 1892, 1 vol. in-16 de 368 p., avec 66 fig., cart. .... 4 fr.

Essai des moûts, dosage de l'alcool, de l'extrait sec, des cendres, du sucre, du tannin, de la glycérine, etc., recherche de la présence des raisins secs, du plâtre, de l'acide sulfurique, azotique, chlorhydrique, borique, salicylique, de la saccharine, des colorants, etc., maladies du vin. Fabrication, analyse et essai des vinaïgres.

**DUCLAUX (E.). Le Lait, études chimiques et microbiologiques,**

par E. DUCLAUX, de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, et à l'Institut agronomique. 1894, 1 vol. in-16 de 336 p. .... 3 fr. 50

**ÉTAIX. Manipulations de chimie, préparation et analyse.**

1897, 1 vol. in-8 de 276 p. avec 150 fig. .... 5 fr.

**ENGEL. Traité élémentaire de chimie, par ENGEL, pro-**

fesseur à l'École centrale des arts et manufactures, 1896, 1 vol. in-8 de 610 pages, avec 160 figures. .... 8 fr.

**FERRAND (E.). et DELPECH (A.). Premiers secours**

en cas d'accidents et d'indispositions subites. 4<sup>e</sup> édition, 1890, 1 vol. in-16 de 360 pages, 86 fig., cart. .... 4 fr.

**FERVILLE (E.). L'Industrie laitière, le lait, le beurre et le**

fromage. 1888, 1 vol. in-16 de 350 p. avec fig., cart. .... 4 fr.

Le lait: essayage; vente; lait condensé; le beurre; la crème; système Swartz; écrémeuses centrifuges; barattage; délaitage mécanique; margarine; fromages frais et raffinés, fromages pressés et cuits; construction des laiteries; comptabilité, etc.

**FOLIN (de). Bateaux et navires, progrès de la construction**

navale à tous les âges et dans tous les pays. 1893, 1 vol. in-16 de 318 pages, avec 132 figures. .... 5 fr.

- GALLOIS (E.).** La Poste et les moyens de communication chez les différents peuples à travers les âges, 1894, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 150 figures..... 3 fr. 50
- GARNIER (L.).** Ferments et fermentations. Rôle dans la nature et l'industrie, par L. GARNIER, professeur de chimie à la Faculté de Nancy. 1888, 1 vol. in-16 de 318 pages, avec 65 fig. 3 fr. 50
- GAIN.** Précis de chimie agricole. 1895, 1 vol. in-18 jésus de 463 pages, avec 93 fig., cart..... 5 fr.
- GAUTIER (A.).** Sophistication et analyse des vins, par A. GAUTIER, membre de l'Institut. 4<sup>e</sup> édition, 1891, 1 vol. in-18 jésus de 326 pages, avec 4 pl. color. cartonné..... 6 fr.
- Le cuivre et le plomb, dans l'alimentation et l'industrie, au point de vue de l'hygiène. 1 vol. in-18 jésus de 310 pages.. 3 fr. 50
- GIRARD (H.) et de BREVANS.** La Margarine et le beurre artificiel. Procédés de fabrication, procédés chimiques et physiques pour la reconnaître, législation française et étrangère. 1889, 1 vol. in-16, de 172 pages, avec figures..... 2 fr.
- GRAFFIGNY (H. de).** La navigation aérienne et les ballons dirigeables. 1888, 1 vol. in-16 de 344 p. avec fig. 3 fr. 50
- Les Industries d'amateur. Le papier et la toile, la terre, la cire, le verre et la porcelaine, le bois, les métaux. 1888, 1 vol. in-16 de 365 p., avec 395 fig., cart..... 4 fr.
- Cartonnage, papiers de tenture, encadrements, brochage et reliure, fleurs artificielles, aérostats, feux d'artifices, modelage, moulage, gravure sur verre, peinture de vitraux, mosaïque, menuiserie, tour, découpage du bois, marqueterie et placage, serrurerie, mécanique, électricité, galvanoplastie, horticologie.
- GREHANT.** Les Poisons de l'air, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, asphyxies et empoisonnements. 1890, 1 vol. in-16 de 320 p., avec 21 fig..... 3 fr. 50
- GUICHARD.** Précis de chimie industrielle. 1893, 1 vol. in-16 de 412 p., avec 68 fig., cart..... 5 fr.
- Traité de distillerie. 1895-1896, 3 vol. in-18 jésus, de 400 p., avec 319 fig., cartonnés..... 15 fr.
- I. Chimie du distillateur : matières premières et produits de fabrication..... 5 fr.
- II. Microbiologie du distillateur : ferments et fermentation..... 5 fr.
- III. Industrie de la distillation : levures et alcools..... 5 fr.
- L'Eau dans l'industrie. 1894, 1 vol. in-18 jésus de 417 p., avec 80 fig., cart..... 5 fr.
- GUINOCHE.** Les Eaux d'alimentation. 1895, 1 vol. in-18 jésus de 370 p., avec 52 fig., cart..... 5 fr.
- GUN.** L'Électricité appliquée à l'art militaire, par le colonel GUN. 1889, 1 vol. in-16 de 380 p., avec 140 fig..... 3 fr. 50
- L'Artillerie actuelle, canons, fusils et projectiles. 1887, 1 vol. in-16 de 340 p., avec 60 fig..... 3 fr. 50

