

LE PÉTROLE

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

OUVRAGES PARUS

- Badoureau.** — LES SCIENCES EXPÉRIMENTALES EN 1889.
O. Chemin et F. Verdier. — LA HOUILLE ET SES DÉRIVÉS.
P. Lefèvre et G. Cerbelaud. — LES CHEMINS DE FER.
E. Lisbonne. — LA NAVIGATION MARITIME.
-

EN PRÉPARATION

- A. Badoureau et P. Grangier.** — LES MINES.

Tous droits réservés.

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

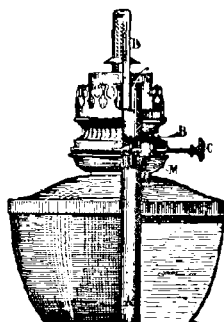
PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. J. PICHOT

LE
PÉTROLE
ET SES APPLICATIONS

PAR

HENRY DEUTSCH

(DE LA MEURTHE)



PARIS

ANCIENNE MAISON QUANTIN
LIBRAIRIES-IMPRIMERIES RÉUNIES

MAY & MOTTEZ, DIRECTEURS

7, rue Saint-Benoît

LE PÉTROLE

PREMIÈRE PARTIE

NOTIONS GÉNÉRALES

CHAPITRE PREMIER

Géologie.

Les huiles minérales naturelles, désignées communément sous le nom de *pétroles*, constituent la plus importante des quatre variétés établies par les géologues dans l'espèce minéralogique connue sous le nom de *bitume*.

Brongniart, dans son essai de classification, distingue, en se basant sur les caractères physiques apparents :

- Le *bitume naphte*, volatil à la température ordinaire ;
- Le *bitume pétrole*, liquide ;
- Le *bitume malthe*, semi-solide ;
- Le *bitume asphalte*, solide.

Bien que ces désignations ne soient peut-être plus conformes aux découvertes de la géologie moderne, nous les conserverons dans la première partie de notre ouvrage, parce qu'elles facilitent l'exposition des théories et l'intelligence des faits.

Les bitumes sont constitués par des combinaisons d'hydrogène et de carbone, auxquelles on donne le nom générique d'*hydrocarbures*. S'il est permis de leur attribuer une communauté d'origine, malgré la diversité de leurs apparences et de leurs propriétés physiques, l'accord est encore loin d'être fait entre les savants en ce qui concerne cette origine même.

Depuis vingt-cinq ans, les géologues et les chimistes les plus éminents de l'ancien et du nouveau monde ont imaginé, à propos des pétroles, des théories qui se sont quelque peu ressenties de leurs études personnelles et du milieu dans lequel ils ont dirigé leurs recherches. Des considérations abstraites ou des observations limitées à un champ d'exploitation restreint les ont conduits à formuler des conclusions absolues, qui, admissibles en un point déterminé, étaient peu conciliables avec l'allure des terrains dans d'autres contrées. Le seul fait que les pétroles se rencontrent à tous les étages de la voûte terrestre suffit à inspirer des doutes sur l'existence d'une cause unique, qui aurait donné lieu à des formations séparées par des milliers de siècles. On est même autorisé, dans une certaine mesure, à admettre que des effets analogues ont pu être produits par des phénomènes entre lesquels il n'existe aucun rapprochement possible.

Un examen rapide des principales théories professées en Europe et en Amérique permettra d'apprécier les difficultés auxquelles se heurte la solution du problème géologique.

THÉORIES RELATIVES A L'ORIGINE DES PÉTROLES.

Les innombrables explications fournies pour justifier, par des réactions connues ou des faits dûment constatés, la formation des gisements de pétrole paraissent pouvoir être rattachées à l'une ou à l'autre des trois formules suivantes :

I. — Les pétroles seraient le produit de la décomposition de la matière organique, animale ou végétale, contemporaine du terrain où on les rencontre.

II. — Les pétroles auraient pris et prendraient encore naissance, au sein de la terre, à la suite de certaines réactions purement chimiques.

III. — Les pétroles seraient des produits d'origine volcanique, et leur formation aurait accompagné ou même accompagnerait encore les phénomènes éruptifs qui déterminent des dislocations et des fractures dans l'écorce du globe.

Si nous ne mentionnons pas la possibilité de la production des pétroles par une distillation lente des combustibles fossiles, c'est que la disposition même des gisements paraît, dans la plupart des cas, contredire formellement cette hypothèse. Il suffit d'étudier l'ordre de superposition des horizons géologiques du pétrole aux États-Unis et en Europe pour rejeter tout rapprochement de ce genre, et certaines différences de composition entre les pétroles et les produits de la distillation de la houille ne permettent pas, jusqu'ici du moins, leur entière assimilation.

I. — FORMATION ORGANIQUE. — L'examen géologique des terrains pétrolifères du Kentucky a conduit, dès 1865, le docteur T.-S. Hunt à présenter cette théorie que le pétrole, ou, tout au moins, les substances organiques qui l'ont produit, a été déposé dans les couches où on le trouve actuellement au moment même de la formation de la roche.

Ces substances se seraient décomposées sous l'action de la matière saline et calcaire qui les entourait, et le pétrole ainsi formé se serait amassé dans les cavités immédiatement voisines. Cette dernière opération n'a pu d'ailleurs se faire ni par distillation ni par infiltration, car, à côté même des chambres ou cavités pleines de pétrole, on en trouve qui sont complètement vides.

La production du pétrole ne peut être attribuée, ainsi que certains auteurs l'ont supposé, à la distillation lente des pyroschistes appartenant aux couches moyenne et supérieure du *dévonien*. Tous les puits de l'*Ontario*, qui sont fort riches, ont été creusés dans un terrain où ces pyroschistes ne se présentent que sous la forme d'une bande très mince placée à la base de la formation Hamilton.

Dans cette contrée, les réservoirs de pétrole existent soit dans le sable quaternaire, c'est-à-dire au-dessus des pyroschistes, soit dans les cavités de l'argile Hamilton.

M. Hunt confirme son dire en faisant remarquer que l'on rencontre aussi le pétrole dans le *Trenton* et surtout dans les calcaires du dévonien inférieur, dans les schistes Marcellus et Genesee, dans les sables dévoniens de New-York et de Pensylvanie, et dans ceux de la péninsule de Gaspé, qui appartiennent à la base des séries dévoniennes.

Le professeur J.-P. Lesley a appuyé l'opinion du docteur Hunt, en rappelant que l'on trouve souvent dans le roc des débris de plantes dont la décomposition semble produire le pétrole. C'est ainsi qu'il a constaté dans le puits de Lyon l'existence de plusieurs fragments de branches d'arbres ayant jusqu'à 15 centimètres de longueur et 3 millimètres d'épaisseur, et qui, débarrassées du limon, laissaient couler un liquide goudronneux.

La même explication se retrouve dans un ouvrage de M. G.-P. Wall, intitulé *la Géologie d'une partie du Venezuela et de la Trinité*. « L'asphalte de la Trinité, dit cet auteur, est presque toujours disséminé dans le terrain tertiaire. Quand il est rassemblé, il se présente dans des couches particulières qui étaient anciennement constituées par un schiste renfermant une certaine proportion de débris végétaux. Les matières organiques ont été soumises à une minéralisation spéciale d'où est résulté le pétrole. Cette transformation ne peut être attribuée ni à la chaleur ni à une distillation; elle est due à une réaction chimique qui s'est effectuée à la température ordinaire et sous les conditions normales du climat. L'exactitude de cette hypothèse serait démontrée non seulement par la manière spéciale dont l'asphalte est réparti dans les couches terrestres, mais par les nombreux spécimens de substances végétales que l'on y trouve en cours de transformation ou avec des organes plus ou moins modifiés.

« Lorsqu'on traite ces substances de manière à dissoudre les matières bitumineuses, et qu'on observe le résidu au microscope,

on constate qu'elles ont éprouvé une altération manifeste; les cellules végétales ont subi une attaque qu'on ne peut remarquer dans aucun autre genre de minéralisation du bois. »

Le docteur Krœmer, de Berlin, est, lui aussi, convaincu de l'analogie des pétroles avec les produits de la distillation sèche des fossiles végétaux. Suivant lui, la matière première du pétrole est la même que celle de nos goudrons industriels, et c'est sous l'influence des mêmes agents, la chaleur et la pression, que s'opère la décomposition de ces fossiles. Toutefois, les méthodes mises en œuvre dans les deux cas présentent des différences capitales, et la nature a pu disposer de périodes de temps énormes pour détruire, aux températures limitées de décomposition, des substances que nous soumettons, dans les cornues de nos usines à gaz, aux réactions pyrogénées les plus énergiques.

L'opinion du docteur Krœmer a été, d'ailleurs, développée dans une conférence qu'il a faite devant l'Association pour l'avancement des sciences de Berlin.

« Les gisements les plus riches de l'Amérique du Nord, a-t-il dit, se trouvent dans le dévonien et datent, par conséquent, de l'époque précambrienne. Comme ces gisements fournissent les huiles les plus pures et les moins résinifiées, nous pouvons admettre qu'elles s'y trouvent encore à leur état et dans leurs lieux de condensation primitifs. C'est donc à l'époque du dévonien, à la fin de la période silurienne, que nous pouvons faire remonter la formation des huiles minérales.

« Ce sont les organismes de ces époques, pendant lesquelles la vie végétale offrait un développement qu'elle n'a jamais atteint plus tard, qui ont fourni la matière première des gisements de houille et des réserves de pétrole auxquels nous puisons aujourd'hui. Reportons-nous par la pensée à ces époques lointaines : une température torride règne partout; l'air est chargé de vapeur d'eau et d'acide carbonique; de fréquents orages engendrent des vapeurs ammoniacales et nitreuses, et les eaux sont saturées de phosphates calcaires. Sous l'influence de ces éléments nutritifs, les plantes se dévelop-

pent avec une rapidité et une puissance dont la vie végétale d'aujourd'hui ne nous donne qu'une idée bien imparfaite. Les mers et les marécages se peuplent de milliards et de milliards de mollusques, de crustacés, de poissons; c'est l'âge des trilobites et des amblyptères que nous ne retrouvons plus dans les mers sans doute trop froides de l'époque suivante, l'âge du premier lézard, le gigantesque archésosaure. Les terrains qui émergent comme des îles du milieu de ces eaux chaudes se couvrent de végétations luxuriantes. Les énormes calamites, les sigillaires au tronc élancé, les gigantesques lépidodendrons, les cycadées, les walchias, ancêtres des palmiers et des conifères, les fougères arborescentes, une foule d'autres arbres disparus ou qu'on ne retrouve plus que sous les tropiques croissent partout en bois touffus, habités par quelques reptiles démesurés. Les bouleversements séculaires, les commotions volcaniques ont recouvert sous des dépôts de sédiment argileux ou calcaire des forêts puissantes, des lits de tourbe épais, et, sur cette flore enfouie séparée par une couche de terre nouvelle, s'est développée une autre végétation géante aussi belle, aussi luxuriante et plus variée que la première. Cette succession de périodes tranquilles où apparaît et se modifie la vie, coupées par des convulsions de l'écorce terrestre qui en interrompent le cours, a formé ces réserves de substance organique que nous retrouvons aujourd'hui sous forme d'huiles minérales ou de charbons.

« Au commencement, les cataclysmes étaient plus fréquents; les granits, les porphyres se faisaient jour à travers les crevasses béantes du monde encore pâteux; sous l'influence de la chaleur dégagée par les roches fondues, se communiquant à travers les couches de sédiment, les débris végétaux ont subi une lente distillation dont les produits volatils se sont condensés dans les parties les plus froides du terrain. C'est ainsi que nous ne retrouvons que peu de restes de ces premières flores, alors que l'époque carbonifère nous a laissé ces gisements de houille dont la puissance étonne l'imagination. C'est qu'à cette époque plus rapprochée de nous, les bouleversements étaient devenus moins fréquents, et les couches

successives sont restées parfois dans leur ordre, nous permettant de suivre l'histoire de notre planète comme à travers les feuillets d'un livre. »

Les mêmes théories ont été reproduites pour expliquer la formation des gisements de pétrole en Europe. M. Franz Fötterle suppose que l'huile de la Galicie occidentale provient des schistes à mélinites de la période éocène, au travers desquels elle arrive elle-même au jour, et attribue en partie la cause de cette distillation à l'influence de la température extérieure et de la décomposition des pyrites.

Tels sont les principaux arguments présentés par les partisans de la formation organique.

A côté d'eux on peut placer les auteurs qui, comme M. Gaudrée-Boileau, ancien consul de France à New-York, attribuent une origine animale aux huiles de pétrole, en les faisant provenir de la destruction lente des habitants des mers primitives. La composition des tissus élémentaires de ces animaux se rapproche, en effet, beaucoup de celle des végétaux et permet, en conséquence, de joindre cette hypothèse à la précédente.

La théorie que nous venons d'exposer a été contrôlée expérimentalement par M. C. Engler. Ce savant est parvenu à obtenir de véritables pétroles en opérant sous pression la distillation des matières grasses qui, d'après lui, devaient être contenues en grande quantité dans les organismes des mers paléozoïques. Cette distillation produisit environ 60 pour 100 d'huile, véritable pétrole artificiel, formé pour les neuf dixièmes de carbures d'hydrogène. M. Engler se croit donc autorisé à considérer comme admissible l'hypothèse de l'origine animale du pétrole. S'il ne renferme pas d'acides gras, de corps gras glycériques, de produits de la série acrylique, c'est qu'il a été soumis, dans le sein de la terre, à l'action de l'eau, et que ces matières ont été balayées ou dissoutes.

II. — FORMATION CHIMIQUE. — L'idée de la formation chimique du pétrole a été émise pour la première fois par M. Berthelot, que des études spéciales avaient conduit à s'occuper de la synthèse des

carbures d'hydrogène. Voici comment il exposait ses conclusions dans les *Annales de physique et de chimie* (décembre 1866).

Si l'on admet, conformément à l'hypothèse récente de M. Daurée, que la masse terrestre renferme à l'intérieur des métaux alcalins libres, et si l'on se rappelle les expériences sur la formation des acétylures, on est forcément conduit, pour ainsi dire, à expliquer de la manière suivante la formation des carbures d'hydrogène.

L'acide carbonique, qui pénètre partout à travers la croûte terrestre, arrive au contact des métaux alcalins et, sous l'influence de la température élevée qui règne dans cette région, donne naissance à des acétylures. Ceux-ci peuvent d'ailleurs résulter aussi de l'attaque des métaux alcalins par les carbonates terrestres, attaque qui a lieu même au-dessous du rouge sombre.

Supposons que l'on mette ces acétylures alcalins en présence de la vapeur d'eau. Il se produit de l'acétylène, mais on ne peut obtenir ce corps que si on le soustrait immédiatement à l'influence de la chaleur et de l'hydrogène dégagé simultanément par la réaction de l'eau sur les métaux libres, ainsi qu'à celle des autres substances contenues dans la masse. Cette condition n'étant pas réalisée, l'acétylène disparaît aussitôt.

A sa place, on obtient soit les produits de sa condensation qui se rapprochent des bitumes et des goudrons, soit les produits de la réaction de l'hydrogène sur ces corps déjà condensés, c'est-à-dire des carbures plus hydrogénés. Par exemple, l'hydrogène donne, en présence de l'acétylène, de l'éthylène et de l'hydrure d'éthylène; une nouvelle réaction de l'hydrogène sur les polymères de l'acétylène ou de l'éthylène produirait des carbures tout à fait semblables à ceux qui constituent le pétrole américain. Les différentes réactions qui peuvent prendre ainsi naissance varient, d'ailleurs, avec la température et la nature des corps en présence, et leur nombre est à peu près illimité.

On peut déduire de là la production de tous les carbures naturels par une méthode purement minérale. L'intervention de la cha-

leur, de l'eau et des métaux alcalins, et la tendance des carbures à s'unir les uns aux autres pour donner des substances plus condensées, suffisent pour rendre compte de la formation de ces curieux produits. Il en résulterait aussi que cette formation pourrait s'effectuer d'une manière continue, puisque les réactions qui leur donnent naissance se renouvellent elles-mêmes sans interruption.

Revenant sur la même question, M. Berthelot faisait remarquer en 1869 que, tout aussi bien que celle de l'origine organique,



Fig. 1. — Incendie dans une exploitation.

l'hypothèse de l'origine chimique permettait de concevoir la possibilité d'une formation indéfinie des carbures d'hydrogène. Dans le premier cas, ces carbures étaient dus à la combustion des masses énormes de débris enfouis à des profondeurs inaccessibles; dans le second, ils résulteraient du renouvellement ininterrompu des réactions génératrices.

En 1871, une communication de M. H. Byasson à l'Académie des sciences vint confirmer la théorie de M. Berthelot. En faisant réagir de l'acide carbonique sur de l'eau, M. Byasson avait obtenu un liquide inflammable, à peu près indifférent à l'acide sulfurique et présentant une odeur analogue à celle du pétrole. Il en concluait

que le même phénomène devait se passer dans le sol lorsque l'eau salée, pénétrant à travers la croûte terrestre, venait au contact du fer métallique porté à une très haute température.

Plusieurs faits ont été cités encore à l'appui de l'hypothèse de la formation chimique : nous citerons, entre autres, les expériences de MM. Friedel et Crafts, qui, en 1877, obtinrent des hydrocarbures et des acétones par une réaction complexe dans laquelle le chlorure d'aluminium jouait le rôle le plus important ; celles de M. Cloez, qui produisit, en 1877, des hydrocarbures ressemblant à certains composants du pétrole, en mettant en présence de l'acide sulfurique dilué un carbure de fer et de manganèse, tandis que l'année suivante il arrivait au même résultat en employant un carbure plus riche en manganèse et de l'eau bouillante ; et enfin celles de M. Landolph, en 1878, qui reposaient sur l'usage des fluoroborates. Suivant M. Landolph, c'était la grande affinité du bore pour les éléments de l'eau qui devait provoquer ces sortes de réactions et permettre d'obtenir synthétiquement, et sans difficultés, un grand nombre de carbures d'hydrogène.

La théorie la plus complète de la formation chimique du pétrole est due à M. Mendeleef, qui l'a exposée dans son ouvrage *l'Industrie pétrolienne de la Pensylvanie et du Caucase*. Nous allons la résumer en quelques mots. Admettons, comme on le fait généralement, que l'écorce solide du globe soit très mince par rapport au rayon terrestre, et qu'à l'intérieur de cette enveloppe solide se trouvent des masses plus ou moins liquides, entre autres des métaux carburés. Lorsque le refroidissement ou toute autre cause a amené la formation lente d'une crevasse donnant issue à une chaîne de montagnes, l'écorce terrestre s'est plissée, et il s'est produit, au pied des nouveaux monts, des fissures ou au moins une désagrégation des masses rocheuses qui ont été, par suite, comme ameu-blies. L'eau a pu pénétrer profondément dans ces terrains et arriver jusqu'aux métaux carburés. Alors, conséquence forcée, le fer et les autres métaux se sont combinés avec l'oxygène de l'eau, et l'hydrogène s'est en partie dégagé et en partie combiné avec le

carbone. En un mot, il s'est formé des hydrocarbures volatils. De plus, avec une pression considérable, un excès d'hydrogène et un contact prolongé, il n'a pu se produire autre chose que des carbures riches en hydrogène et tels, précisément, que le pétrole. L'eau, en arrivant au contact des matières en fusion, s'est réduite en vapeur; une partie de cette vapeur s'est échappée par les crevasses du sol, emportant avec elle les vapeurs des hydrocarbures qui se sont réunies, liquéfiées et accumulées dans les couches déjà préparées pour les recevoir.

Ces hydrocarbures doivent être précisément ceux du pétrole. La fonte blanche traitée par les acides donne, il est vrai, d'autres carbures moins riches en hydrogène; mais si ces carbures se formaient sous l'influence d'une haute température et d'une haute pression (conditions réalisées dans les profondeurs du globe), ils ne manqueraient pas, dit M. Berthelot, de se transformer en carbures saturés analogues à ceux du pétrole.

La théorie de M. Mendeleef repose sur le *Système du monde*, de Laplace, et sur des lois physiques indiscutables. L'origine chimique du pétrole se trouve d'ailleurs confirmée par la disposition de ses sources, par la proportion probable des métaux à l'intérieur de la terre, par le passage des eaux à travers les fissures et par leur action sur les carbures métalliques.

III. — FORMATION VOLCANIQUE. — En observant des sources de pétrole jaillissant des roches métamorphiques dans la baie de Cumana, Humboldt, en 1804, eut, le premier, l'idée d'attribuer une origine volcanique aux hydrocarbures naturels. Il appuyait son opinion sur ce fait que, à l'est de la baie et près de Curiaco, les couches inférieures des eaux sont assez chaudes et assez abondantes pour modifier la température à la surface. Il n'y a pas à douter, disait-il, que le pétrole ne soit le produit d'une distillation effectuée à une immense profondeur, s'échappant à travers les roches primitives sous l'impulsion d'une commotion volcanique.

Cette opinion a rencontré de nombreux partisans. Dès l'année 1863, M. de Chancourtois, professeur à l'École des mines, pré-

sentait à l'Académie des sciences une série de mémoires ayant pour titre : « Application du réseau pentagonal à la coordination des sources de pétrole et des dépôts bitumineux. » Voici comment il s'exprimait dans sa première communication :

« Quoique les phénomènes de la vie végétale ou animale jouent ou puissent jouer à coup sûr un rôle important dans la fixation et l'accumulation des produits naturels hydrocarbonés, il me semble qu'en ayant égard seulement à ces phénomènes, on reste ordinairement à une grande distance de la cause véritablement originaire, et souvent même tout à fait en dehors de la voie qui pourrait y faire remonter. Pour moi, les produits hydrocarbonés sont, en général, des résultats plus ou moins directs d'émanations, c'est-à-dire de phénomènes éruptifs, et j'en donnerai, je crois, une preuve en faisant ressortir des faits d'alignement qui n'ont évidemment leur raison d'être que dans l'existence des fissures de l'écorce terrestre. »

Cette théorie repose d'ailleurs sur plusieurs faits qui constituent assurément des arguments d'une certaine valeur. L'hydrogène et les hydrocarbures se rencontrent très souvent au milieu des produits gazeux rejetés soit au moment même de l'éruption, soit par les ouvertures formées pendant le cataclysme, qui, pendant un temps plus ou moins long, émettent des produits gazeux. L'odeur particulière qui se dégage dans ces circonstances avait fait pressentir à de Buch, Ferrara et Hoffmann la présence de l'huile minérale dans les phénomènes volcaniques. D'autres savants ont trouvé au Vésuve des scories offrant des traces indubitables de naphte.

En 1878 et 1879, on a pu constater que l'éruption du Vésuve avait été précédée par des projections de boues chargées de matières salines et de pétrole dont la température variait de 7° à 33°. Enfin, M. Coquand a remarqué le même phénomène en Sicile, dans les Apennins, dans la péninsule de Taman et dans les plaines de la Roumanie.

La relation intime qui semble exister entre les gisements des

trois espèces de produits naturels : soufre, sel et bitume, fournit aussi un argument en faveur de la formation volcanique. En effet, comme l'a démontré Sainte-Claire Deville, les émanations volcaniques contiennent successivement, et dans un ordre régulier :

- 1° Des sels alcalins (chlorure de sodium, sulfate de soude, etc.);
- 2° Les acides chlorhydrique et sulfureux, le chlorure de fer, le soufre, l'acide sulphydrique et les sels ammoniacaux;
- 3° L'acide carbonique, l'azote, l'hydrogène et les carbures d'hydrogène.

Le passage de ces produits se trouve marqué dans les cratères des volcans, après la fin de l'éruption, par trois zones distinctes : la première renferme le chlorure de sodium et les sels alcalins ; la seconde, le soufre ; la troisième, les carbures d'hydrogène. Or l'étude géologique des contrées aux environs desquelles on rencontre des dépôts de pétrole nous montre presque toujours, dans le voisinage de ces derniers, la présence des deux autres éléments, le sel marin et le soufre. Cette coïncidence conduit naturellement à admettre que les phénomènes volcaniques anciens auxquels on doit attribuer sans doute la formation de ces dépôts salins et sulfurés ont pu être également la cause première de l'apparition des amas de carbures d'hydrogène qui les accompagnent.

Peut-être même ces éruptions hydrocarburées n'ont-elles pas cessé à l'époque actuelle et se continuent-elles de nos jours ? Quoi qu'il en soit, la solidarité de ces trois espèces de produits naturels est un fait remarquable, que l'on peut constater sur presque tous les points où l'on a rencontré jusqu'ici les huiles de pétrole.

Cette relation a été signalée par Daubrée qui, dans ses *Études sur le métamorphisme*, établit que les hydrocarbures se trouvent généralement associés à des combinaisons salines et à des roches volcaniques, et qu'ils accompagnent fréquemment les sources thermales, notamment celles d'eaux sulfureuses.

Nous verrons plus loin que le pétrole se rencontre très sou-

vent dans des conditions qui semblent justifier l'hypothèse d'une formation volcanique. D'autres observations s'y rattachent en introduisant un élément nouveau dont on ne saurait méconnaître l'importance.

Lorsqu'on trace, par exemple, les principales lignes de grand cercle qui relient les gisements de naphthe, de pétrole ou d'asphalte des diverses parties du globe, on voit apparaître des rapprochements inattendus, tels que la concordance de ces lignes de grand cercle avec les cours des grands fleuves près de leurs embouchures. C'est ce fait que M. de Chancourtois avait remarqué à propos des gisements de bitume de Seyssel et de ceux des environs de Clermont, qui fournissent un alignement rigoureusement parallèle à la direction du système des Pays-Bas. La même circonstance se retrouve aux États-Unis, où les principales sources de pétrole sont situées sur le prolongement du faisceau de fracture qui donne passage au Saint-Laurent et qui, prolongé dans notre hémisphère, vient aboutir à la presqu'île d'Apchéron près de Bakou, c'est-à-dire dans la contrée de l'Europe la plus riche en hydrocarbures.

En relevant à la boussole un grand nombre de puits dans ces trois régions, M. Félix Foucou a constaté notamment que les accumulations de pétrole se rencontrent de préférence le long des axes anticlinaux vers lesquels convergent les roches soulevées. Dans la Virginie occidentale, par exemple, l'étage du terrain houiller a été soulevé de manière à rejeter à droite et à gauche l'étage moyen, la houille proprement dite, et cela quelquefois à une hauteur considérable. Or les puits de pétrole sont échelonnés le long de l'axe de ce soulèvement partiel et à peu de distance de la roche déchirée. Un peu plus loin, au nord-est et au sud-ouest de cette zone, la roche est soulevée sans être déchirée. Aussi les puits, au lieu d'être alignés à droite et à gauche sur les bords de la zone, sont-ils distribués au milieu, dans l'axe même du soulèvement.

C'est d'ailleurs en s'appuyant sur ces remarques que M. Foucou est arrivé, en 1865, à attribuer aux gisements de pétrole situés

en Europe une direction générale parallèle à l'importante ligne de fracture qui va des bouches de l'Oder à celles du Danube. Cette direction se trouve dès lors indiquée par la presqu'île d'Apchéron d'une part, et les gisements bitumineux d'Elgin, en Écosse, de l'autre; elle traverse la Galicie occidentale parallèlement à la crête correspondante des Carpathes; de plus, elle passe par les sources pétrolifères du Hanovre. Elle fournit donc quatre stations importantes en ligne droite et en même temps, par sa direction ouest-nord-ouest et est-nord-est, elle rallie sur sa route les gisements de la Galicie. Cette subordination des gisements pétrolifères aux axes de soulèvements, qui sont le résultat de révolutions successives de notre planète, a comme conclusion naturelle que les sources de pétrole sont des produits d'émanation souterraino. Les éruptions bitumineuses venant de l'intérieur de la terre dégageraient alors des hydrocarbures gazeux, qui se liquéfieraient par la compression, s'élèveraient ensuite à travers les roches superposées et viendraient s'accumuler dans les réservoirs où on les trouve actuellement.

Les trois théories émises pour expliquer la formation des hydrocarbures se trouvent donc confirmées par un certain nombre de faits d'une importance réelle. Par suite, il nous semble difficile d'adopter l'une d'elles à l'exclusion des deux autres. Il est plus rationnel d'admettre qu'elles peuvent être vraies toutes les trois et que la cause première des gisements pétrolifères varie suivant les régions.

POSITION DES SOURCES DE PÉTROLE DANS L'ÉCHELLE GÉOLOGIQUE.

— Le pétrole ne saurait être rapporté à aucun horizon géologique. Cette opinion, émise par Daubrée, dans son rapport sur les produits des mines, à l'Exposition universelle de 1867, s'est trouvée confirmée par la découverte de nouveaux gisements inconnus à cette époque.

Dans l'Amérique du Nord, presque toutes les sources appartiennent aux étages silurien et dévonien; quelques-unes seulement se rencontrent dans les premières assises du terrain carbonifère,

et il n'en existe aucune au-dessus des conglomérats qui représentent la base du terrain houiller, ce qui paraît démontrer que les formations de pétrole de cette contrée ne sauraient être attribuées à la distillation de la houille. Par contre, les pétroles de la Russie, de la Galicie et de la Valachie sont renfermés dans les premières assises du terrain tertiaire inférieur, tandis qu'en France et en Italie, ils appartiennent aux terrains tertiaires moyen et supérieur.

Le tableau suivant fournit d'ailleurs, à ce sujet, des indications complètes :

États-Unis. — Kentucky et Tennessee	Silurien inférieur.
— Canada occidental.. . . .	Dévonien inférieur.
— Pensylvanie occidentale (Oil-Creek) . . .	Dévonien supérieur.
— Virginie occidentale	Carbonifère supérieur.
— Connecticut et Caroline septentrionale. .	Trias.
— Colorado et Utah.	Lignites du crétacé.
— Californie	Tertiaire.
Alsace. — Pechelbronn et Schwabwiller.	Sables tertiaires.
Italie. — Abruzzes (Tocco et Pescara).	Tertiaire moyen.
— Parme, Plaisance et Modène.	Tertiaire moyen.
Allemagne. — Hanovre et Oelheim.	Jurassique.
Galicie. — Galicie et provinces danubiennes. . .	Tertiaire.
Russie d'Europe et d'Asie. — Bakou, Apchéron, Caucase, Crimée, Tamau	Tertiaire.
Perse. — Vallée de l'Euphrate et Kurdistan . . .	Tertiaire.

Ces données suffisent pour démontrer que les sources de pétrole peuvent se rencontrer à tous les horizons géologiques ; nous remarquerons, toutefois, que rien ne prouve que la plupart des gisements que nous connaissons actuellement aient occupé toujours cette même position. Les influences calorifiques auxquelles les couches de l'écorce terrestre se sont trouvées accidentellement exposées à plusieurs reprises, et qui, dans certains cas, ont amené de si profondes modifications dans l'aspect et la nature même des roches solides, ont dû également exercer leur action sur les dépôts de carbures liquides qui se trouvaient dans leur voisinage. Il en est résulté, probablement dans plusieurs cas, une distillation ou une décomposition dont les produits, transportés dans les étages supé-

rieurs, sont venus former de nouveaux amas que nous rencontrons aujourd'hui. On comprend d'ailleurs que, d'une manière générale, la nature des terrains traversés, soit par les émanations gazeuses primitives, soit par les vapeurs des produits d'une distillation ulté-

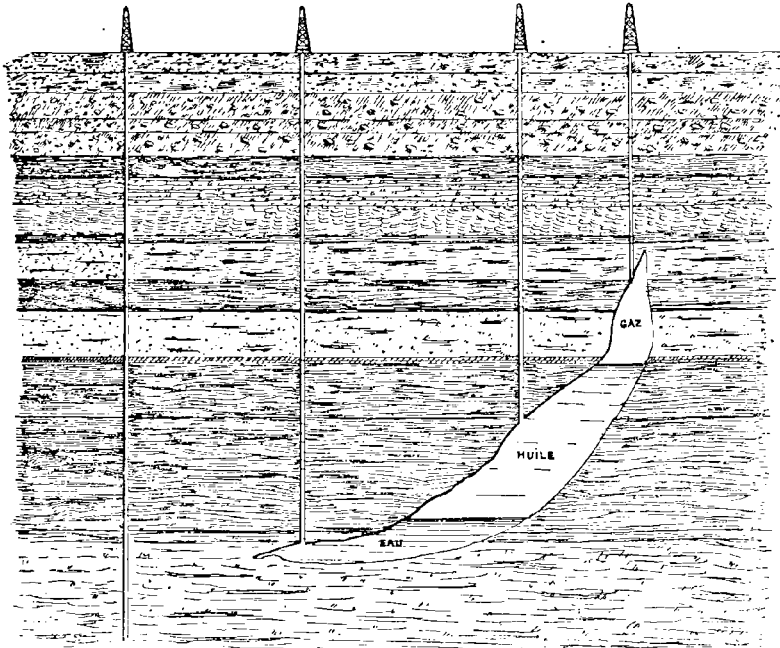


Fig. 2. — Coupe idéale montrant les différents gisements.

rieure, ait dû souvent influencer sur la composition de ces produits. Cette action aura eu pour résultat, tantôt d'absorber une partie de leurs éléments constitutifs, tantôt d'opérer une décomposition partielle, tantôt enfin de les charger de substances étrangères. C'est de là que proviennent, sans aucun doute, les variétés d'aspect et de nature qui distinguent les dépôts d'hydrocarbures liquides des diverses contrées de l'ancien et du nouveau continent. Ainsi en

Amérique, dans le Washington-Country, en Italie, dans la province de Parme, au Caucase, près de Bakou, on rencontre des huiles complètement décolorées par suite de leur passage à travers des marnes argileuses dont le pouvoir décolorant est analogue à celui du noir animal.

CONSTITUTION DES AMAS DE PÉTROLE. — L'étude des gisements du pétrole a été poussée aux États-Unis plus loin qu'en aucun autre pays. Il ressort de cette étude approfondie que le pétrole imprègne des terrains poreux, qu'il est répandu au milieu d'une immense accumulation de sédiments, dans les roches les plus anciennes aussi bien que dans les plus récentes.

Les faits observés dans le forage des puits, la présence de gaz combustible ou sulfureux et d'eau salée autorise à représenter par la coupe idéale ci-jointe (fig. 2) les conditions dans lesquelles se rencontrent les pétroles.

Quelle que soit l'influence à laquelle on attribue la production des hydrocarbures, on comprend que ceux-ci, une fois formés, ont dû s'échapper par toutes les fissures des terrains subjacents, jusqu'au moment où, arrivés à la surface, ils ont pu se répandre librement. Mais supposons que, dans leur trajet, ils aient rencontré une couche imperméable; emprisonnés alors dans les cavités de la roche, une partie des hydrocarbures s'est condensée en vertu du refroidissement et de la pression exercée par toute la masse gazeuse, dont la production continuait à s'effectuer dans les régions intérieures. Les gaz incondensables restaient accumulés à la partie supérieure, et les carbures liquéfiés se sont superposés au-dessous par ordre de densité. Ils reposent presque toujours sur une couche d'eau provenant des infiltrations du terrain environnant ou de la condensation de la vapeur d'eau qui a accompagné le dégagement des hydrocarbures.

Cette constitution permet d'expliquer les manières différentes dont se comportent les puits de pétrole, suivant que, dans l'opération du forage, la sonde atteint l'un ou l'autre des trois étages représentés par les gaz, l'huile minérale ou la couche d'eau infé-

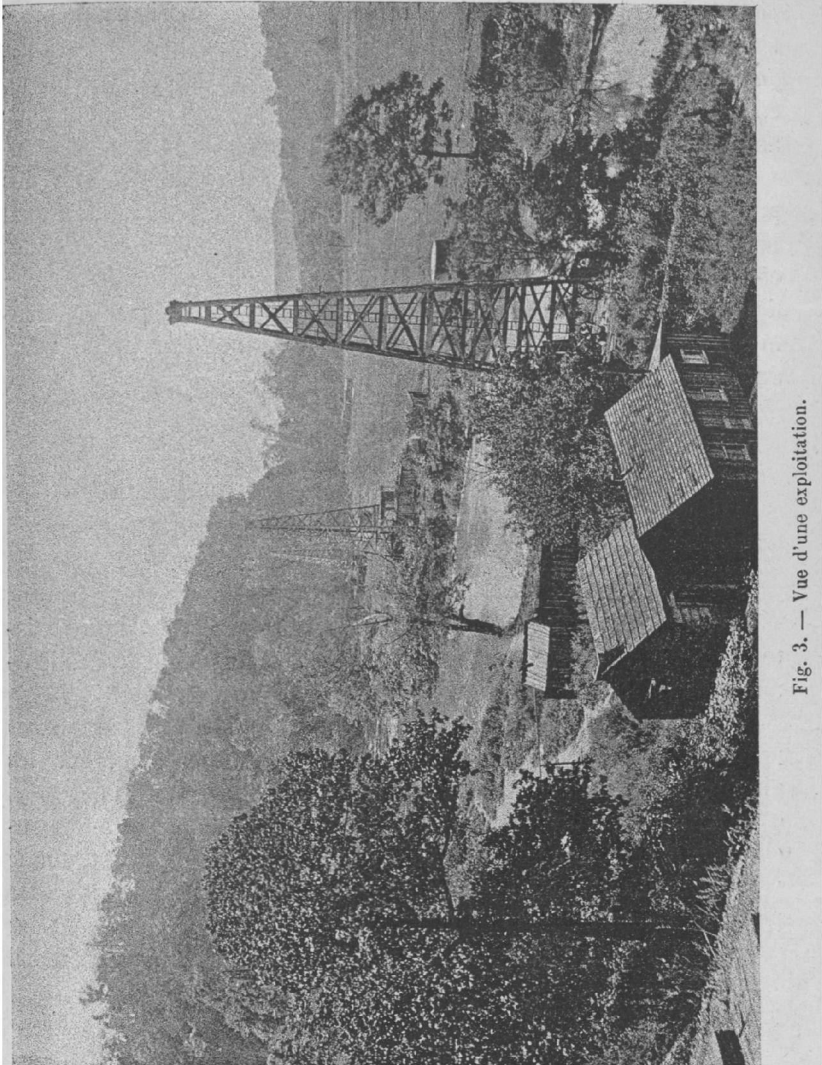


Fig. 3. — Vue d'une exploitation.

rière. Dans les deux derniers cas, les liquides chassés par la pression du gaz sont violemment projetés vers l'orifice : le puits est *jaillissant*. Si, au contraire, le trépan n'atteint que le point où est emmagasiné le gaz, celui-ci s'échappe en abondance, et, pour amener le pétrole à la surface, il faut recourir à la pompe.

On comprend également par là comment il se fait que des puits, donnant d'abord des sources jaillissantes, nécessitent, au bout d'un certain temps, l'emploi d'appareils d'épuisement. Cet effet peut résulter soit de l'abaissement du niveau de la couche liquide, soit de la diminution de pression occasionnée par le percement, sur un autre point de la veine, d'un nouveau puits, grâce auquel les gaz auront pu s'échapper.

CHAPITRE II

Géographie.