- HALLER.** L'Industrie chimique, par A. HALLER, directeur de l'Inst. chim. de Nancy. 1895, 1 vol. in-16 de 348 p., cart.,.... 5 fr.
- HALPHEN (G.).** La pratique des essais commerciaux et industriels, *Matières minérales.* 1892, 1 vol. in-16 de 342 p., avec 28 fig., cart..... 4 fr.  
Analyse qualitative. Détermination des bases et des acides. Analyse des salicylates. Analyse quantitative. Acidimétrie, alcalimétrie, ammoniacque, soude, potasse, chaux, fer, cuivre, zinc, plomb, nickel, argent, or, alliage, terres, verres, couleurs, etc.
- *Matières organiques.* 1893, 1 vol. in-16 de 352 p., avec 72 fig., cart. 4 fr.  
Farines et matières amylacées, poivre, matières sucrées, méthylènes et alcools dénaturés, alcools et eaux-de-vie du commerce, kirsch, vins, bières, vinaigre, éther commercial, lait, beurre, fromages, herbes végétales, suifs, savons, glycérines, cires, résines, huiles minérales, huiles industrielles, combustibles, huile de houille, matières colorantes, engrais, urine, papiers, textiles et tissus, cuirs.
- **Couleurs et Vernis.** 1894, 1 vol. in-16 de 388 p., avec 29 fig., cart..... 5 fr.
- **L'Industrie de la Soude.** 1895, 1 vol. in-16 de 368 p., avec 91 fig., cart..... 5 fr.
- HÉRAUD.** Les Secrets de la science et de l'industrie, Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière. 1888, 1 vol. in-16 de 350 p., avec 165 fig., cart. 4 fr.  
L'électricité; les machines, les métaux; le bois; les tissus; la teinture; les produits chimiques; l'orfèvrerie; la céramique; la verrerie; les arts décoratifs et graphiques.
- HORSIN-DEON.** Le Sucre. 1894, 1 vol. in-16 de 406 p., avec 33 fig., cart..... 5 fr.
- IMBERT et BERTIN-SANS.** Traité élémentaire de physique. 1896, 2 vol. in-8 de 1124 p., avec 464 fig. et 6 pl. color. 16 fr.
- JOULIN.** L'Industrie et le Commerce des Tissus, en France et dans les différents pays. 1895, 1 vol. in-18 jésus de 346 p., avec 76 fig., cart..... 5 fr.
- JUNGFLEISCH.** Manipulations de chimie, guide pour les travaux pratiques de chimie, par E. JUNGFLEISCH, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. 2<sup>e</sup> édition, 1893, 1 vol. gr. in-8 de 1180 p., avec 374 fig., cart..... 25 fr.
- KNAB (L.).** Les Minéraux utiles et l'exploitation des mines. 1888, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 75 fig., cart.... 5 fr.
- LACROIX-DANLIARD.** La Plume des oiseaux, histoire naturelle, mœurs et industrie, préparation et mise en œuvre de la plume, usages guerriers, jouets, parure et habillement, usages domestiques, etc., 1892, 1 vol. in-16 de 419 p., avec 79 fig., cart. 4 fr.
- **Le Poil des animaux et les fourrures,** histoire naturelle et chasse des animaux à fourrures, industries des pelletteries et fourrures, poils et laines, industrie de la chapellerie et de la broserie, etc., 1892, 1 vol. in-16 de 419 p., avec 79 fig., cart..... 4 fr.
- LARBALÉTRIER.** Les engrais et la fertilisation du sol. 1891, 1 vol. in-16 de 352 p., avec 74 fig., cart..... 4 fr.  
L'alimentation des plantes de la terre arable. Les amendements, chaulages, marages, plâtrages. Les engrais animaux, le guano. Les engrais chimiques, composition et emploi, préparation, achat, formules.