Il n'est pas une contrée du globe où l'on n'ait constaté l'existence des bitumes sous l'une des formes que nous avons précédemment indiquées.

Aussi, dans l'exposé de la distribution géographique de ces produits naturels, devons-nous insister particulièrement sur les gisements qui donnent lieu à des exploitations importantes.

L'Amérique du Nord tient le premier rang dans cette nomenclature. A l'est, sur le versant de l'Atlantique, et à l'ouest, sur le versant du Pacifique, il existe de vastes régions pétrolifères : les premières sont connues et fouillées depuis un quart de siècle ; les secondes, si l'on en excepte quelques points, sont encore assez mal déterminées.

ÉTATS-UNIS.

BITUME SOLIDE OU ASPHALTE. — BITUME SEMI-SOLIDE OU MALTHÉ.
— Le bitume solide se rencontre en Californie, sous la forme de

dépôts d'asphalte provenant de la décomposition du pétrole. On le trouve surtout à l'ouest et au sud des côtes, entre Santa-Barbara et la passe de Soledad, où il présente toutes les variétés de nuance et de pureté. Mais cet asphalte est d'un traitement difficile et il est à peine exploité, tandis qu'il en est tout autrement des gisements du Rancho de Hill, sur la côte, au-dessus de Santa-Barbara. L'asphalte de cette localité paraît solide et homogène; il renferme en réalité 50 pour 100 de sable si fin et si intimement mélangé qu'il constitue, pour le pavage, une matière bien supérieure à toute autre substance artificielle.

Les sources de goudron du comté de Burnet, au Texas, fournissent un bitume semi-solide employé par les rouliers pour le graissage des roues de leurs voitures. Le *malthe* se rencontre, d'ailleurs, dans un assez grand nombre de contrées. Nous signalerons, entre autres, les régions de la Californie méridionale où il s'échappe de sources jaillissant sur les flancs des collines. Il a alors une grande ressemblance avec le pétrole lourd; mais, sous l'action des éléments atmosphériques, il durcit et se transforme en asphalte.

Citons encore les sources situées entre la passe de Gaviota et l'ancienne mission de San-Miquel, la pointe de Rinçon où l'on rencontre des lits de sable recouvrant des schistes et saturés de malthe jusqu'à une profondeur de 20 pieds environ sur une vaste étendue. Enfin, bien que ce soit en dehors des États-Unis, rappelons qu'on a recueilli du malthe dans un puits artésien creusé sur les plaines nord-ouest de Los-Angeles, à travers des couches alternatives de grès et de pétrole, à une profondeur de 460 pieds.

BITUMES LIQUIDES ET VOLATILS. — PÉTROLES. — C'est surtout sous cette forme que les pétroles se rencontrent aux États-Unis. Nous allons passer rapidement en revue les principaux gisements, en les classant par États.

New-York. — C'est au sud-ouest du comté d'Alleghany que se trouve la fontaine de pétrole dont le professeur Silliman a donné la description en 1833. On a mis récemment en exploitation le ter-

ritoire pétrolifère de Richeburg qui traverse les circonscriptions territoriales sud de ce comté, et l'on peut en attendre un très bon rendement. Enfin, on a percé un petit nombre de puits dans la partie sud-ouest du comté de Steuben ; mais on n'est pas fixé encore sur les profits qu'on pourra en retirer au point de vue commercial.

Pensylvanie. — C'est dans cet État que sont les sources les plus abondantes ; aussi les exploitations y ont-elles pris des développements considérables. Il faut citer, en première ligne, les gisements de Bradford qui occupent une partie du comté Mac-Kean ; puis, ceux du comté de Warren où l'on trouve deux riches territoires pétrolifères : la plaine de Warren qui entoure la ville du même nom, et la plaine du Clarendon, située au sud, à peu de distance de la première. On a livré à l'exploitation, en 1868, un territoire situé au centre du comté de Warren et aux environs de Tidionte sur la rivière Alleghany. Dès 1860, on avait creusé quelques puits dans cette vallée et, plus tard, sur les hauteurs qui dominent la rive droite ; mais ce terrain est peu considérable. Sur les coteaux nord-ouest de l'Alleghany, qui s'infléchit juste au-dessous de Tidionte, les collines du comté de Jemango présentent une étroite bande pétrolifère qui a été très productive. Enfin, au nord-ouest de cette bande, à l'extrémité sud-ouest du comté, on a exploité un petit territoire situé autour de la ville d'Entreprise. Les autres localités pétrolifères connues de cette région sont Pagundus, au sud-est de Tidivute, New-London et Colorado, au sud-ouest de cette même ville.

Les célèbres sources de Titusville sont près de la frontière du comté de Venango, au sud du comté de Crawford ; au nord de cette ville se trouve la localité du Church où, pendant assez longtemps, on a extrait des quantités de bitume très considérables. Les alentours ont fourni du pétrole depuis 1859 jusqu'à l'époque actuelle, et l'on a foré des puits sur toute l'étendue de la vallée d'Oil-Creek.

Au sud du comté de Crawford se trouve celui de Venango qui

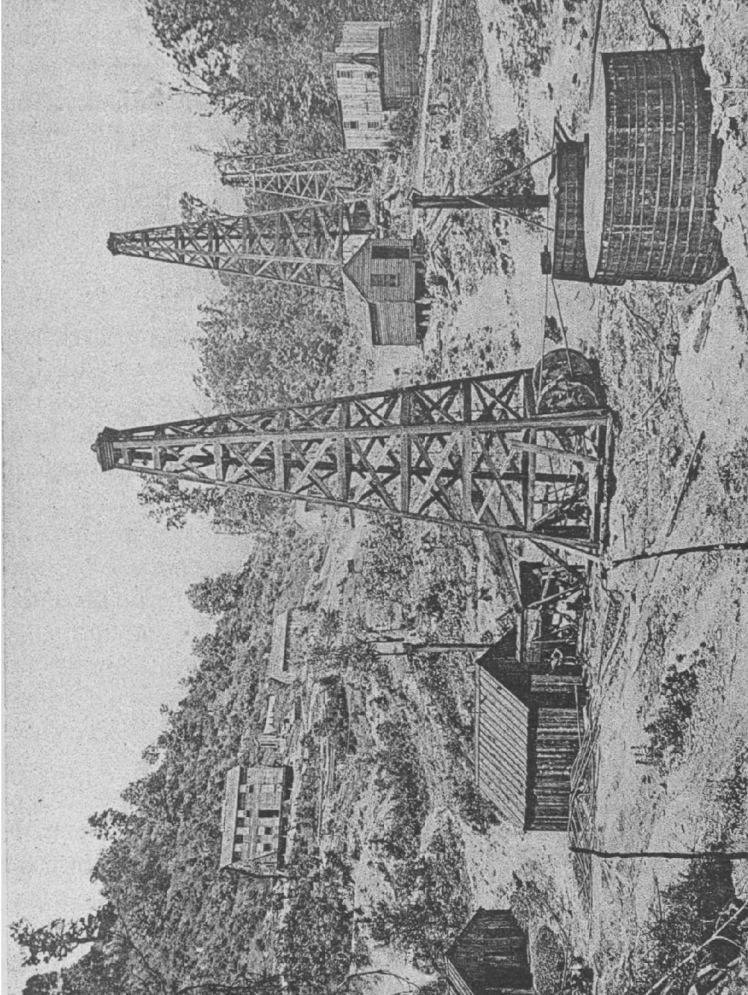


Fig. 4. — Exploitation du pétrole en Amérique.

peut être classé parmi les quatre meilleurs de la Pensylvanie; il

est même probable que, si l'on possédait la statistique complète de la production depuis 1859, ce comté occuperait le premier rang. La vallée d'Oil-Creek y pénètre à peu près vers le milieu de la frontière nord et se prolonge vers le sud-est pour arriver sur les bords de l'Alleghany, près du centre du comté, à Oil-City. Toute cette région est parsemée de gisements longs et étroits, qui ont produit et produisent encore des quantités énormes de pétrole. Les puits forés au centre de ces sortes de bandes ont un rendement considérable ; au contraire, ceux qui sont établis sur les bords sont moins productifs.

Pour terminer la nomenclature des gisements de la Pensylvanie, nous n'avons plus qu'à parler des comtés de Parker, de Clarion, d'Armstrong et de Butler où il existe un très long territoire pétrolifère ayant en général la direction du nord-est au sud-ouest. Ce territoire commence à l'angle sud-ouest du comté de Clarion, traverse la partie nord du comté d'Armstrong et s'étend presque jusqu'au centre du comté de Butler. Les puits ont de 900 à 1300 pieds, et leur profondeur augmente à mesure que l'on s'avance davantage vers le sud-ouest. Ces gisements ont été extrêmement productifs, et ils ont fourni la plus grande partie du pétrole recueilli dans la Pensylvanie pendant la période de 1869 à 1877.

Les trois comtés dont nous parlons renferment, en outre, de petits territoires assez riches en hydrocarbures ; mais ils se sont trouvés éclipsés par l'importance des autres gisements et sont en général moins connus.

Ohio et Virginie occidentale. — L'Ohio renferme trois localités qui ont produit du pétrole de temps immémorial. Ce sont les environs de Mecca dans le comté de Trumbull, les environs de Balden dans le comté du Lorain et le comté de Washington.

Dans la région sud-est du comté de Colombiana, on trouve un grand nombre de puits qui ont un débit considérable, mais cependant inférieur au rendement d'autres localités.

Enfin, les deux terrains oléifères de Slippery-Rock et de Smith's Ferry ont une certaine réputation.

Kentucky et Tennessee. — On a foré, près de Montirello, depuis 1865, des puits qui fournissent un pétrole lourd, vert foncé, très renommé comme lubrifiant. Le comté de Clinton a, lui aussi, donné du pétrole en 1866.

Le comté de Cumberland renferme plusieurs gisements. Sans parler du puits creusé en 1829, en vue d'obtenir de l'eau salée, et qui a fourni du pétrole depuis cette époque jusqu'en 1860, on a foré, en 1865, un grand nombre de puits le long de la rivière de Cumberland et de ses affluents. Ce sont eux assurément qui ont donné, pour la même dépense d'exploitation, le rendement le plus considérable.

Toute cette région est assez riche ; elle a donné lieu, pendant les années 1867, 1868 et 1877, à une exploitation importante, mais peu rémunératrice, l'absence des moyens de transport ayant souvent empêché d'utiliser le pétrole recueilli.

Michigan et Illinois. — On a découvert des sources de pétrole sur les bords du lac Huron et à l'entrée de la rivière Saint-Clair. Plusieurs puits y ont été creusés en 1865, mais sans donner des résultats très satisfaisants. Depuis 1865, il existe aux environs de Chicago un puits qui a fourni du pétrole. Il en est de même dans le comté de Montgomery, un peu au nord-ouest de Saint-Louis, où l'on recueille un hydrocarbure noir très dense, excellent comme lubrifiant.

Colorado. — D'après une communication de M. J. Newberry à l'Académie des sciences de New-York, en novembre 1888, on a trouvé depuis vingt ans le pétrole aux environs de Cañon City, dans l'État de Colorado ; mais c'est seulement depuis trois ou quatre ans que l'exploitation a pu devenir profitable. Il y a actuellement une quarantaine de puits donnant en moyenne 1000 barils par jour. Les gisements se rencontrent dans les argiles schisteuses du groupe crétacé qui paraissent avoir un développement considérable, si l'on en juge par la constitution géologique de la région.

Californie. — On a, dit-on, trouvé du pétrole dans un puits foré dans le canton de San-Matéo. C'est la ville de Lexington, comté

de Santa-Clara, qui est le centre des opérations importantes de ces contrées.

Utah. — Il y a deux ou trois ans, un gisement considérable d'ozokérite (sorte de cire fossile) a été découvert à 114 milles à l'est de la cité du lac Salé.

L'exploitation s'étend aujourd'hui sur une centaine d'hectares, et la production annuelle, après avoir débuté par 500 tonnes, atteint le chiffre de 1500 tonnes.

GAZ NATUREL. — Certaines contrées de l'Amérique du Nord fournissent, en quantité abondante, un gaz naturel que l'on emploie à l'éclairage, au chauffage et même à la production de la force motrice. Un des plus importants, parmi ces champs de production, est celui de Murraysville, à 15 milles de Pittsburg, en Pensylvanie. Il y a environ quinze ans, une compagnie forait un puits à cet endroit. A la profondeur de 1320 pieds, la sonde fut brusquement refoulée et projetée en l'air à une grande hauteur, tandis que la charpente était brisée par un terrible échappement de gaz. On ajusta des tuyaux de 5 centimètres à la bouche du puits, et l'on mit le feu au gaz, ce qui produisit une flamme énorme qui éclaira tout le pays.

Le gaz ne fut pas immédiatement utilisé ; on le laissa brûler, en pure perte, pendant cinq ans. Une compagnie se forma ultérieurement et elle prit bientôt un grand développement grâce aux conduites qu'elle établit pour desservir les établissements industriels de la région, où l'on trouve maintenant un grand nombre de puits. On estime que l'un d'eux débite, par vingt-quatre heures, 300 000 mètres cubes de gaz.

Les gisements les plus importants de gaz naturel, en Pensylvanie, sont ceux d'Érié, sur les bords du lac de ce nom, de Petrolia dans le comté d'Armstrong, et de Leechburg.

Il y a aussi des sources de gaz naturel à Ashtabula, sur la rivière Rocheuse, dans le Cleveland, à Liverpool, dans l'Ohio, à Hancock et à Burning-Springs, dans la Virginie occidentale ; on les utilise pour l'éclairage et le chauffage.

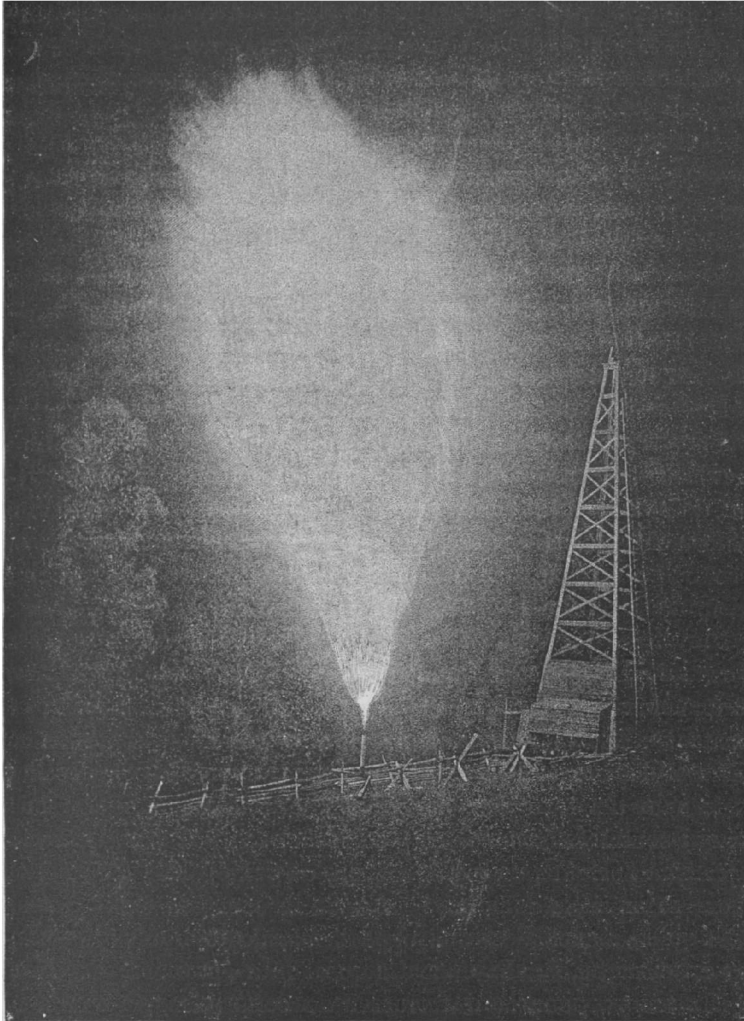


Fig. 5. — Amérique. — Vue d'un puits à gaz brûlant.

Certaines parties du Kentucky produisent aussi du gaz naturel

resté sans emploi. Il n'y a eu qu'un puits foré à la station de Bristow, dans le comté de Warren.

Citons enfin les sources de gaz naturel trouvées au Michigan, sur les bords et dans le voisinage du lac Huron, et à l'entrée de la rivière Saint-Clair.

CANADA.

C'est en 1844 que l'on a signalé, pour la première fois, l'existence du pétrole au Canada. Les gisements furent alors reconnus dans les environs de Gaspé, à l'embouchure du golfe Saint-Laurent; mais les puits creusés en cet endroit n'ont jamais eu un débit bien considérable.

Le centre des exploitations se trouve actuellement dans le comté de Lambton, à la partie occidentale de la province d'Ontario, et principalement, autour du village de Petrolia, dans le territoire d'Enniskillen. La région pétrolifère a une longueur de 16 milles et une largeur de 2 milles; elle s'étend parallèlement à la rivière Saint-Clair et se divise en deux districts principaux, celui de Petrolia et celui d'Al-Springs.

L'argile bleue de la surface s'étend à une profondeur assez uniforme de 100 pieds environ; au-dessous, les forages pénètrent dans une couche ayant une profondeur moyenne de 380 pieds, et présentant alternativement des dolomites d'argiles bleues, des schistes et des marnes. Ces dernières sont connues dans la localité sous le nom de *soapstone* et ressemblent à la stéatite. Ces couches, qui sont très abondantes en pétrole, ont une profondeur de 480 pieds. A l'origine, un grand nombre de puits jaillissaient d'eux-mêmes; mais, à la longue, il a fallu le secours des pompes. L'huile qu'on recueille est mélangée d'eau salée sulfureuse, et son odeur est désagréable. La difficulté que l'on a éprouvée, dans les premiers temps, pour la débarrasser de cette odeur, a opposé à son exploitation un obstacle sérieux. Mais les raffineries établies depuis lors dans la contrée ont modifié la situation, et le pétrole du Canada est classé comme huile d'éclairage.

ANTILLES.

Cuba. — On rencontre à Casualidad, à trois lieues à l'est de la Havane, dans l'île de Cuba, un filon de bitume solide, dont le professeur R.-C. Taylor a donné la description en 1837. Les fontaines de pétrole qui jaillissent des fissures, dans la Serpentine, à Guana-Bacoa, sont connues depuis deux siècles.

Dans la baie de la Havane, la côte fournit en abondance de l'asphalte et des schistes.

La réputation de l'asphalte de Cuba, ou « chapapote », est universelle. On n'a jamais trouvé, sur ce point, du pétrole en assez grande quantité pour en faire l'objet d'une branche de commerce importante.

Saint-Domingue. — D'après un rapport publié par M. William Gabb qui a fait une reconnaissance géologique de l'île de Saint-Domingue, en 1872, cette île renferme du pétrole. On le trouve à 3 milles environ d'Azua, dans la région sud-ouest de la République dominicaine, le long d'un cours d'eau appelé El Agua Hédiondo, en anglais, *Stinking Water*.

La Trinité. — Le lac de poix de la Trinité, situé à 40 kilomètres au nord de Port-of-Spain, chef-lieu de l'île, est le dépôt d'asphalte le plus considérable que l'on connaisse. Il a été décrit par M. le docteur Nugent, en 1811, par M. G.-P. Wall, en 1860, et par M. le professeur E. Rupert Jones, en 1866. Le lac a environ 3 milles de tour, et sa superficie est de 4000 hectares environ.

La description qu'on en donne est celle d'une masse d'asphalte, qui va en pente vers le rivage septentrional. Bien que sa surface soit assez solide pour qu'un attelage de chevaux puisse y passer, il est pourtant assez plastique, et il semble être soumis sur certains points à des tourbillons; on a vu, en effet, des troncs d'arbres disparaître et revenir quelque temps après à la surface, à une certaine distance de l'endroit où ils avaient été submergés. Il est sillonné çà et là par de petits lacs et des cours d'eau très poissonneux,

et renferme de nombreuses îles recouvertes d'une végétation luxuriante.

L'asphalte de l'île de la Trinité est exporté aux États-Unis et en Europe, où il sert principalement pour les pavages et la préparation du papier bitumé employé dans les toitures.

AMÉRIQUE DU SUD.

Venezuela. — Au fond du lac de Maracaïbo, entre le Rio-Tara et le Rio-Zulia, s'étend un banc de sable long de 40 mètres et haut de 10 mètres, percé de nombreux trous par lesquels jaillit le pétrole. Le liquide est recueilli par les habitants qui l'emploient pour l'éclairage; ils s'en servent également pour enduire leurs poteries et calfater leurs pirogues. Mais il n'y a pas d'exploitation régulière.

La zone oléifère doit se prolonger vers le sud. On n'a pas encore des renseignements bien précis à ce sujet; on a cependant constaté la présence de l'huile dans l'Équateur et la Colombie. Dans ce dernier pays, entre Ecuque et Bettijoque, le pétrole monte à la surface du sol où il est recueilli par les indigènes.

Pérou et Bolivie. — La partie septentrionale du Pérou voisine des côtes du Pacifique est, dit-on, très riche en pétrole; la superficie totale des gisements est évaluée à un million d'hectares, répartis sur une largeur de 100 kilomètres et une longueur de 200 kilomètres, depuis le Rio-Tumbez jusqu'au cap Blanco. Le sous-sol de cette contrée est en grande partie composé de sable et de grès poreux, à travers lesquels l'huile suinte fort souvent. L'asphalte et le bitume se rencontrent aussi dans cette région.

Le centre de l'exploitation est à Zoristos où est établie une raffinerie. Les développements sont rapides depuis quelques années et l'on espère pouvoir un jour exporter le pétrole jusqu'en Australie, en Chine et au Japon.

On a découvert récemment dans le sud de la Bolivie des gisements que l'on prétend au moins aussi riches que ceux de la Pen-

sylvanie. On assure que les trois sources principales de Cuarazuti, Plata et Piguierenda forment un ruisseau de 6 pouces de profondeur et de 7 pieds de largeur. Mais le fait aurait besoin d'être confirmé.

ASIE ET OcéANIE.

Chine. — Les gisements de pétrole, quoique assez nombreux, ne sont pas exploités, et les habitants se contentent de recueillir l'huile, lorsqu'ils la trouvent dans les puits qu'ils creusent pour avoir du sel. Le pétrole est d'ailleurs accompagné très souvent de gaz naturel, d'où le nom de *Ho-tsing* (puits à feu) employé par les Chinois.

D'après le missionnaire français Imbert, le pays de Sée-tchouen renferme plusieurs milliers de ces puits, ayant de 400 à 600 mètres de profondeur et donnant de l'eau très salée et du gaz. Les montagnes de feu proprement dites sont au nord de la province de Schansi.

Japon. — Le Japon comprend plusieurs régions pétrolifères, parmi lesquelles celles de Migohoji et de Kusodzu où, d'après M. B.-S. Lyman, on comptait, en 1877, 178 puits en activité, fournissant ensemble 4,66 barils par jour, celle d'Echigo où, avec 522 puits, on obtenait environ 26 barils, et celle de Shinano, qui renfermait 22 puits et donnait en moyenne 5 barils.

Les recherches et les sondages pratiqués dans d'autres localités ont eu des résultats à peu près analogues à ceux que nous venons d'énumérer. Mais l'importation du pétrole américain raffiné, au prix où il est actuellement vendu, a porté un coup funeste à cette branche de commerce local et complètement paralysé la production.

Iles de la Sonde. — Les huiles minérales existent dans la plupart des îles de cet archipel, où elles sont connues sous différents noms : *Minjak Lantoeng*, à Java, et *Minjak Linji*, à Sumatra. Elles sont très employées par les indigènes et donnent lieu à un certain commerce.

D'après le chimiste Von Baumhauer, qui a examiné le pétrole de ces îles, les meilleures huiles se trouvent à Rembang et à Chéribon; les autres présentent une plus grande viscosité. Suivant lui, toute la région est très riche et il suffit de creuser à une profondeur de 250 mètres pour rencontrer le pétrole.

Australie et Nouvelle-Zélande. — Deux points principaux de l'Australie donnent du pétrole : ce sont la colonie de la Nouvelle-Galles du Sud et la colonie de Tasmanie. Dans la première, la valeur de la production a atteint le chiffre de 75 000 livres sterling, après deux années d'exploitation seulement. La seconde possède une source assez abondante au nord-est de Jéricho.

Deux gisements importants sont connus dans la Nouvelle-Zélande : à Waiapu, sur la côte occidentale du district d'Auckland, et à Manutahi; mais aucune exploitation régulière n'a encore pris naissance. Soumis au raffinage, le pétrole de Waiapu fournit de 65 à 80 pour 100 d'excellente huile d'éclairage dont la densité varie entre 0,844 et 0,830. La profondeur des puits ne dépasse pas 1000 pieds. En certains endroits, il s'échappe du sol un gaz naturel qui renferme des vapeurs de paraffine et brûle avec une flamme bleuâtre.

La présence du gaz naturel a été aussi constatée récemment (novembre 1888) à Narrabem, près Sydney, dans la Nouvelle-Galles du Sud. Pendant un forage exécuté pour la recherche de la houille, on a rencontré, à la profondeur de 600 mètres, un gisement de gaz naturel, comparable, dit-on, à celui de la Pensylvanie.

Birmanie. — D'après M. Cushing, les localités d'Arracan, d'Yenangyoung, dans la Birmanie supérieure, sont les seules dont la production mérite d'être citée; encore celle d'Arracan est-elle faible. Aux environs d'Yenangyoung, ville située sur l'Iraouaddy, à 400 milles au nord de Rangoon, on compte environ 200 puits, dont la profondeur ne dépasse pas 240 pieds.

On a aussi signalé l'existence du pétrole dans la province d'Assam, au nord du pays. Près de Pathar, un immense étang de boue, sans cesse en activité, lance une matière blanche abondam-

ment pourvue de pétrole ; mais, jusqu'à présent, aucune étude spéciale n'a été faite à ce sujet.

La production totale de la Birmanie supérieure est actuellement de 11 000 tonnes par an. Elle suffit à la consommation locale, et c'est au point de vue de l'exportation que les Anglais étudient aujourd'hui les gisements de l'Assam.

Hindoustan. — Le gaz naturel est employé comme combustible dans un certain nombre de temples hindous du Thibet et de l'Inde septentrionale.

Il existe aussi des gisements de pétrole dans le Pendjab, mais le climat n'y permet pas un travail suivi ; d'un autre côté, la distance qui sépare cette province des autres parties de l'Inde constitue un obstacle sérieux à l'exploitation.

Perse. — La Perse possède de nombreuses sources de pétrole dont il a été fait mention par Hérodote et les historiens qui l'ont suivi. L'une des plus importantes est située à Ardericca, à cinq milles de Suse ; les autres se trouvent sur le plateau d'Iran, près de Burr, dans la vallée de Jérabi, et à Chusistan, non loin d'un volcan qui était en activité au II^e siècle. Les puits de Herbuk, de Tuzkurmeti, à quatre journées de marche au sud d'Arbela, sont aussi très connus.

Asie Mineure et Palestine. — L'origine de l'asphalte de la mer Morte a donné lieu à bien des controverses. Il reste cependant établi, malgré l'absence de dégagements gazeux apparents, que cette mer doit être rangée au nombre des *salzes*, c'est-à-dire des volcans de boue chargés d'hydrocarbures. Le lac, dont la surface est à 392 mètres et dont le fond est à 700 mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée, couvre aujourd'hui 1200 kilomètres carrés. Les marnes gypseuses et les sels gemmes déposés sur les collines environnantes prouvent que son niveau a été jadis plus élevé.

On trouve également des dépôts d'asphalte sur la rive occidentale de la vallée du Jourdain. Sur plusieurs points de la Judée et de l'Arabie Pétrée, le pétrole apparaît aussi à la surface du sol, ou du moins à une très faible profondeur.

Enfin on a constaté l'existence de gisements dans le voisinage de Zaho, en Kurdistan, près de Bagdad, et dans la vallée du Tigre, entre Bagdad et Mossoul.

ÉGYPTE.

Sur les bords de la mer Rouge, au-dessous de Suez, il existe des sources qui étaient exploitées autrefois et fournissaient, il y a encore quelques années, de l'huile lourde qu'on utilisait comme lubrifiant et pour la fabrication du gaz. Les gisements sont au pied du mont Djebelzeit, sur le littoral du golfe de Suez, et dans la presqu'île de Samsah, à 200 kilomètres de la ville de Suez. Des recherches ont été entreprises sur ce dernier point en 1884 ; mais, après plusieurs essais infructueux, elles ont été abandonnées en 1888.

EUROPE.

Angleterre. — La présence du pétrole et de fontaines de goudron a été reconnue dans certaines houillères anglaises du Lancashire et du Shropshire, ainsi que dans les tourbières de Down-Holland, près d'Ormskirk, sur la côte nord de la Mersey ; mais, en aucun endroit, l'huile n'est assez abondante pour qu'elle ait pu donner lieu jusqu'ici à une exploitation commerciale. On cite encore les gisements des Cannel-Coals, en Écosse.

France. — La France ne possède pas de gisements de pétrole qu'on puisse exploiter avec fruit. Cependant, nous devons citer, pour mémoire, celui de Gabian, dans le département de l'Hérault. L'huile sort d'un rocher et se rend, par des conduits souterrains, dans un bassin où elle peut être recueillie. Elle est d'un rouge brun foncé et possède une odeur forte et désagréable. Les travaux entrepris récemment sur ce point pour étudier la disposition et la richesse du gisement n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

On a donné le nom de *capsules de Gabian* à des capsules contenant du pétrole, très efficaces, paraît-il, pour combattre certaines affections de la gorge et de la poitrine. Certains raffineurs avaient

pris l'habitude de distribuer ce remède gratis à tout malade qui venait le demander à la fabrique; mais cette distribution a été interdite, sur la demande des pharmaciens qui le vendent aujourd'hui sous la forme de capsules. Le débit annuel est de 3500 flacons.

L'asphalte se rencontre dans le département de l'Ardèche et à Autun, ainsi que dans les environs d'Alais et de Bastenne; ces dernières localités en fournissent des quantités assez considérables qu'on emploie pour le pavage des rues. Enfin, dans le val de Travers, on trouve les fameux calcaires bitumineux de Seyssel et de Pirmont (département de l'Ain). Ces pierres ne sont pas stratifiées, mais traversées par des fissures dirigées dans tous les sens; elles se composent de calcaires crétacés, de schistes calcaires et de mofette asphaltique, et donnent de l'asphalte dont on se sert principalement pour le pavage des rues et des rez-de-chaussée des habitations.

Espagne et Portugal. — Ces deux contrées n'offrent rien de bien intéressant au point de vue des gisements du pétrole. On en trouve quelques traces aux environs de Cadix, mais ils n'ont donné aucun résultat sérieux.

En Portugal, l'huile se rencontre sur le terrain crétacé du district de Leira; c'est près du mont Tréal et de la rivière de Liz que se trouve concentrée l'exploitation de ce produit.

Italie. — L'Italie renferme plusieurs gisements de pétrole, mais quelques-uns sont tellement pauvres qu'on doit les regarder comme inexploitable. A Peretta, entre Bologne et Florence, le gaz des marais se dégage dans l'eau et produit des *fontaines ardentes*, qui exhalent une forte odeur de pétrole. Un peu plus loin, les gaz sortant d'un terrain sec et pierreux donnent naissance aux *terrains ardents* étudiés par Volta et Pietra-Mala, et par Spallanzani à Barigazzo. Mais, le plus souvent, le pétrole se rencontre dans les volcans de boue ou salzes dont nous avons déjà parlé à propos de la mer Morte.

L'arrondissement de Chieti (Abruzzo citeriore) contient trois gisements de pétrole dont l'un, situé au bas du Collo d'Oro, fournit

un produit remarquable par sa pureté; mais les résultats obtenus jusqu'ici ne semblent pas promettre un grand avenir à l'exploitation.

Parmi les terrains sur lesquels on peut fonder des espérances sérieuses, nous devons citer, dans les environs de Fornovo, Miano, Medesano et Gropperello. On prétend qu'il fut une époque où le pétrole de Miano aurait suffi à l'éclairage des villes de Parme, de Gênes et Borgo-San-Domingo où quelques puits donnaient, disait-on, jusqu'à 200 et 300 kilogrammes par jour. Par suite de la timidité des premiers sondages, la production a diminué peu à peu; mais elle vient d'être reprise dans de meilleures conditions.

On rencontre aussi du pétrole, mais en petite quantité, à Caserte sur le golfe de Tarente, et dans la province de Girgenti en Sicile. Enfin, on trouve de l'asphalte et des schistes asphaltiques sur plusieurs points de l'Italie méridionale. Rappelons aussi que le professeur Silvestri a décrit, en 1877, des paraffines et des carbures d'hydrogène homologues qu'il avait recueillis dans la lave, à une distance de 20 kilomètres du grand cratère central de l'Etna.

Allemagne. — Pendant bien des années, on a recueilli du pétrole en Alsace sur le Bas-Rhin, à Schwabweiler, à Pechelbronn et à Lobsann, mais sans en faire un commerce important. On a percé, en différents points de cette région, plusieurs puits dont quelques-uns n'ont donné qu'un faible rendement, et, en somme, ces entreprises n'ont jamais pu prendre un grand développement. On a constaté aussi la présence du pétrole près de Carlsruhe, dans le duché de Bade.

Dans le Hanovre, on a découvert, dans ces dernières années, des sources de pétrole qui ne donnent lieu qu'à une exploitation assez restreinte. Sur quelques points, l'huile arrive spontanément au jour, en sortant des couches du terrain néocomien ou du terrain jurassique, quelquefois même des dépôts arénacés de la période diluvienne. Sur d'autres points, au contraire, on ne peut obtenir ce produit qu'en creusant des puits à des profondeurs variables. A Kënigsen, au sud de Colle, on trouve le pétrole à la fois dans les sables diluviens et dans la couche d'argile sur laquelle ils reposent.

A Adesfe, au nord de Peine, et à Oberg, au sud de la même ville, c'est dans le terrain jurassique moyen que l'on va chercher le pétrole en creusant des puits dont la profondeur atteint quelquefois jusqu'à 60 mètres.

En mars 1880, une compagnie s'est formée à Brème pour entreprendre le forage de puits profonds dans l'espoir de recueillir une variété de pétrole moins lourd que celui qu'on avait obtenu dans des puits de 60 mètres de profondeur. Une raffinerie a été établie à Peine, à 32 kilomètres de Hanovre, et on a posé une ligne de conduites qui aboutit à ce point en partant de la lisière sud de la bruyère de Luneberg.

M. Williams-C. Pox, consul des États-Unis à Brunswick, rapporte que l'on a découvert des traces de pétrole dans des bandes de terrain commençant au village de Klein-Shoppenstate, dans le duché de Brunswick, et se dirigeant vers l'ouest en ligne droite, sur une longueur de 40 milles. On ne compte guère actuellement dans ces régions qu'une douzaine de forages fournissant environ 1250 barils par semaine.

Roumanie. — Les gisements de la Roumanie présentent une importance beaucoup plus grande que celle des autres sources européennes énumérées ci-dessus. Suivant M. Fernand Hue, on peut les répartir en deux régions : l'une se développe de Bakou, au nord, à Tergowitz, au sud, sur une profondeur d'au moins 15 lieues; la seconde s'étend vers l'est. Les districts exploités sont ceux de Bacoul, Romnicul-Sarat, Buzoul, Prahova et Dombrovitza. Les riches gisements de Bacoul ont pour centre Mainesci; 300 puits creusés sur ce territoire donnent environ de 1200 à 1500 tonnes de pétrole brut par an. C'est le point où l'industrie pétrolifère a fait le plus de progrès. Plusieurs exploitations sont à proximité du chemin de fer de Braïla à Kronstadt, qui passe à 6 kilomètres seulement des puits d'extraction.

C'est dans la région de Dombrovitza que se trouve la grande exploitation de Colibatzî, propriété du gouvernement, qui possède environ 300 puits répartis dans la vallée de Pecurei, Glodul, Paia-

genul et Fumiscasul; plusieurs d'entre eux sont très productifs; mais ce district est assez éloigné d'une ligne de chemin de fer, ce qui rend les transports difficiles.

Les procédés d'exploitation employés dans toute la région sont encore fort rudimentaires; il en est de même dans la Galicie dont nous allons parler.

Galicie. — La Galicie est encore un pays fort riche en pétrole. La région oléifère actuellement connue et exploitée occupe une partie montagneuse qui, partant des Carpathes, s'étend jusqu'à Neu-Sandee et Drohobiez; elle se développe sur une longueur de 300 kilomètres et sur une largeur moyenne de 30 kilomètres. Les centres principaux sont Bobrka, Ivoniez, Ropianka, Plowce, Kros-cienko, Boryslaw et Sloboda. C'est dans cette dernière localité située à 5^{km},5 de Koloméa que se trouvent les plus importantes exploitations de pétrole de la Galicie; elles sont concentrées dans une clairière occupant le fond de la vallée et entourée par les forêts de l'État.

On trouve aussi à Boryslaw des mines très connues d'ozokérite dont l'exploitation a pris une extension supérieure à celle du pétrole. Les puits sont creusés dans le miocène; suivant M. Babu, ingénieur des mines, l'ozokérite se trouve distribuée : 1° dans des filons plus ou moins voisins de la verticale recoupant les couches et y occasionnant souvent des rejets; 2° dans les couches interstratifiées.

Les filons exploités sont parallèles à la direction des couches et à la ligne des Carpathes; leur puissance est très variable et d'ailleurs bien difficile à évaluer à cause de la plasticité de l'ozokérite. Ils sont quelquefois continus en direction et en profondeur; la plus grande continuité, jointe à la puissance maxima, se trouve dans l'axe de la zone à ozokérite, dirigé au nord-ouest et passant par le point où la route de Boryslaw à Tustanowice s'infléchit du nord-ouest au sud-est. Perpendiculairement à la direction précitée se rencontre un autre système de filons, peu importants au point de vue de l'exploitation.

Les couches interstratifiées comprennent elles-mêmes des couches d'ozokérite pure et des couches de grès, dont toutes les fissures sont remplies d'ozokérite.

Les couches d'ozokérite pure sont toujours en relation avec les failles principales. Leur puissance est très variable, et leur pendage, tantôt vers sud, tantôt vers nord, ne dépasse guère 25°. Ces couches ne semblent pas être autre chose que le remplissage de fissures interstratifiées; il n'est d'ailleurs pas rare de voir ces fissures cesser d'être interstratifiées, se relever et passer à l'état de diaclases.

Les couches de grès fissurées et imprégnées d'ozokérite sont plus rares; l'une d'elles était exploitée auprès de Tustanowice, en juillet 1886. On ne les rencontre guère qu'aux points où les efforts mécaniques extérieurs, tassements ou autres, ont dû se faire sentir le plus vivement, c'est-à-dire aux points où la courbure des couches est minima, par exemple au sommet des selles. Ces efforts ont développé dans les grès, couches à cassure facile, des craquelures très nombreuses, véritables piésoclases dont le remplissage semble comme imprégner la roche.