**LARBALÉTRIER. L'Alcool**, au point de vue chimique, agricole, agricole, industriel, hygiénique et fiscal. 1888, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 50 figures..... 3 fr. 50

Propriétés physiques. Caractères chimiques. Dérivés. Matières alcoolisables. Fermentation alcoolique. Boissons alcooliques. Distillation. Alcools d'industrie. Purification et rectification. Spiritueux et liqueurs alcooliques. Altérations et falsifications. Action sur la santé. Usages. Impôts.

**LAUNAY (A. de). L'Argent**, géologie, métallurgie, 1896, 1 vol. in-18 jésus de 387 p., avec 80 fig., cart..... 5 fr.

**LAUJH (Ch.). La Manufacture nationale de Sèvres**. 1889, 1 vol. in-8 de 453 pages..... 8 fr.

**LAYET. Hygiène des professions et des industries**, par LAYET. 1876, 1 vol. in-18 de 500 pages..... 5 fr.

**LEFÈVRE (J.). Dictionnaire d'électricité**, contenant les applications aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes. Introduction par E. BOUTY, professeur à la Faculté des sciences de Paris, 2<sup>e</sup> édition, mise au courant des nouveautés électriques. 1895, 1 vol. gr. in-8 de 1150 pages à 2 colonnes, avec 1285 figures..... 30 fr.

Le *Dictionnaire d'électricité* de M. J. Lefèvre est une véritable encyclopédie électrique où le lecteur trouvera un exposé complet des principes et des méthodes en usage aujourd'hui, ainsi que la description de toutes les applications. Il présente sous une forme claire et concise des renseignements sur la terminologie électrique, comme aussi l'exposé des connaissances actuelles en électricité. C'est le seul ouvrage qui soit au courant des découvertes les plus nouvelles et qui fasse connaître les appareils et les applications qui se sont produits récemment, tant en France qu'à l'étranger.

— **L'Électricité à la maison**. 2<sup>e</sup> édition, 1896, 1 vol. in-16 de 396 pages., avec 209 fig., cartonné..... 4 fr.

Production de l'électricité, piles; accumulateurs; machines dynamos; lampes à incandescence; régulateurs; bougies; allumeurs; sonneries; avertisseurs automatiques; horlogeries; réveille-matin; compteurs d'électricité; téléphones et microphones; moteurs; locomotion électrique; bijoux; récréation électriques; paratonnerres; cuisine électrique.

— **Les Nouveautés électriques**. 1896, 1 vol. in-16 de 412 pages, avec 157 fig., cartonné..... 4 fr.

— **L'Acétylène**. 1897, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

— **Les Moteurs**. 1896, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 200 fig., cartonné..... 4 fr.

— **Savons et Bougies**. 1894, 1 vol. in-16 de 424 pages, avec 116 figures, cartonné..... 5 fr.

— **La Photographie et ses applications aux sciences, aux arts et à l'industrie**. 1888, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 100 figures. 3 fr. 50

*Méthodes et appareils*. — Positifs aux sels d'argent. Retouche. Négatifs sur collodion sec et au gélatino-bromure d'argent. Objectifs simples et composés. Mise au point. Chambres noires d'atelier. Appareils de voyage et de poche. Photographie sans objectif et sans appareils. Temps de pose. Obturateurs. Atelier et éclairage. Laboratoire.

*Applications*. — Gravure photographique. Photolithographie et phototypie. Phototypographie. Photographie des couleurs. Photographie instantanée. Stéréoscope. Vues panoramiques. Agrandissements. Photographie microscopique. Photographie astronomique.