Boryslaw n'est pas le seul point de la chaîne des Carpathes où se rencontre l'ozokérite. Ce corps est connu et exploité, mais dans des proportions beaucoup moins importantes, en trois autres endroits : Truskawice, dans le voisinage immédiat de Boryslaw et à la limite des affleurements miocènes; Starunia, à 35 kilomètres au sud de la station de Stanislace, sur le chemin de fer de Lemberg à Czernowitz, et Dwiniacz, aux environs de Starunia.

On extrait annuellement, dans tous ces différents puits, 16 000 tonnes d'ozokérite représentant une valeur de 8 millions de francs.

Dalmatie et Albanie. — On rapporte qu'il existe d'immenses dépôts d'asphalte dans l'île de Brazzo, en vue des côtes de Dalmatie, ainsi qu'à Raguse sur la terre ferme au sud de Brazzo. Plus loin, en descendant la côte de l'Adriatique, on rencontre l'île de Zante, où se trouve, dans un marais, près de Chiéri, une fontaine de pétrole mentionnée par Hérodote, au v^e siècle avant Jésus-Christ.

Toutefois, la production est arrêtée depuis quelques années, et les derniers sondages exécutés sur ce point n'ont donné aucun résultat.

Sur le continent, à l'est de Zante, se trouve la côte d'Albanie. C'est dans cette province, aux environs de Selenitza, que l'on rencontre quelques-uns des plus grands et des plus remarquables dépôts d'asphalte de toute l'Europe. Enfin, il existe une source jaillissante de bitume chaud à Nymphaum, près d'un rocher où il y avait autrefois une *roche ardente* mentionnée par Strabon.

Russie. — Les régions situées des deux côtés du détroit de Kertch, c'est-à-dire la presqu'île de Taman et la partie orientale de la Crimée, renferment des sources de pétrole dont l'importance n'est pas très grande, mais qui donnent lieu, en général, à des dégagements impétueux de gaz accompagnés de phénomènes volcaniques. Il en est de même dans le territoire qui s'étend au nord de la chaîne du Caucase et sur le bord de la mer Noire, aux environs de Kouban.

Dans la vallée d'Ilkskaïa, non loin du nouveau port de Novorosisk, sur la mer Noire, une compagnie dite *Standard russe* a établi, depuis de longues années une exploitation de naphte lourd qui n'a pas donné jusqu'ici de résultats très importants, mais qui paraît devoir se développer rapidement en vue de l'application du combustible liquide à la fabrication du gaz et au chauffage des navires.

Le gisement d'Ilkskaïa se trouve à l'est du système hydrographique du Kouban. Ce domaine contient près de quatre-vingts puits qui fournissent actuellement environ 50.000 tonnes de naphte par an.

Si l'on franchit les monts du Caucase et si l'on pénètre dans la presqu'île d'Aphéron, située au sud de cette chaîne, on trouve le naphte en grande abondance et on y est en présence de gisements d'une richesse incomparable.

Les puits russes du Caucase se font remarquer par la puissance de leur production. Ainsi, on cite un puits qui a donné, en fontaine, 575 tonnes par jour pendant plusieurs semaines, à 107 mètres de profondeur. Une autre fontaine, commencée en juin 1882, a débité

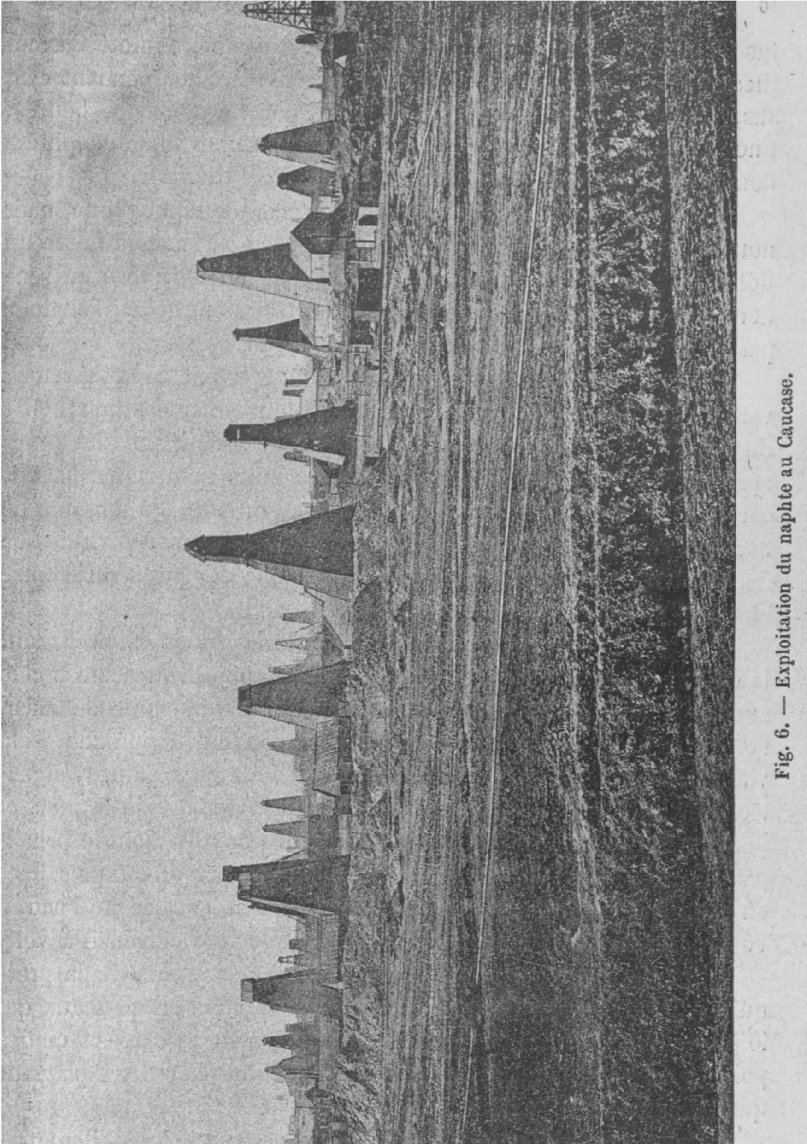


Fig. 6. — Exploitation du naphte au Caucase.

jusqu'à 640 tonnes par jour. Un puits fort connu, nommé Carmelitza (la nourrice), a fourni journalièrement 164 tonnes pendant cinq ans, et donne encore de 60 à 80 tonnes par vingt-quatre heures. Une fontaine de la Société industrielle et commerciale de naphte a donné, pendant près d'un mois, 30 000 barils par jour.

Ces chiffres ne sont évidemment pas ceux de la moyenne, mais nous avons tenu à les citer pour qu'on puisse se faire une idée du débit considérable atteint en certains points. On considère un rendement journalier de 49 tonnes comme très bon, et on n'exploite pas, d'ordinaire, des puits donnant moins de 10 tonnes par jour.

Les sources de cette région présentent souvent de nombreuses variations dans les différentes phases de leur manifestation; elles disparaissent quelquefois complètement, pour revenir quelque temps après avec plus d'intensité. Beaucoup de puits sont remarquables par la hauteur du jet de gaz qui s'en dégage. Ainsi, la fontaine de Bergson lance des jets qui s'élèvent à plus de 80 mètres au-dessus de l'orifice du puits. La profondeur moyenne des puits varie entre 65 et 130 mètres.

Le centre de l'industrie pétrolifère de la région est à Bakou, la ville sainte des anciens Guébres, bâtie en amphithéâtre sur la côte sud de la presqu'île d'Apchéron. A plus de 20 verstes de distance, l'odeur pénétrante du pétrole signale au voyageur l'approche de la ville. Dans la rade existent des sorties de naphte importantes, signalées par les irisations qu'elles produisent à la surface de la mer, et par des bouillonnements violents de gaz inflammable dont le principal a lieu près de la côte, en face de Beïbat; si, par un temps calme, on jette en ce point une étoupe enflammée à la surface de l'eau, il se produit immédiatement une nappe de feu fort curieuse à voir.

Les gisements de Bakou sont situés sur le sommet de la presqu'île d'Apchéron; y compris ses deux versants et les plateaux qui le couronnent, il mesure environ 1900 kilomètres carrés; cinq à peine sont exploités. Les puits sont tous réunis sur deux plateaux que l'on atteint en gravissant la pente d'Apchéron.

L'un de ces plateaux, celui de Surakhany, situé à 10 kilomètres

au nord-est de Bakou, est le plus anciennement fouillé; on y voit un grand nombre de puits abandonnés. Les forages y sont rares; deux ou trois donnent une huile claire, limpide, que l'on dirait raffinée. C'est là que se trouve le temple fameux, jadis si vénéré, des adorateurs du feu.

Près de Surakhany existent des puits dont on tire, à des profondeurs variant de 20 à 30 sagènes, de petites quantités de naphte léger, de couleur jaunâtre, de densité 0,760, qui se trouve dans les sables et argiles de la formation avalo-caspienne. On l'a employé pendant quelque temps, sans le distiller, à l'éclairage de Bakou.

C'est sur le plateau de Balakhany, à 8 kilomètres au nord-ouest de Bakou, que se trouvent rassemblés tous les puits. Le sol y est bouleversé; ce ne sont de tous côtés qu'excavations ayant servi de réservoirs naturels pour le naphte, monticules de sable jeté par les fontaines, plaques de naphte noir ou verdâtre; la couleur noire revêt tous les objets.

Ces deux points sont de beaucoup les plus importants de toute la région. Nous allons énumérer, d'après M. Paul Sage, les autres localités qui méritent d'être citées :

A 2 kilomètres du village de Binagady, situé à l'ouest de Balakhany, on a exécuté quelques forages entre les volcans de boue Kaourouki et Kirmakou; l'un de ces forages a donné une fontaine à la profondeur de 75 mètres.

Kirmakou est le plus intéressant des volcans de boue qui accompagnent la vallée de Balakhany. Il est recouvert sur presque toute sa surface et sur une épaisseur de 2 à 3 mètres de couches alternatives de kir¹ et de sable argileux provenant de ses éruptions successives.

Les Tatars exploitent ce kir, qui vaut sur place 2 copecks le poud (0 fr. 30 à 0 fr. 35 les 100 kilogrammes).

Entre ce volcan et le village de Balakhany, on exploite aussi,

1. Le kir est le produit de l'oxydation à l'air et de la distillation partielle au soleil du naphte riche en goudron. On le recueille autour des saïzes qui laissent échapper du naphte.

comme combustible, une couche de kir très sec, à 3 ou 4 mètres de profondeur.

Dans la vallée de Yacamal, orientée nord-sud, et que suit la ligne du chemin de fer de Bakou-Tiflis, on rencontre beaucoup de sorties de naphte, de gaz inflammable et de kir. A Pouta, où elle se termine, on trouve notamment près d'une vallée anticlinale, près du mont Kirguez et du volcan Lok-botane, des sorties de naphte et un dépôt important de kir, ainsi que du soufre natif et du gypse.

En suivant, dans la direction de Tiflis, la voie ferrée de Bakou qui longe la mer et le massif montagneux, on arrive à la station d'Aliate, près de laquelle se trouve un volcan, qui a fait explosion en 1882 et a lancé pendant plusieurs jours de la boue imprégnée de naphte; il existe quelques salzes au bord de la mer.

A 5 kilomètres au sud d'Aliate, on rencontre, autour du mont Gotourdag, plusieurs salzes avec sorties de naphte et du kir.

Au delà, vers le sud, quittant la voie ferrée qui abandonne la mer et se retourne vers l'est, on arrive au mont Kurovdag, situé près du fleuve Koura. On trouve là, dans une vallée anticlinale, en partie comblée par les déjections de plusieurs volcans de boue, un petit lac de naphte noir, épais, où bouillonne le gaz inflammable. Beaucoup de kir dans les environs.

En continuant vers le sud, on rencontre, à environ 110 kilomètres de Bakou et 3 kilomètres du bourg de Salyany, situé sur le Koura, le massif de Cabazanane, dont l'axe de soulèvement présente la même direction que celui de Kurovdag; là encore, un grand nombre de salzes avec naphte noir, pesant de 0,875 à 0,890 et suintant entre les assises de calcaire siliceux compact : gisements de kir. Il s'y trouve une source thermale sulfurée à la température de 25° centigrades, appelée par les Tatars *isti-sou* (eau chaude), et renommée parmi eux pour le traitement des douleurs rhumatismales.

Enfin, à 12 kilomètres au sud de l'embouchure de la Koura, on rencontre dans le steppe Moukhan un grand nombre de salzes, avec naphte, gaz inflammable et kir. On exploite là, dans de petits

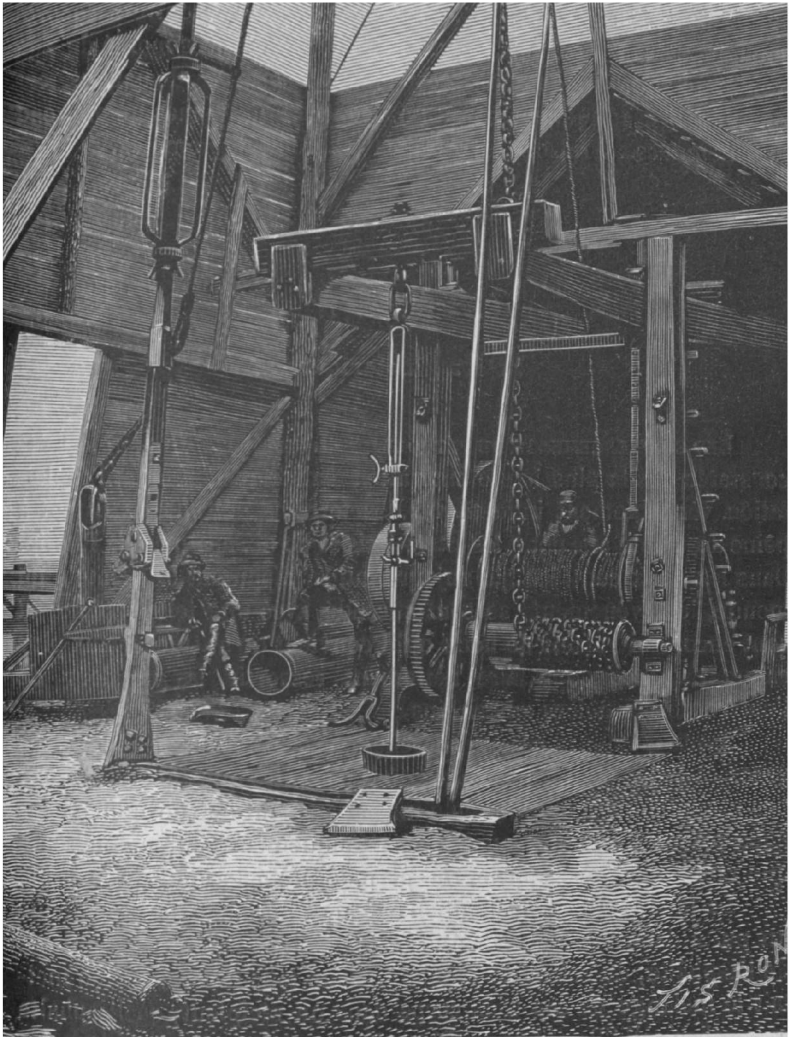


Fig. 7. — Intérieur d'un derrick au Caucase

puits creusés par les Tatars, du naphte qu'on rencontre à la profondeur de 5 à 6 mètres et qui renferme à peu près moitié de son volume d'eau. La production est limitée, faute de demandes, car on n'en tire annuellement qu'une centaine de tonnes qu'on vend aux nomades, à raison de 6 francs les 100 kilogrammes.

CHAPITRE III

Notions historiques.

LES COMMENCEMENTS DU PÉTROLE. — L'existence du pétrole a été constatée dès la plus haute antiquité ; mais la recherche et l'exploitation véritablement industrielle des terrains pétrolifères datent à peine de trente ans pour les États-Unis et de dix ans pour la Russie. Dans les deux contrées qui aujourd'hui se disputent la clientèle du monde, les événements se sont succédé avec une telle rapidité et sont encore si voisins de nous qu'il convient de s'attacher aux plus caractéristiques pour faire nettement ressortir la grandeur de l'œuvre des pionniers américains.

Assez d'auteurs ont été chercher dans les récits des écrivains grecs et latins tous les passages où il peut être question du pétrole. Ces réminiscences offrent peu d'intérêt au point de vue auquel nous plaçons, et nous rappellerons uniquement pour mémoire ce que nous pourrions appeler la période préhistorique du pétrole.

La plus ancienne description est due à Hérodote, qui mentionne un puits dans l'île de Zacynthe (actuellement Zante) « produisant de l'asphalte, du sel et de l'huile ». Pour tout traitement, on mettait le mélange de ces trois corps dans un récipient, où l'asphalte et le sel se solidifiaient et se déposaient en laissant une huile noire de forte odeur.

Plusieurs autres auteurs traitent cette question ; Strabon et

Diodore indiquent l'usage que les Égyptiens faisaient, pour l'embaumement des morts, du bitume. Strabon relate aussi que la même substance flottait à la surface de la mer Morte, pendant ou après les tremblements de terre. Aristote, Strabon, Pline et Plutarque décrivent les couches de bitume de l'Albanie, sur les côtes orientales de la mer Adriatique. Pline et Dioscoride mentionnent l'huile d'Agrigente, qui était employée à l'éclairage sous le nom d'huile de Sicile. La presqu'île d'Apchéron, célèbre par les *feux éternels* de Surakhany, les environs de la ville de Rangoon, dans les Indes, et enfin les sources de Miano en Italie, sont également connus depuis les temps les plus reculés comme lieux de production des huiles de *naphte*, nom qui avait été donné aux variétés de ces huiles présentant une couleur claire et transparente et qui leur a été conservé jusqu'à ce jour.

Dans la Chine et au Japon, le pétrole était aussi connu depuis longtemps : c'est ainsi que, dans ce dernier pays, la découverte de ce liquide fut faite à Echigo, île de Nippon, sous le règne de Tenjitenno, c'est-à-dire vers l'an 615 de notre ère.

Pendant toute l'antiquité, les huiles de pétrole et les bitumes avaient fort peu d'applications et ne sortaient pas des lieux mêmes de production. Au VI^e siècle, des moines byzantins inventèrent le *feu grégeois*, dans la composition duquel il entraît certainement du naphte, de la poix et du bitume, et probablement du pétrole. L'ingénieur syrien Callicinus en fit un usage terrible en 660 et brûla, grâce à lui, la flotte entière des Sarrasins. C'est seulement vers la fin du XVII^e siècle qu'on commença à acquérir la connaissance d'une partie des gisements qui existent dans ces contrées. En 1698, Ariotti parle des sources du mont Zibiv, dans le duché de Modène, de celles du duché de Parme et enfin de celles du mont Ciaro, près de Plaisance. Dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris, en 1736, le docteur Psilanderhielm décrit le procédé employé par les habitants du pays pour extraire le pétrole du mont Ciaro ; d'après lui, on perceait des trous dans la roche composée, en majeure partie, de schistes bitumineux, et l'huile s'écoulait avec

les eaux d'infiltration. Vers 1750, les Hollandais commencent à exploiter les sources de l'Inde, dont ils importent les produits en Europe. En 1771, le pétrole est découvert en Galicie où, au début, il sert simplement pour le graissage des charrettes. En 1802, la ville de Gênes est éclairée au pétrole. A partir de cette époque, les progrès continuent d'une façon ininterrompue, mais encore très lentement, jusqu'au jour où la découverte des gisements américains vient permettre une exploitation active et régulière, en révélant l'existence de sources très abondantes fournissant un liquide assez pur pour pouvoir être employé sans être soumis, au préalable, à un traitement coûteux et difficile.

ÉTATS-UNIS. — Le développement de l'industrie du pétrole, aux États-Unis, date de 1859. Jusque-là, on ne faisait usage sur le continent américain que des huiles de schiste obtenues par la distillation des pyroschistes que l'on rencontre en abondance dans plusieurs États de l'est du Mississipi, et des *bog-heads* d'Écosse, beaucoup plus riches en hydrocarbures liquides, mais dont le prix de revient aux États-Unis était nécessairement très élevé. C'est dans le but de s'affranchir de la nécessité de faire venir des produits étrangers que les Américains tournèrent leur attention sur ceux que leur offrait leur propre sol ; les premiers résultats obtenus furent remarquables, et, très rapidement, l'extraction du pétrole prit des proportions extraordinaires.

Le forage du célèbre puits Drake, en Pensylvanie, marque le premier pas fait dans la nouvelle voie, et son histoire est intéressante à connaître. M. Drake arriva, vers le commencement de mai 1858, à Titusville, qui n'était alors qu'un tout petit village, composé de maisons en planches. Il commença ses travaux en essayant de forer un puits dans une des vieilles fosses boisées qui existaient dans la région ; il avait eu d'abord, semble-t-il, l'idée de creuser un puits ordinaire, mais il fut constamment arrêté par l'eau et par les éboulements de sable, de sorte qu'il en vint finalement à imaginer d'enfoncer une conduite en fer allant de la surface au roc massif. On suppose que c'était là le plan primitif du colonel Drake.

Mais, quoi qu'il en soit, il n'a jamais songé à en tirer aucun parti, bien que cette disposition ait depuis rendu de grands services pour le forage des puits artésiens.

Le colonel Drake exécuta, pendant la campagne de 1858, les opérations préliminaires, en enfonçant la conduite de 36 pieds dans le roc et en installant sa machine, ses outils et ses pompes. Mais les ouvriers qu'il avait embauchés pour percer le roc, au commencement de la saison, avaient trouvé à travailler ailleurs, et les opérations furent suspendues jusqu'à la campagne suivante, où M. William Smith et ses fils furent engagés dans l'entreprise. Ils arrivèrent à Titusville vers le milieu de juin, en apportant avec eux tous les outils nécessaires au forage; ils étaient parvenus à une profondeur de 33 pieds, lorsque, le 28 août 1859, le foret rencontra une crevasse dans laquelle il enfonça à une profondeur de 6 pouces. Comme le lendemain était un dimanche, M. Smith vint visiter le puits dans l'après-midi, et il constata que le trou de forage était rempli jusqu'à quelques pieds de l'orifice. Le liquide recueilli en petite quantité, dans un vase en étain, fut reconnu pour du pétrole. La nouvelle industrie était désormais lancée.

A la suite de cet heureux résultat, on développa une activité extrême pour forer des puits à pétrole; mais le territoire où les travaux d'exploitation furent poursuivis demeura pendant longtemps borné aux vallées de la rivière Alleghany et de ses affluents; on croyait, en effet, que les sources étaient limitées à ces régions. C'est pour ce motif que l'on perça des puits dans la vallée d'Oil-Creek, depuis Titusville jusqu'à Oil-City, et sur French-Creek, depuis Union-City jusqu'à Neadville et Franklin, et, enfin, sur l'Alleghany à Tidionte.

Les fabriques d'huile de houille de la région s'étaient mises, à quelques exceptions près, à distiller le pétrole; aussi la production ne tarda-t-elle pas à surpasser la consommation. Le marché fut bientôt encombré et les prix tombèrent à un taux dérisoire. Mais l'accroissement de la consommation et l'épuisement partiel du territoire alors exploité relevèrent les prix en 1865, et cette hausse eut

pour résultat immédiat le forage de puits, sur une étendue considérable de pays, de l'île de Méanitonlin à Alabama et du Missouri jusqu'à New-York central. Les travaux furent surtout poussés au sud du Kentucky, dans la Virginie occidentale, dans le comté de Washington (Ohio) et dans le comté de Trumbull (Ohio). En Pensylvanie, on découvrit du pétrole à Smith's Ferry, sur la rivière de l'Ohio, dans le comté de Beaver; on explora les coteaux situés dans les environs d'Oil-Creek, perpendiculairement à la ligne de Tidionte à Titusville, et plusieurs localités d'un rendement considérable furent livrées à l'exploitation.

Voici ce qu'on lit, à ce sujet, dans l'*Histoire ancienne et moderne du pétrole*, de M. Henry :

« La production journalière totale de tous les puits, en juin 1860, était évaluée à 200 barils¹. En septembre 1861, la production totale atteignait 700 barils, et c'est alors que commença la période des puits jaillissants, ce qui porta la production à 6000 ou 7000 barils par jour. Le prix du baril retomba à 1 franc, puis à 0 fr. 75, puis à 0 fr. 50. Bientôt, il devint impossible de se procurer des barils à n'importe quel prix, car aucun des tonneliers de la localité ne pouvait les construire assez vite pour suffire au rendement du puits *Empire*. Des puits de production moyenne durent être arrêtés, et un grand nombre d'exploitants, découragés, abandonnèrent leurs travaux. Au commencement de 1863, la production fut à peine la moitié du chiffre obtenu au commencement de 1862, et celle de 1864 se trouva encore inférieure. En mai 1865, on n'atteignait même plus le chiffre de 4000 barils par jour.

« Commencés à Titusville, en 1859, les progrès de l'industrie du pétrole s'étendirent à la vallée d'Oil-Creek et le long de la rivière Alleghany, à une distance considérable en deçà et au delà d'Oil-City, puis à Cherry-run en 1864. Vinrent ensuite Benninghoff et Pioneer-run, les fermes de Wood et de Stevenson, sur Oil-Creek, qui se succédèrent en 1855 et en 1866. Ce fut, en 1866, le tour

1. Le baril contient 42 gallons. Le gallon des États-Unis vaut 3,8, le baril représente 159,6, ou, en nombre rond, 160 litres.

de Tidionte et de la colline du Triomphe, puis de Shambourg. En

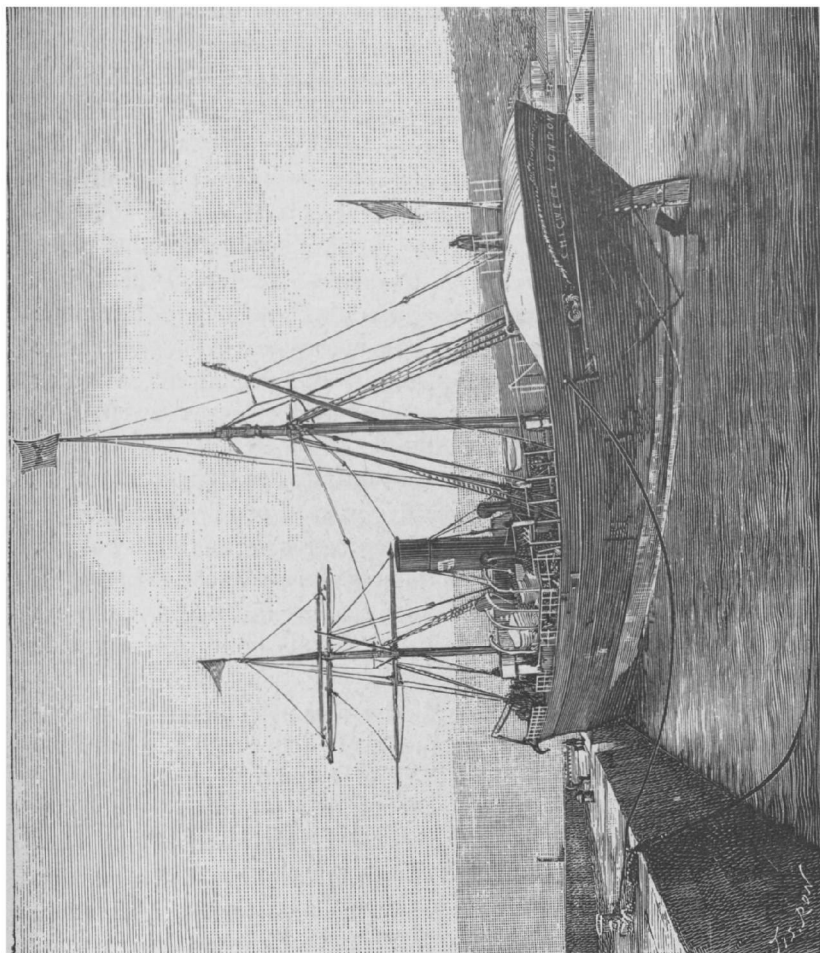


Fig. 8. — Vue du touksteamer *Chiguell* pour le transport des pétroles.

« 1868, la plaine pétrolifère de Pleasantville devint le centre principal et le foyer de cette industrie. »

Pendant qu'on déployait tant d'activité en Pensylvanie, l'ancienne région à sel et à pétrole des vallées de Muskingum, dans l'Ohio, et du Little-Karawha, dans la Virginie occidentale, était couverte de puits à pétrole, dont plusieurs donnaient un rendement élevé. En 1860, on nettoya un vieux puits d'eau salée, situé à Burning-Springs (Virginie occidentale), qui avait autrefois fourni du pétrole; l'eau s'échappa par le tube, et l'on recueillit par jour environ 50 barils de pétrole. L'hiver suivant, on perça le puits de Llewellyn, à la profondeur de 100 pieds environ, et il en jaillit plus de 1000 barils par jour. On établit encore un certain nombre de bons puits, mais la guerre vint détruire les travaux et arrêter l'exploitation. Celle-ci fut reprise en 1864; des puits plus profonds fournirent de plus grandes quantités de pétrole, et la spéculation et l'enthousiasme furent à leur comble. En 1865, on exploita avec succès la région de White-Oak, ce qui eut pour résultat de développer le territoire le plus étendu et le mieux connu de la Virginie occidentale. De 1860 à 1865, on perça sur le « Cow-run » et dans d'autres localités du comté de Washington (Ohio) des puits à bon rendement.

C'est à cette époque qu'on adopta, après de nombreux essais, le système de transport à l'aide de conduits artificiels. Ce progrès, dont nous parlerons en détail dans le chapitre de l'exploitation, eut une très grande influence sur les développements ultérieurs de l'industrie américaine.

De 1870 à 1880, l'étendue des terrains pétrolifères de la Pensylvanie a considérablement augmenté, de telle sorte que la région située entre Tidion et Oil-Creek, qui constituait auparavant le centre principal de production, est devenue relativement peu importante.

D'un autre côté, dès 1863, on avait établi des puits près du confluent du Clarion et de l'Alleghany, mais sans pousser bien activement les recherches. Ce fut seulement en 1868 qu'un puits abondant, situé sur une colline surmontant le territoire de Parker, attira l'attention d'exploitants plus téméraires et amena le développement de la région appelée « Contrée inférieure » et située dans

les comtés de Butler, d'Armstrong et de Clarion, dont l'ensemble forme le gisement appelé *Parkeroil*. Sur les indications de M. Angell, on constata l'existence de nouvelles sources très abondantes, comprises dans une zone parfaitement limitée, de 35 milles de longueur et de 5 milles de largeur, allant de Saint-Pétersbourg, dans le comté de Clarion, à Bear-Creek, dans le comté de Butler. En étudiant attentivement la situation des gisements déjà connus, M. Angell avait constaté que les meilleurs puits de la région supérieure se trouvaient sur une bande étroite de territoire comprise entre Saubgrass, sur l'Alleghany, et Petroleum-Center, sur Oil-Creek; il en avait conclu que les sources devaient occuper une situation correspondante dans la zone inférieure. Lorsqu'il émit cette opinion, la plupart des exploitants lui rirent au nez; il ne se laissa pas décourager, commença des forages, et l'expérience lui donna bientôt complètement raison.

Cela se passait au commencement de la période 1870-1880. En même temps on perçait des puits dans la région supérieure d'Oil-Creek, dans une direction générale nord-est, les uns sur une ligne nord, à 16° est, d'autres sur une ligne nord, à 22°,5 est; d'autres enfin sur d'autres lignes souvent tracées au moyen de la boussole, au-dessus des coteaux boisés de cette région. On arriva ainsi jusqu'à Bradford, dans le comté de Mac-Kean, où certaines personnes croyaient qu'on ne pourrait jamais trouver de pétrole.

Toutefois, ce n'étaient pas les premières recherches exécutées dans les environs de cette ville. En 1862, le vieux puits de Bradford, connu depuis sous le nom de puits Barnsdall, avait été percé à une profondeur de 200 pieds, puis abandonné. En 1866, les habitants de Bradford s'étaient réunis pour donner au puits une plus grande profondeur. Ils arrivèrent jusqu'à 875 pieds, c'est-à-dire à 150 pieds de la couche de sable pétrolifère.

D'un autre côté, en 1765, MM. P.-G. Dean frères avaient creusé un puits dans la vallée de Tura-Creek, sur l'emplacement de la ferme du Berger, près de la localité actuelle de Custer-City, en employant 160 pieds de conduite. L'excavation fut portée à 900 pieds,

mais abandonnée quand on arriva à plus de 200 pieds au-dessus de la partie supérieure du sable pétrolifère. Les frères Dean percèrent, peu de temps après, un second puits dans la ferme Clark, à Tarport; mais ils s'arrêtèrent à 605 pieds, soit à plus de 400 pieds au-dessus du grès pétrolifère.

Tous ces puits avaient été creusés dans l'espérance de rencontrer le grès pétrolifère que l'on avait déjà trouvé dans le comté de Venango et que, sans raison d'ailleurs, on croyait au même niveau. Toutes ces tentatives avaient du reste échoué.

Le premier puits qui atteignit le grès dans la région de Bradford fut foré par M. James-E. Butts, pour le compte de la Compagnie de pétrole Foster; il était établi dans la ferme Gilbert, à 2 milles au nord-est de Bradford, et fut poussé jusqu'à une profondeur de 751 pieds. Mais ce fut seulement en novembre 1871 qu'on atteignit à 1110 pieds le sable pétrolifère. La production journalière fut alors de 10 barils.

Depuis cette époque jusqu'en décembre 1874, on ne perça aucun puits qui fournit du pétrole en quantités tant soit peu considérables. Mais, le 6 décembre 1874, MM. Butts et Foster percèrent le grès pétrolifère dans la ferme *Archy-Buchanan*, à 25 milles nord-est de Bradford. Ce puits, qui donna, à l'origine, une production de 70 barils par jour, fut, en réalité, le premier permettant de supposer l'existence dans cette région de gisements abondants.

En décembre 1878, c'est-à-dire quatre ans après l'achèvement du puits Butts, la production journalière moyenne de pétrole brut de la contrée de Bradford était de 23 700 barils, soit environ les quatre septièmes de la production totale de l'État de Pensylvanie. Mais, en décembre 1880, c'est-à-dire deux ans plus tard, alors que cette production totale s'élevait, en moyenne, à 72 214 barils, celle de Bradford représentait, à elle seule, 6300 barils.

Il faut cependant remarquer que la supériorité de Bradford au point de vue de la production moyenne disparaît, si l'on considère la production individuelle des puits. Ainsi, certains puits percés dans la troisième couche de sable pétrolifère de Venango ont fourni

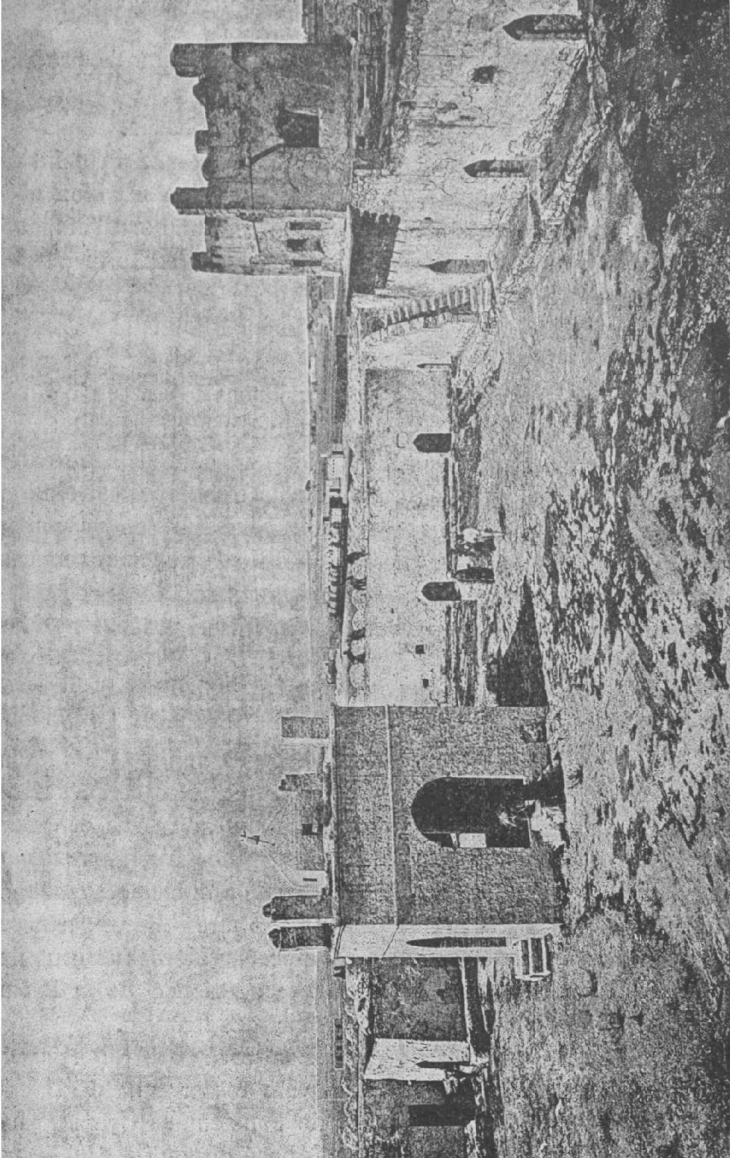


Fig. 9. — Bakou. — Vue du temple du feu.

de 2000 à 3000 barils de pétrole par jour, tandis que la production des puits les plus abondants qui aient jamais été rencontrés aux environs de Bradford n'a jamais atteint 1000 barils.

Cette considération a d'ailleurs peu d'importance au point de vue industriel. La production moyenne de la région est bien plus intéressante, et, sous ce rapport, la contrée de Bradford l'emporte de beaucoup sur les autres zones de la Pensylvanie. Aussi n'est-il pas étonnant que de 1875, époque à laquelle on a commencé à soupçonner la richesse de cette contrée, jusqu'à la fin de 1879, on n'ait pas creusé moins de 6249 puits.

Il y aurait encore des choses très curieuses à dire sur le développement de l'industrie du pétrole dans le Washington country et le Dime country, sur les huiles sulfureuses qu'on rencontre entre Pittsburgh et Chicago, mais nous sommes forcé de nous restreindre.

Russie. — Les conditions peu favorables que l'on rencontre aux environs de Kouban et de la presqu'île de Kertch sont connues depuis longtemps. On possède des descriptions détaillées des spectacles vraiment curieux et souvent terribles qui se présentent dans certaines régions pétrolifères de la Russie ; leur lecture n'est pas faite pour encourager ceux qui seraient tentés d'exploiter ces terrains.

La connaissance du pétrole dans la presqu'île d'Apchéron remonte à une époque très reculée. C'est là, en effet, que les adorateurs du feu s'étaient fixés six siècles avant notre ère et qu'ils avaient établi leurs temples, où des milliers de pèlerins venaient déposer leurs offrandes (fig. 9). La localité de Sarachane, située, à peu de distance de Bakou, avait ainsi acquis une telle importance qu'au VI^e siècle après Jésus-Christ, l'empereur Héraclius crut ne pouvoir porter un coup plus sensible à la puissance de la Perse qu'en s'emparant de Bakou, dont il détruisit les temples.