**LEFÈVRE (J.). Le Chauffage et les applications de la chaleur** dans l'industrie et l'économie domestique. 1893, 1 vol. in-16 de 355 p., avec 188 fig., cartonné..... 4 fr.

La ventilation naturelle, par cheminée chauffée et mécanique. Chauffage par les cheminées et par les poêles, chauffage des calorifères par l'air chaud, l'eau chaude, la vapeur, chauffage des cuisines, des bains, des serres, des voitures et des wagons, etc. Transformation des liquides en vapeur : distillation, évaporation, séchage. Destruction des microbes et conservation des matières alimentaires. Production du froid.

**LEJEAL. L'Aluminium**, le magnésium, le baryum et le strontium. 1894, 1 vol. in-16 de 357 pages, avec 56 fig., cart..... 5 fr.

**LE VERRIER. La Métallurgie en France**, par U. LE VERRIER, professeur à l'École nationale des mines et au Conservatoire des Arts et Métiers, 1896, 1 vol. in-16 de 333 p., avec 66 fig. 3 fr. 50  
État actuel des industries métallurgiques. Métallurgie du fer, fabrication et affinage de la fonte, utilisation des fontes impures et déphosphoration, procédés de travail mécanique des aciers moulés et du fer forgé, travail des forges, appareils servant au travail des métaux et procédés de trempe, constructions métalliques. Métallurgie du nickel et de ses alliages, du cobalt, du chrome et du manganèse, procédés de fabrication, propriétés et emploi de l'aluminium, métallurgie et travail du cuivre et de ses alliages, du zinc, du plomb, de l'étain, du platine. Travail des métaux dans les industries d'art.

**LONDE. (A.). Aide-Mémoire de photographie**, par ALBERT LONDE, directeur du service de photographie à la Salpêtrière. 2<sup>e</sup> édition, 1897, 1 vol. in-16 de 416 pages, avec 75 fig., cart... 4 fr.

La lumière. — Le matériel photographique. — La Chambre noire, l'Objectif, l'Obturateur, le Viseur, le Pied. — L'Atelier vitré. — Le laboratoire. — Le Négatif. — Exposition, développement. — Le Positif. — Procédés photographiques. — La photocollographie. — Les Agrandissements. — Les projections. — La Reproduction des couleurs. — Orthochromatisme. — Procédé Lippmann. — La Photographie à la lumière artificielle.

**MACÉ. Les Substances alimentaires étudiées au microscope**, au point de vue de leurs altérations et de leurs falsifications. 1891, 1 vol. in-8 de 500 p., avec 402 fig. et 24 pl. color. 14 fr.

**MOITESSIER. La Photographie appliquée aux recherches micrographiques**. 1 vol. in-18 de 366 pages, avec 41 fig..... 7 fr

**MONAVON (M.). La Coloration artificielle des vins**. 1890, 1 vol. in-16 de 160 p., avec fig..... 2 fr.

**MONTILLOT. La Télégraphie actuelle en France et à l'Étranger**, lignes, réseaux, appareils, téléphones. 1889. 1 vol. in-16, de 324 pages, avec 131 fig..... 3 fr. 50

— **L'Éclairage électrique**, générateurs, foyers, distribution, applications. 1890, 1 vol. in-16, de 408 p., 190 fig., cart..... 4 fr.

— **Téléphonie pratique**. 1892, 1 vol. gr. in-8 de 504 pages, avec 414 fig. et 4 planches..... 20 fr.

**MONT-SERRAT (E. de) et BRISAC. Le Gaz et ses applications**, éclairage, chauffage, force motrice, par E. DE MONT-SERRAT et BRISAC, ingénieurs de la Compagnie parisienne du Gaz. 1892, 1 vol. in-16, de 268 p., avec 86 fig., cartonné..... 4 fr.

Fabrication du gaz et canalisation des voies publiques. Éclairage public et privé. Chauffage : applications à la cuisine et à l'économie domestique, applications industrielles, emploi dans les laboratoires. Moteurs à gaz. Sous-produits de la fabrication.

- PIESSE (S.). Histoire des parfums, poudres, vinaigres, dentifrices, fards, teintures, cosmétiques, etc.**, édition française, par F. CHARDIN-HADANCOURT et H. MASSIGNON, parfumeurs, et G. HALPHEN, chimiste au Laboratoire du Ministère du Commerce. 1889, 1 vol. in-16 de 372 p., avec 68 fig., cart. .... 4 fr.  
La parfumerie à travers les siècles; histoire naturelle des parfums d'origine végétale et animale; hygiène des parfums et cosmétiques; hygiène des cheveux et préparations épilatoires; poudres et eaux dentifrices; teintures, fards, rouges, etc.
- PIESSE. Chimie des parfums et fabrication des essences**, extraits d'odeurs, eaux aromatiques, pommades, etc. 1897, 1 vol. in-16 de 376 pages, avec 70 fig., cart. .... 4 fr.  
Extraction des parfums; propriétés, analyse, falsifications des essences; essences artificielles; étude des substances employées en parfumeries; formules et recettes pour essences, extraits, bouquets, eaux composées, émulsions, pâtes, teintures pour les cheveux, vinaigres, sels, poudres, etc.
- PETIT. La Bière**, par P. PETIT, directeur du Laboratoire de brasserie de l'Institut chimique de Nancy. 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 74 fig., cartonné. .... 5 fr.
- POULENC (C.). Les Nouveautés chimiques.** 1897, 1 vol. in-8 de 250 p., avec 160 fig. .... 5 fr.
- POUTIERS. La Menuiserie.** 1896, 1 vol. in-16 de 376 pages, avec 132 fig., cartonné. .... 4 fr.
- RICHARD (G.). La Mécanique générale américaine.** 1896, 1 vol. gr. in-8 de 630 pages, avec 1441 fig. .... 8 fr.  
Chaudières. — Machines à vapeur. — Moulins à vent. — Turbines et roues hydrauliques. — Pompes à vapeur. — Appareils de levage (ascenseurs, grues, monte-charges. — Mécanismes (embrayages, cables, courroies, engrenages, paliers, poulies).
- RICHE (A.). Monnaies, médailles et bijoux.** essai et contrôle des ouvrages d'or et d'argent, par A. RICHE, directeur des essais à la Monnaie. 1889, 1 vol. in-16 de 396 p., avec 56 fig., cartonné. .... 4 fr.  
La monnaie à travers les âges. Les systèmes monétaires. L'or et l'argent. Extraction. Affinage. Fabrication des monnaies. La fausse monnaie. Les médailles et les bijoux jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et sous le régime actuel. La garantie et le contrôle en France et à l'étranger.
- RICHE (A.) et GÉLIS. L'Art de l'essayeur.** 1888, 1 vol. in-16, de 394 pages, avec 94 fig., cartonné. .... 4 fr.  
Principales opérations: fourneaux; vases; connaissances théoriques générales; agents et réactifs; argent; or; platine; palladium; plomb; mercure; cuivre; étain; antimoine, arsenic; nickel; cobalt; zinc; aluminium; fer.
- RICHE (A.) et HALPHEN. Le Pétrole.** 1896, 1 vol. in-16 de 484 pages, avec 114 fig., cartonné. .... 5 fr.
- SCHÖLLER (A.). Les Chemins de fer**, par A. SCHÖLLER, inspecteur de l'exploitation du chemin de fer du Nord. 1892, 1 vol. in-16 de 90 pages, avec 342 fig. .... 3 fr. 50  
Construction, exploitation, traction. La voie, les gares, les signaux, les appareils de sécurité, la marche des trains, la locomotive, les véhicules, les chemins de fer métropolitains, de montagne, à voie étroite. Les tramways et les chemins de fer électriques.
- SOUBEIRAN. Nouveau dictionnaire des falsifications et des altérations des aliments, des médicaments, des produits employés dans les arts, l'industrie et l'économie domestique.** 1874, 1 vol. gr. in-8 de 640 pages, avec 218 fig. .... 14 fr.

**TASSART. Les Matières colorantes et la chimie de la teinture**, par L. TASSART, de la Société des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis (Etablissements Poirier et Dalsace).

1889, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 38 fig., cartonné..... 4 fr.

Matières textiles : fibres d'origine végétale, coton, lin, chanvre, jute, ramie; fibres d'origine animale, laine et soie; matières colorantes minérales, végétales et animales; matières tannantes; matières colorantes artificielles; dérivés du triphényl-méthane, phthaléines; matières colorantes nitrées et azoïques, iodophénone, safranine, etc.; analyse des matières colorantes; mordants d'alumine, de fer, de chrome, d'étain, etc.; matières employées pour l'apprêt des tissus; des eaux employées en teinturerie et de leur épuration.