Quelques années plus tard, les Arabes forcèrent les Persans à renoncer aux dogmes de Zoroastre, pour embrasser ceux de Mahomet ; mais plusieurs prosélytes zélés de l'ancienne croyance parvinrent à se réfugier dans la presqu'île d'Apchéron, où ils rétablirent

les temples de Sarachane et veillèrent à la conservation des feux sacrés. On voit donc que les gaz enflammés de Bakou ont été célèbres depuis environ deux mille cinq cents ans; aujourd'hui, ils n'ont plus qu'une valeur pratique, car ils sont employés par les habitants pour le chauffage et l'éclairage des établissements industriels de la région.

L'utilisation du pétrole, quoique moins ancienne, remonte, elle aussi, assez loin. Ainsi Marco Polo nous apprend que Bakou fournissait de l'huile minérale à plusieurs contrées de l'Asie, même à Bagdad, ce qui prouve que cette industrie compte au moins cinq siècles. Elle avait acquis une telle importance que Bakou devint l'objet de combats acharnés entre les rois d'Arménie et de Perse, jusqu'à l'époque où Pierre le Grand s'en empara. Il est vrai qu'après la mort de ce souverain, Nadir-Chah rentra en possession de Bakou; mais cette ville, ainsi que la presqu'île d'Apchéron, ne tardèrent pas à revenir à la Russie; l'annexion définitive eut lieu en 1801.

A partir de cette époque, l'exploitation se développa de plus en plus. L'État, moyennant une redevance, en accordait le monopole à des particuliers par des concessions dont la durée était, en général, de quatre ans. De 1825 à 1839, la redevance annuelle a varié entre 76 000 et 97 000 roubles (de 250 000 à 300 000 francs), pour une production annuelle de 1 million de gallons.

En 1849, 130 puits étaient en activité. Entre 1850 et 1863, le revenu total a été de 1 195 000 roubles. A partir de cette dernière année jusqu'en 1867, le revenu moyen annuel a été de 162 000 roubles, et enfin, de 1867 à 1872, il est descendu à 136 000 roubles. Pendant ces périodes, la production s'est chiffrée de la manière suivante :

En 1863. . . .	5 484 tonnes.	En 1868. . . .	41 900 tonnes.
1864. . . .	8 700 —	1869. . . .	27 100 —
1865. . . .	8 900 —	1870. . . .	27 500 —
1866. . . .	41 100 —	1871. . . .	22 200 —
1867. . . .	16 100 —	1872. . . .	24 800 —

En 1872, le nombre de puits creusés était de 415, et il y avait

2 puits forés. Le naphte valait alors 0 fr. 45 le poud (environ 70 francs la tonne).

A cette époque, le monopole fut aboli, et le gouvernement fit vendre aux enchères les terres appartenant à la couronne, en imposant un droit sur tout le pétrole produit ; ces terres furent divisées en 17 lots de 10 déciatines chacun (près de 11 hectares) ; quelques lots, très disputés parce qu'ils présentaient des affleurements de naphte et qu'on les croyait, à tort, plus riches que les autres, dépassèrent le prix de 2 millions de francs. Un concessionnaire de 1821, M. Mirzoeff, avait tenu pendant longtemps la première place dans l'industrie du pétrole ; mais, en 1874, la *Compagnie du commerce transcaspien*, appelée plus tard *Compagnie du pétrole de Bakou*, fit forer plusieurs puits et obtint une production considérable, grâce à laquelle elle prit l'avantage sur ses concurrents. A partir de 1875, MM. Nobel frères, Taghieff, Shibaëff, Kokoreff, Palaskowsky, etc., inaugurèrent une ère nouvelle, en adoptant des méthodes perfectionnées pour produire, raffiner et transporter l'huile. La *Société industrielle et commerciale de Naphte mer Cuspienne et mer Noire* fut fondée à Batoum, pour la fabrication des caisses servant au transport de l'huile et c'est alors que commença cette vaste entreprise qui, sous le nom abrégé de *Bnito*, donna essor au pétrole russe, en lui ouvrant les marchés des Indes et de l'Extrême-Orient.

Nous avons dit plus haut que le gouvernement russe avait, en 1872, vendu un certain nombre de terrains. C'est la seule fois qu'il ait pris cette mesure. Depuis cette époque, il en a distribué à des généraux qui s'étaient distingués dans la guerre du Caucase, et il a donné des concessions d'une superficie de 10 déciatines à toute personne qui en faisait la demande, à charge par elle d'y exécuter des travaux de recherche dans un délai maximum de deux années. Le concessionnaire s'engageait, en outre, à payer annuellement une redevance dont le taux, fixé en 1873 à 10 roubles, était variable pour chaque période de douze années, mais sans pouvoir être modifié avant 1896. Dans ces conditions, le contrat est indéfiniment renouvelable. Aux termes de la loi, on ne peut obtenir,

sous le même nom et dans le même district, plus de 10 déciatines à la fois.

L'exploitation des gisements a présenté dans cette région un certain nombre de difficultés tenant surtout à la nature des sources. Les jets trop impétueux dont nous avons parlé précédemment produisent souvent des pertes considérables de naphte, en le répandant en larges nappes sur le sol, où il s'évapore et se trouve



Fig. 10. — Incendie dans une exploitation.

mélangé avec la poussière ou autres matières détritiques. Aussi a-t-on dû construire des appareils destinés à régulariser l'action des sources. Indépendamment de cette cause, un autre fait contribue à la perte d'une notable quantité de naphte; c'est la conflagration à laquelle sont exposés les réservoirs, soit spontanément, soit à la suite d'un contact accidentel avec le feu. De tels phénomènes sont malheureusement très fréquents à Bakou. Contrairement aux prescriptions des autorités, les forages sont établis trop près les uns des autres, et les incendies se propagent aisément d'un puits à l'autre. Il est d'ailleurs difficile de les combattre, à cause de l'atmosphère embrasée qui règne autour des gerbes de feu et ne permet

pas de les approcher, de sorte que l'incendie peut durer pendant plusieurs mois. De tels accidents auraient pu compromettre sérieusement le succès des exploitations de Bakou, si cette contrée n'avait pas été douée aussi heureusement et par le nombre et par la richesse de ses sources.

La distillation du naphthe eut, elle aussi, à lutter à Bakou contre de nombreuses difficultés. La contrée est dépourvue de toute végétation arborescente ou frutescente, et les gîtes de charbon de terre ne se trouvent qu'à une distance considérable. D'ailleurs, il y a une trentaine d'années, la navigation à vapeur n'existait pas encore sur la mer Caspienne. En dépit de tous ces obstacles, une distillerie fut établie, en 1859, à Sarachane. Au bout de trois années, elle fournissait déjà 1 638 000 kilogrammes d'huile d'éclairage (kérosène), et les progrès furent tellement rapides que, malgré les droits dont le gouvernement grevait les opérations de distillation, celles-ci produisirent, en 1881, 183 millions de kilogrammes de kérosène, ce qui, dans l'espace de trente-deux années, donne une augmentation au centuple; aussi, en 1881, l'importation en Russie du pétrole américain annonce une baisse notable, tandis qu'en 1886, l'exportation donne à la Russie un excédent de 2 milliards de kilogrammes.

Pendant la distillation du naphthe, il se dépose dans l'alambic une substance lourde, de teinte noire, que les Russes appellent *ostatki* (restes, résidus) et les Tatars *massout*. Or, comme ces résidus constituent environ 70 pour 100 de l'huile minérale, les fabriques de Tchernogorod et de Sarachane en fournissaient d'immenses quantités dont le poud (16 kil. 38) se vendait au prix minime d'environ 20 centimes. Heureusement l'ingénieur Lenz trouva moyen d'utiliser cette substance, qui était devenue non seulement presque inutile, mais encore une cause d'encombrement fâcheux. Grâce à l'habile chimiste, ce résidu a pu être employé au chauffage des chaudières des bateaux à vapeur, ce qui rendit un grand service à la navigation de la Caspienne, qui d'abord n'eut d'autre combustible que le bois de Saxaul, ou le charbon de terre anglais fort dispendieux. Aussi,

aujourd'hui, les bateaux de la Caspienne ne se servent que de ce



Fig. 11. — Vue d'une fontaine jaillissante.

nouveau genre de combustible, beaucoup plus avantageux que le charbon de terre; car non seulement il revient à bien meilleur

marché et donne tout autant de chaleur, mais encore il occupe moins de place dans le vaisseau et ne cause aucune malpropreté.

L'industrie de Bakou eut encore à combattre deux autres obstacles sérieux : d'abord la difficulté de se procurer, à des prix convenables, des tonneaux pour le transport du naphte, ce qui tient au défaut de végétation arborescente mentionné plus haut; ensuite la position isolée de Bakou, loin de tout marché européen, a apporté de grandes entraves au développement de l'industrie caucasienne. Mais ces deux difficultés sont maintenant singulièrement atténuées. D'une part, les frères Nobel sont parvenus à effectuer le transport du naphte dans des vapeurs-citernes, construits de manière à pouvoir contenir, sans l'aide de tonneaux, des quantités considérables de pétrole, et destinés à conduire celui-ci dans l'intérieur de l'empire par le Volga d'abord, et, lorsque le tirant d'eau du fleuve devient insuffisant, par des bateaux qui exigent un moindre tirant d'eau et par les voies ferrées. D'un autre côté, depuis l'établissement du chemin de fer entre Bakou et Batoum, sur la mer Noire, les produits du Caucase ont, par la mer Noire et la Méditerranée, une seconde voie naturelle pour se répandre en Europe. Enfin, le canal de Suez offre un débouché nouveau vers la mer des Indes. Grâce à tous ces moyens de communication, le pétrole de Bakou peut faire concurrence à celui des États-Unis.

TURKESTAN. — Les vastes steppes situés à l'est de la Caspienne renferment, ainsi que nous l'avons dit, plusieurs régions riches en pétrole; mais elles sont encore incomplètement explorées; on en est donc réduit, de ce côté, à des espérances très brillantes d'ailleurs, si l'on en croit les affirmations de M. P. Tchihatchef. C'est surtout dans la partie du steppe turkmène où se trouvent les Balkans qu'on a constaté la présence de dépôts de pétrole; mais il est certain qu'on ne manquera pas d'en découvrir sur beaucoup d'autres points de cette immense surface. Ainsi, on a observé de nombreux affleurements de dépôts de pétrole dans la vaste région désertique que traversent les cours inférieurs de l'Amou-Daria et du Syr-Daria. Mais ici encore, ce sont autant de trésors intacts

réservés pour l'avenir. En tout cas, l'ingénieur Kranchine évalue à 500 000 kilomètres carrés la surface de la partie du désert turkmène qu'embrasse le Turkestan russe et dont la richesse en pétrole est parfaitement avérée.

GALICIE. — A côté des gisements où la production annuelle se chiffre par millions d'hectolitres, il est curieux de montrer comment sont organisées des exploitations plus modestes jusqu'ici, mais appelées par leur situation géographique à prendre une importance relative. La Galicie est dans ce cas, et nous devons mentionner les entreprises récentes qui ont été créées à la suite d'une étude plus approfondie de la région pétrolifère.

Celle-ci a renfermé, de temps immémorial, des sources jaillissantes dont les habitants recueillaient le pétrole qu'ils employaient à divers usages. La première exploitation sérieuse connue remonte à 1810. A cette époque, Joseph Hecker et Jean Mitis creusèrent des puits dans le district de Drohobycz et commencèrent des essais de distillation. Malheureusement, les cornues furent rapidement usées, et ils se trouvèrent obligés de suspendre leurs travaux en 1818. En 1840, on comptait dans le district de Stanislow 75 puits dont le produit servait à la fabrication de la graisse pour les roues de voitures. Dans la période 1853-1864, Schreiner traita le pétrole par la distillation et fabriqua un lubrifiant de première qualité. Son successeur condensa le produit distillé et en fit une huile d'éclairage. Depuis lors, l'industrie n'a pas cessé de progresser, bien que l'exploitation n'ait eu lieu que dans des conditions modestes.

On a beaucoup écrit, depuis 1860, sur les plaines pétrolifères de la Galicie, et l'on a tenté des efforts considérables pour consacrer fructueusement des capitaux à leur exploitation. C'est surtout en 1865 que ces efforts furent les plus énergiques, à l'époque où les progrès de la production de la Pensylvanie firent naître un nombre considérable d'entreprises d'un caractère plus ou moins expérimental dans l'univers entier.

A l'origine, on retirait le pétrole de l'eau des sources avec laquelle il s'échappait des crevasses des rochers. On l'a ensuite ob-

tenu en creusant des puits, et c'est de cette manière primitive qu'on le recueille encore aujourd'hui. Plus tard, les puits ont été reliés par des galeries, ce qui leur a fait donner le nom de *réseaux de mines*.

L'exploitation du pétrole, à Mraznica, se composait de vieilles mines formées d'environ 40 puits et de nouvelles mines qui en comprenaient à peu près 30. La plus ancienne est en exploitation depuis douze ans et date de l'époque où la fièvre du pétrole bouleversait la Galicie. Les premiers puits furent creusés par une Société de propriétaires du pays, à la profondeur de 100 mètres, et donnèrent des résultats très satisfaisants. On voulut aussitôt régler la production, et, dans ce but, on creusa un grand nombre de puits dans le voisinage immédiat de ceux qui paraissaient les plus abondants. Mais les résultats de cette innovation ne furent pas favorables, et la Société n'arriva pas à obtenir, dans ses 40 puits, une quantité de pétrole supérieure à celle que lui auraient fournie les dix premières exploitations. Il existe, dit-on, une deuxième couche de pétrole que l'on n'a pas encore atteinte, car les puits n'ont pénétré qu'à la profondeur de 100 à 150 mètres.

Après une période de dix ans, la production du pétrole a diminué dans une proportion si considérable qu'il devenait impossible de continuer l'exploitation. Dans ces conditions, la Société se mit à exploiter le nouveau réseau de mines comprenant 30 puits. En novembre 1878, ces puits furent poussés à une profondeur de 20 à 50 mètres, mais sans fournir de traces suffisantes de pétrole. Cet échec est dû, dit-on, à l'épuisement des gisements. Actuellement, l'exploitation a à peu près complètement cessé dans cette région, pour se reporter sur les frontières de la Bukowine, dans les environs de Sloboda, où elle a pris des développements relativement considérables.

C'est en 1771 que le pétrole a été découvert à Sloboda; il fut alors obtenu à la profondeur d'environ 70 pieds, dans deux puits forés pour la recherche du sel. Le rendement fut d'une centaine de kilogrammes par jour. L'un d'eux, le puits Stanislawa, subit ensuite une série d'approfondissements qui augmentèrent constam-

ment son débit; il arriva ainsi jusqu'à 213 mètres en 1884. Depuis cette époque il donne environ 10 barils par jour.

En réalité, le grand développement de Sloboda date seulement de 1881. La surface exploitable est évaluée à 350 hectares et, dans cet espace, tout puits poussé à la profondeur voulue est productif. Les résultats heureux obtenus au début n'ont pas tardé à activer une multitude de spéculateurs, qui ont presque tous fait fortune, malgré l'insuffisance de leurs premières ressources financières et le défaut de connaissances techniques.

La production annuelle de la Galicie s'élevait, dans ces derniers temps, à 300 000 quintaux. Des exploitations assez importantes étaient en activité, notamment celles de Bergheim, qui avait donné plusieurs puits jaillissants; mais aujourd'hui, malgré le nombre considérable de puits forés, la production paraît péricliter, ou du moins présenter un avenir fort incertain.

De nombreuses raffineries de peu d'importance ont été établies dans le pays; il faut mettre hors de pair celle de M. Bidermann, ayant pour directeur technique un habile ingénieur, M. Stepanowski.

Exploitation de l'ozokérite. — L'exploitation de l'ozokérite a pris naissance vers l'année 1860, et elle a actuellement une grande importance. Depuis cette époque jusqu'à l'année 1886, on a extrait environ 330 000 tonnes, valant un peu moins de 200 millions de francs. Aujourd'hui, la production annuelle est de 20 000 tonnes et vaut 12 millions.

Les exploitations occupent environ 250 hectares, et plus de 12 000 puits sont creusés sur ce petit espace; 4000 au moins sont en activité et si rapprochés les uns des autres que souvent ils communiquent entre eux.

On ne peut se faire une idée du spectacle que présente Boryslaw : les propriétaires habitent presque tous une petite hutte construite au-dessus du puits, afin de surveiller les voleurs qui voudraient pénétrer pendant la nuit dans leur exploitation. Les ouvriers sont, pour la plupart, des Polonais qui craignent de descendre dans le puits, et ce n'est qu'en les grisant avec de l'eau-de-vie blanche que

les propriétaires arrivent à les décider. Le vol et la fraude sont communs : tantôt c'est un exploitant qui, la nuit, creuse une galerie de son puits à celui de son voisin et lui enlève une certaine quantité d'ozokérite ; tantôt un autre pousse ses galeries sous le terrain d'autrui. Les différends qui naissent à la suite de ces vols se règlent généralement à coups de couteau ; on se croirait aux jours de la découverte de l'or en Californie. Il faut toutefois ajouter que la population s'épure de jour en jour, et que ces scènes regrettables, encore très fréquentes il y a sept ou huit ans, deviennent de plus en plus rares.

Dans ces dernières années, le prix des terrains a atteint un chiffre fort élevé ; le *jock*, — environ 80 mètres de côté, — vaut communément 160 000 francs. La tonne d'ozokérite brute, prise au puits, se vend environ 500 francs, soit le double du prix du pétrole ; aussi, les habitants de Boryslaw négligent-ils à peu près complètement l'exploitation de cette dernière substance. Celle de l'ozokérite qui sert à la fabrication de la cire minérale fait de grands progrès et est devenue normale. Dernièrement, un *consortium* s'est établi pour grouper l'exploitation sous la direction de la *Creditanstalt* de Vienne et de la maison Bleichræder de Berlin.

DEUXIÈME PARTIE

EXPLOITATION DES GISEMENTS

MÉTHODE GÉNÉRALE. — Le pétrole, en général, ne manifeste pas sa présence, même dans les gisements les plus abondants, sous la forme de sources jaillissantes ou courant à la surface du sol. Quelquefois, en forant des puits, on a vu, surtout au Caucase, des jets de pétrole s'élançant du trou de sonde jusqu'à une hauteur de 80 mètres, ou se déverser tranquillement aux alentours. Ce sont des cas exceptionnels, et la méthode généralement suivie consiste à atteindre par des puits la couche pétrolifère, pour retirer ensuite le pétrole au moyen de pompes.

Les Américains, appelés les premiers à mettre en valeur les richesses souterraines de leurs territoires, ont imaginé dans ce but un matériel et des procédés de forage absolument spéciaux qui se recommandent surtout par la simplicité des organes et la facilité des manœuvres.

Nous allons examiner successivement les méthodes d'exploitation suivies aux États-Unis, au Caucase et en Galicie.

ÉTATS-UNIS.

MATÉRIEL DE SONDAGE DES PUIITS. — *Matériel fixe.* — Mentionnons d'abord une construction rudimentaire pour l'établissement de laquelle on utilise les bois qu'on trouve dans la localité ;

cette construction sert uniquement à protéger les ouvriers et le matériel contre les intempéries.

L'atelier de forage se compose essentiellement d'un chevalement ou *derrick*, sorte de chèvre à quatre montants dont les figures 12 et 13 indiquent suffisamment les dispositions. Le sommet du derrick est placé au-dessus de l'axe du puits futur, et porte une forte poulie qui doit servir à manœuvrer la tige de sondage.