— **L'Industrie de la teinture.** 1890, 1 vol. in-16 de 305 pages, avec 56 fig., cartonné..... 4 fr.

Le blanchiment du coton, du lin, de la laine et de la soie; le mordantage; la teinture à l'aide des matières colorantes et artificielles; l'échantillonnage; manipulation et matériel de la teinture des fibres textiles, des fils et des tissus; rinçage, essorage, séchage, apprêts, cylindrage, glaçage, etc.

**TRILLAT. Les Produits chimiques employés en médecine**, composition chimique, fabrication industrielle, analyse et essai. 1894, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 67 fig., cartonné... 5 fr.

**VAUTIER. Les machines à bois américaines.** 1896, 1 vol. gr. in-8 de 144 pages, avec 107 fig..... 3 fr. 50

**VERNOIS (MAX.). Traité d'hygiène industrielle et administrative**, comprenant l'étude des établissements insalubres, dangereux et incommodes. 1860, 2 vol. in-8..... 16 fr.

**VESQUE. Traité de botanique agricole et industrielle.** 1885, 1 vol. in-8 de 976 pages, avec 593 fig., cartonné..... 18 fr.

**VIGNON (L.). La Soie**, au point de vue scientifique et industriel, par L. VIGNON, sous-directeur de l'École de chimie industrielle de Lyon. 1890, 1 vol. in 16 de 370 pages, avec 31 fig., cartonné... 4 fr.

Le ver à soie; la sériciculture; la soie; le triage et le dévidage des cocons; étude physique et chimique de la soie grège; le moulage; les déchets de la soie et l'industrie de la schappe; les soieries; essai; conditionnement et titrage; la teinture; le tissage; finissage des tissus; impression; apprêts; classification des soieries; l'art dans l'industrie des soieries; documents statistiques sur la production des soies et soieries.

**VOINESSON DE LAVELINES. L'Industrie des Cuirs et Peaux.** 1894, 1 vol. in-16 de 451 pages, avec 88 fig., cartonné.. 5 fr.

**WEIL. L'Or**, Minéralogie, Métallurgie. Introduction par U. LE VERRIER professeur à l'École des mines. 1 vol. in-jésus de 420 p., avec 67 fig., cartonné..... 5 fr.

**WEISS. Le Cuivre.** 1894, 1 vol. in-16 de 344 pages, avec 86 fig., cartonné..... 5 fr.

**WITZ (A.). La machine à vapeur**, par A. WITZ, docteur ès sciences, ingénieur des Arts et Manufactures 1891, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec 80 fig., cartonné..... 4 fr.

Théorie générale et expérimentale de la machine à vapeur. Détermination de la puissance des machines. Classification des machines à vapeur. Distribution par tiroir et à decliv. Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grandes vitesses, horizontales et verticales. Machines locomobiles demi-fixes et servo-moteurs, machines compactes, rotatives et turbomoteurs.

**La Machine à vapeur**, par A. WITZ, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures, 1891, 1 vol. in-16, de 324 pages, avec 80 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Théorie générale et expérimentale de la machine à vapeur. Détermination de la puissance des machines. Classification des machines à vapeur. Distribution par tiroir et à défile. Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grande vitesse, horizontales et verticales. Machines locomobiles demi-fixes et servo-moteurs, machines compactes, machines rotatives et turbomoteurs.

**Le Gaz et ses applications**, éclairage, chauffage, force motrice, par E. de MONT-SERRAT et BRISAC, ingénieurs de la Compagnie parisienne du gaz, 1892, 1 vol. in 16, de 368 pages, avec 86 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Fabrication du gaz et canalisation des voies publiques. Eclairage : principaux brûleurs à gaz, éclairage public et privé. Chauffage : applications à la cuisine et à l'économie domestique, applications industrielles, emploi dans les laboratoires. Moteurs à gaz. Sous-produits de la fabrication du gaz.

**L'Éclairage électrique**, générateurs, foyers, distribution, applications, par L. MONTILLOT, directeur de télégraphie militaire, 1894, 1 volume in-16 de 408 pages, avec 190 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

L'auteur passe en revue les piles industrielles, les accumulateurs, les machines dynamo-électriques, les régulateurs à arc, les bougies, les lampes à incandescence; les divers systèmes de distribution par courant continu ou par courants alternatifs et transformateurs.

La seconde partie est consacrée aux applications de la lumière électrique, soit à l'éclairage de la voie publique, soit aux manœuvres marines et aux opérations de la guerre, à l'industrie et aux installations domestiques.

**L'Électricité à la maison**, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes. 1 volume in-16 de 396 pages, avec 209 figures, cartonné . . . . . 4 fr.

Production de l'électricité; piles; accumulateurs; machines dynamos; lampes à incandescence; régulateurs; bougies; allumeurs; sonneries; avertisseurs automatiques; horlogeries; réveille-matin; compteurs d'électricité; téléphones et microphones; moteurs; locomotion électrique; bijoux; récréations électriques; paratonnerres.

**Les Nouveautés électriques**, par JULIEN LEFÈVRE, 1896, 1 volume in-16, de 400 pages, avec 150 figures, cartonné . . . . . 5 fr.

Cet ouvrage est au courant des découvertes les plus nouvelles et fait connaître les appareils et les applications qui se sont produits récemment, tant en France qu'à l'étranger, notamment à l'exposition de Chicago.

On y trouve, en fait de nouveautés, au point de vue théorique, l'étude des onduations électromagnétiques, celle des courants de haute fréquence, et l'exposé de la découverte des champs tournants et des courants polyphasés. Au point de vue des applications, on trouvera toutes les nouveautés relatives au chauffage électrique, à l'éclairage, au téléphoné, etc.

EXPOSITIONS UNIVERSELLES DE 1878 et 1889  
CROIX DE LA LÉGION D'HONNEUR  
3 MÉDAILLES D'OR ET 3 D'ARGENT

# BROUHOT<sup>\*</sup> ET C<sup>ie</sup>

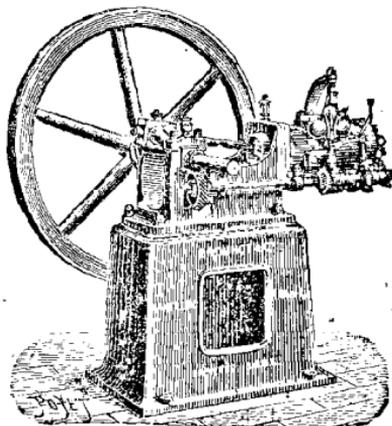
Ingénieurs-Constructeurs  
A VIERZON (CHER)

## MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE

Pour actionner les Pétrins mécaniques,  
les Pompes, les Installations électriques,  
Imprimeries, Métiers,  
Fabriques d'eau gazeuse, Batteuses, etc.

## MACHINES A VAPEUR

POMPES EN TOUS GENRES  
LOCOMOBILES, BATTEUSES, ETC.



Installations complètes  
pour élévation d'eau,  
lumière électrique, etc.  
dans les Châteaux et  
Usines.

Exposition Internationale  
de Monaco 1893

Grand Diplôme d'honneur  
pour Moteurs à pétrole  
et Diplôme d'honneur pour  
Pompes

*Envoi franco sur demande du Catalogue illustré.*

**CIE FRANÇAISE DES MOTEURS A GAZ ET DES CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, PARIS**  
155, rue Croix-Nivert (Magasin d'Exposition : 15, Avenue de l'Opéra.)

**HORIZONTAL**

à 1 cylindre de 1/2 à 120 chevaux

**HORIZONTAL**

à 2 cylindres de 5 à 200 chev.

**VERTICAL**

de 1/2 à 10  
chevaux

**MOTEURS**  
à essence et à huile  
de pétrole de 1 à 10 chev.

**MOTEURS** avec **OTTO**  
Gazogène à Gaz pauvre

**OTTO**

**RÉCOMPENSES AUX EXPOSITIONS**

**27 DIPLOMES D'HONNEUR — 48 MÉDAILLES D'OR**

**52 Croix de la Légion d'honneur aux Directeurs de la Compagnie**

**FIXARY** *Machines à glace et à air froid sec*  
**10 Diplômes d'honneur, 15 Médailles d'or**