Autour de la charpente, on construit un hangar sous lequel on place une partie du matériel fixe. Celui-ci, qui comprend la machine à vapeur, les treuils, les balanciers, etc., repose sur le sol, sans fondations, par l'intermédiaire de fortes semelles en bois.

La machine à vapeur et son générateur doivent être établis à une certaine distance du puits, une trentaine de mètres environ, afin d'éviter les explosions ou les incendies qui se produiraient en présence d'un dégagement de gaz. La chaudière peut être d'un système quelconque ; le plus souvent, elle est du type tubulaire. On employait autrefois fréquemment les locomobiles, mais on y a renoncé pour revenir aux chaudières fixes. Lorsqu'une même exploitation renferme plusieurs puits voisins les uns des autres, il peut y avoir avantage à établir au centre un seul générateur qui fournit la vapeur aux différents puits.

La machine est généralement de 12 à 15 chevaux et peut marcher indifféremment dans les deux sens. Par l'intermédiaire de sa poulie motrice et d'une courroie, elle met en mouvement la poulie principale ou *band-wheel*, sorte de volant qui commande tous les organes de l'installation.

Le robinet d'admission de vapeur de la machine ou *throttle-valve* est actionné par une poulie à gorge verticale sur laquelle passe une corde sans fin, appelée le *télégraphe* ; cette corde arrive au derrick et passe en cet endroit sur une seconde poulie, où elle se trouve à la portée du foreur. Celui-ci peut ainsi, facilement et sans quitter son poste, manœuvrer le robinet d'admission de la vapeur, c'est-à-dire mettre la machine en mouvement, l'arrêter ou modifier sa vitesse suivant les besoins. Il en est de même du chan-

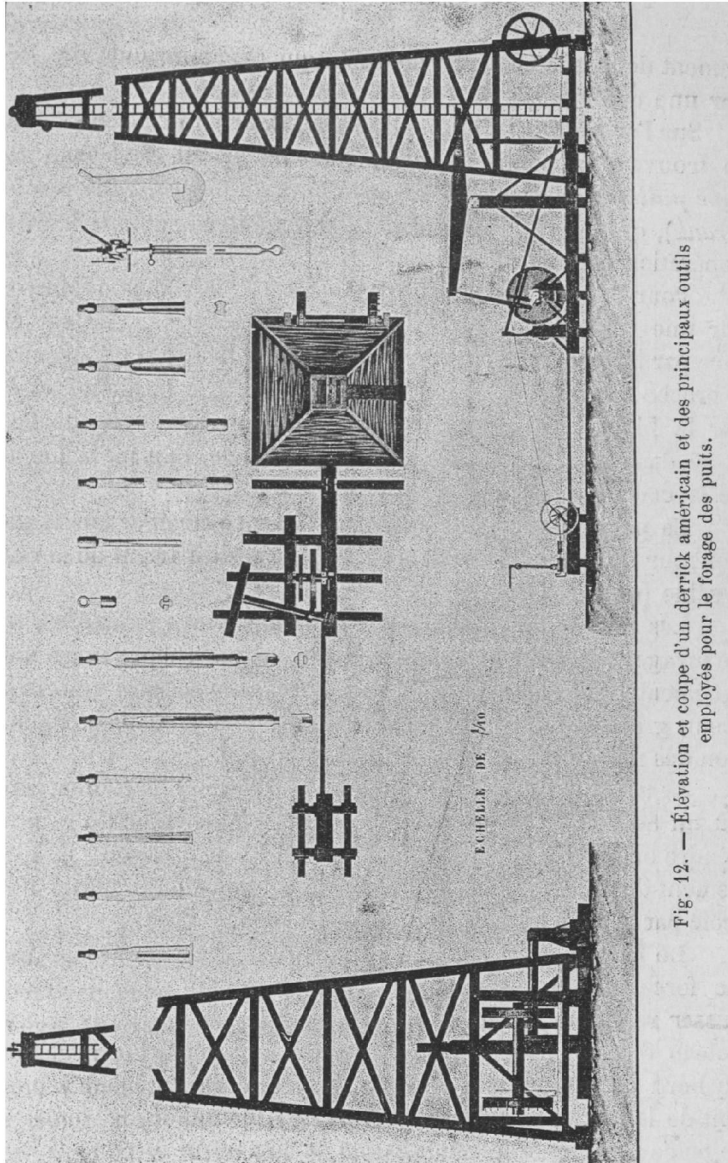


Fig. 12. — Élévation et coupe d'un derrick américain et des principaux outils employés pour le forage des puits.

gement de marche ou *reverse-link*, qui est commandé du derrick par une corde.

Sur l'arbre du volant (*band-wheel*) dont nous venons de parler se trouvent la poulie de commande du treuil de levage (*bull-rope pulley*), qui sert à retirer les outils de forage, et la manivelle (*crank*), qui imprime au balancier un mouvement alternatif dans l'opération même du forage.

Pour le treuil de levage (*bull-wheels*), la transmission se fait par une courroie ou *bull-rope*. Pour le balancier, elle est effectuée par la manivelle (*crank*) percée de six trous, par l'assemblage à broche (*wrist-pin*), qui relie la manivelle à la bielle, et enfin par la bielle (*pitman*) du balancier. L'assemblage à broche est placé dans l'un des six trous de la manivelle, suivant la longueur de la course qu'on désire obtenir.

La poulie principale (*band-wheel*) peut entraîner aussi, par le tambour de friction (*friction-pulley*) l'arbre du treuil de la pompe à sable (*sand-pump*).

Les trois organes principaux que nous avons énumérés, treuil de levage, balancier et pompe à sable, ne marchent jamais simultanément ; leur embrayage et leur débrayage se font très rapidement, grâce aux dispositions de détail adoptées dans la construction des machines.

Le treuil de levage sert dans les travaux préparatoires, jusqu'à 60 ou 80 mètres de profondeur. Il est utilisé ensuite pour descendre ou retirer la tige de sondage au fur et à mesure de l'avancement du travail. Dans ces opérations, son mouvement est contrôlé par le frein à bande (*bull-wheel brake*).

Le balancier est soutenu par une chandelle munie de jambes de force, et animé d'un mouvement alternatif pour soulever et laisser retomber la tige de sondage. Au-dessous de lui se trouve le poteau de tête (*headache-post*), destiné à protéger l'ouvrier qui est au bord du trou, en cas de rupture soit de l'assemblage à broche, soit de la bielle, ce qui entraînerait une bascule du balancier sous le poids de la tige de sondage ; si le fait vient à se produire, le

headache-post limite la chute du balancier à quelques pouces seulement. Pour embrayer ou débrayer le balancier, il faut arrêter la machine à vapeur.

La pompe à sable est aussi mise en mouvement et arrêtée au besoin, au moyen d'un levier, réuni par une bielle au levier vertical qui applique plus ou moins le tambour de friction sur le volant principal.

Nous verrons tout à l'heure comment avec ces appareils s'exécutent les diverses manœuvres des outils.

OUTILS DE FORAGE. — Le forage s'exécute au moyen d'une tige métallique suspendue à une corde ou à un câble. Cette tige, dont le poids est d'environ 950 kilogrammes, se compose de deux parties distinctes placées l'une au-dessus de l'autre. La partie inférieure comprend : 1° le trépan ou burin (*bit*), destiné à briser le roc; c'est une longue et lourde barre de fer taillée en biseau tranchant et se terminant en haut par une vis; 2° une allonge inférieure (*auger-stern*), dont la longueur varie de 28 à 40 pieds; 3° la pièce inférieure des étriers (*jars*).

Dans la partie supérieure de la tige on trouve : 1° la pièce supérieure des étriers (*jars*); 2° une allonge supérieure (*sinker-bar*); 3° la fourchette d'attache de la corde (*rope-socket*).

Les étriers (*jars*), inventés en 1831 par Billy Morris, servent à amortir les chocs dans les manœuvres de la tige de sonde, et, par suite, permettent un avancement plus rapide en prévenant des accidents. Ils ressemblent à deux anneaux plats de chaîne, munis l'un d'une vis mâle et l'autre d'une vis femelle; les rainures ont 21 pouces de longueur et les têtes 8 pouces de profondeur, laissant ainsi un jeu de 13 pouces. Lorsqu'on relève la tige de sondage, les deux étriers s'écartent l'un de l'autre, de telle sorte que le déplacement de l'allonge inférieure est moindre que celui de l'allonge supérieure; au contraire, quand la tige retombe, les étriers rentrent l'un dans l'autre et empêchent l'allonge supérieure de recevoir le contre-coup du choc du trépan sur le roc.

Les six pièces qui composent la tige de sondage sont ratta-

chées par des assemblages à vis mâle et femelle, la partie mâle présentant un renforcement sur lequel vient reposer la partie femelle quand le vissage est à fond. De plus, sur le renflement du trépan sont ménagées, à deux hauteurs différentes et suivant deux diamètres perpendiculaires entre eux, deux paires d'épaulements. Ces épaulements sont saisis dans la clef de retenue (*wrench*) qui maintient le trépan immobile et permet, quand on veut le remplacer, de dévisser l'allonge inférieure. Pour empêcher la clef de retenue de tourner elle-même dans cette opération, l'extrémité de son manche est prise dans un ergot fixé sur le plat-bord du trou de sonde.

Dans la période préparatoire, lorsqu'on fait le sondage à la corde, la tige de sonde est suspendue à la corde par l'anneau d'attache (*ring-socket*). Pour les profondeurs supérieures à 80 mètres, on se sert du balancier et 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*).

Cette dernière pièce se compose de deux parties : 1° les griffes qui saisissent le câble au moyen d'une vis de serrage ; 2° la vis qui passe dans un écrou en deux pièces, à la partie inférieure de deux montants verticaux terminés en haut par un anneau ; les griffes et la vis sont reliées par des anneaux. Le *temper-screw* est attaché par un crochet à l'extrémité du balancier ; il se manœuvre au moyen d'un petit volant. On comprend qu'en tournant la vis, celle-ci descend et, du même coup, fait avancer toute la tige de sonde qui lui est suspendue.

Nous indiquons ci-dessous les longueurs et poids des différents outils dont nous venons de parler :

	Longueur.	Poids.
Trépan	3 pieds 3 pouces (0 ^m ,975)	140 livres (63 ^k ,5).
Allonge inférieure.	30 — 0 — (9 ^m ,00)	1020 — (462 ^k ,0).
Étriers	7 — 4 — (2 ^m ,20)	320 — (144 ^k ,0).
Allonge supérieure.	18 — 0 — (5 ^m ,40)	540 — (244 ^k ,0).
Fourchette d'attache.	3 — 6 — (1 ^m ,05)	80 — (36 ^k ,5).

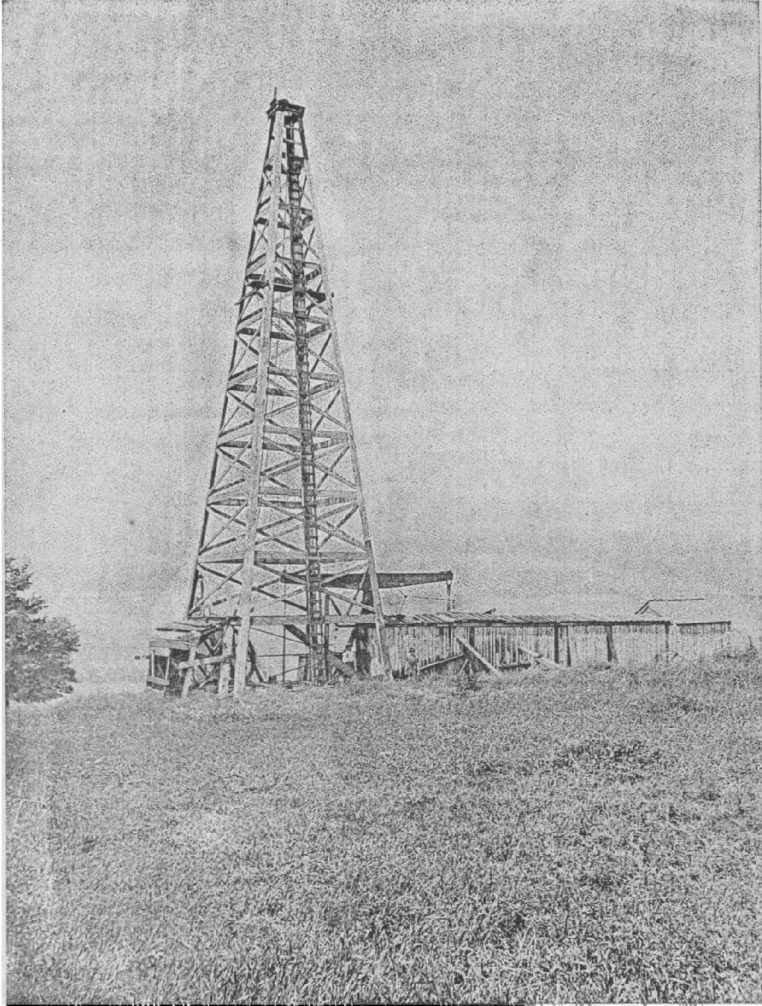


Fig. 13. — Vue d'un derrick.

Quant à la vis d'avancement, elle pèse 145 livres (66 kilogrammes);

ses montants ont 1,5 sur 5/8 pouce et 4 pieds 6 pouces de long (1^m,35) ; la vis même a 1 pouce 3/8 de diamètre et 4 pieds (1^m,20) de longueur.

Tous les outils sont faits en acier ou en fer de Norvège de la meilleure qualité.

FORAGE DES PUIITS. — Sondage à la corde. — La première opération consiste en un forage à la corde. A ce moment, la tige de sonde se compose uniquement de la tarière ou trépan (*drill*), de l'allonge inférieure (*auger-stem*) et de l'anneau d'attache (*ring-socket*). La manœuvre se fait de la manière suivante.

On passe sur la poulie du chevalement placée au haut du derrick, au-dessus du point où le puits doit être creusé, une corde assez courte dont on fixe une des extrémités à l'anneau d'attache. L'autre bout est laissé libre après avoir été enroulé deux ou trois fois sur l'arbre du treuil de levage. Cela fait, on embraye ce dernier et l'on met la machine en marche.

Un homme, placé devant le treuil, saisit alors le bout libre de la corde et le tend légèrement, de manière à appliquer la corde sur l'arbre du treuil. Cette dernière se trouve entraînée dans le mouvement de rotation, et la tige de sondage s'élève jusqu'au haut du derrick. Il suffit alors de laisser aller la corde pour qu'elle se desserre et que la tige retombe. L'élévation et la descente de l'outil se produisent ainsi par un mouvement de va-et-vient de la main.

Tubage. — Au bout de quelque temps, il faut procéder à l'opération du tubage. Elle consiste à garnir le puits d'un revêtement métallique qui se compose du coffrage supérieur (*drive-pipe*) et du tubage proprement dit (*casing*) ; le premier présente plus de largeur et n'est pas très long ; l'autre, au contraire, est étroit et descend beaucoup plus bas.

Le tubage est forcé dans le sol au moyen d'un mouton (*mall*) ou masse qui bat le tube ; celui-ci est protégé par un fort chapeau (*heavy-cap*) en fer contre les ruptures qui pourraient se produire de ce chef. La manœuvre du mouton se fait comme celle que nous venons d'indiquer pour la tige.

On continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait atteint une profondeur suffisante pour qu'on puisse introduire une tige complète telle que nous l'avons décrite plus haut. On interrompt alors le forage à la corde et l'on commence l'installation de la tige de sonde.

Installation de la tige de sonde. — Cette tige se manœuvre au moyen d'un câble; il s'agit d'abord de placer celui-ci. On amène dans le derrick la bobine sur laquelle il est enroulé, et on attache son extrémité libre au bout de la corde qui était précédemment relié à l'anneau d'attache (*ring-socket*); en tirant sur cette corde, on fait passer le câble sur la poulie du chevalement et on l'amène à l'arbre du treuil de levage sur lequel on le fixe. On met alors la machine à vapeur en marche; le treuil tourne et entraîne dans son mouvement le câble dont on surveille l'enroulement avec soin. Cela fait, on attache à la fourchette l'autre extrémité du câble qui pend au-dessous de la poulie du chevalement et l'on visse les différentes pièces de la tige de sonde les unes au bout des autres.

Les joints une fois bien assurés, on laisse descendre la tige dans le puits en se servant du frein à bande. On place alors la manivelle du balancier; on élève la bielle et on l'emmanche sur l'assemblage à broche où on la fixe au moyen d'une clef et de coins. Puis on suspend la vis d'avancement au crochet du balancier et on fait tourner le treuil de levage jusqu'à ce que la corde soit tendue et que les étriers aient pris leur position normale. Cela fait, on saisit le câble dans les griffes de la vis d'avancement que l'on assujettit fortement au moyen de la vis de serrage, et on le détache du treuil de levage. La tige de sonde, qui était précédemment suspendue à la poulie du chevalement, se trouve alors portée par le balancier.

Il est bon de laisser libre sur le plancher du derrick une longueur de câble d'environ 15 ou 20 pieds, de façon à assurer une liberté entière au mouvement de la tige. Lorsque celle-ci tourne dans le même sens pendant quelque temps, le bout libre s'enroule autour du câble; puis il se déroule lorsque l'outil tourne en sens contraire. Cette précaution permet de donner au trou une forme circulaire.

Travail de la tige de sonde. — Ces opérations préliminaires terminées, le travail commence. On met la machine en marche, et le balancier, dans le mouvement de bascule qui lui est imprimé par le volant principal, fait alternativement monter et descendre la tige et, par suite, le trépan, qui broie la roche sous ses coups répétés.

A partir de ce moment, le forage se poursuit nuit et jour, à moins qu'un accident ne vienne en rompre la monotonie, avec deux équipes, composées chacune d'un foreur et d'un mécanicien forgeron, qui se relayent tour à tour. Pendant que le balancier s'élève et s'abaisse, le foreur fait tourner l'outil au moyen d'un petit levier engagé dans la vis d'avancement; il surveille en même temps les étriers et agit à intervalles convenables sur la vis, de manière à faire descendre la tige, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment.

Lorsqu'on a donné à la vis d'avancement tout le déplacement qu'elle est susceptible d'avoir, ou lorsque le forage avance assez lentement pour faire supposer que le trépan attaque des roches très dures et qu'il a besoin d'être affûté, le foreur arrange le câble libre sur le plancher du derrick, de manière à ne pas craindre de nœuds, et il avertit le mécanicien que tout est prêt pour la remontée.

Remontée de la tige de sonde. — Le foreur embraye le treuil de levage et se porte rapidement au frein à bande, tandis que le mécanicien règle l'admission de la vapeur; le balancier et le treuil sont alors tous les deux en mouvement; mais, dès que tout le câble libre est pris, un des hommes arrête la machine en même temps que l'autre maintient le treuil avec le frein. Le poids des outils se trouve ainsi transporté de la vis d'avancement sur la poulie du chevalement. Cette manœuvre exige de l'attention et une certaine expérience, car la moindre erreur produirait infailliblement un accident.

C'est l'affaire d'un moment pour relâcher les griffes de la vis qui maintiennent le câble, desserrer la bielle de l'assemblage à broche et abaisser cette dernière. On élève ainsi l'extrémité du balancier à laquelle la vis d'avancement est suspendue, et on déplace l'ensemble de manière à laisser toute liberté aux mouvements du

câble et des outils. Cela fait, on remet la machine à vapeur en marche, et l'outil recommence son ascension sous l'action du treuil, jusqu'à ce que l'extrémité de l'allonge inférieure apparaisse hors du puits. A ce moment, on arrête la machine.

On saisit alors l'épaulement du trépan avec la clef de retenue dont on arrête le manche par l'ergot placé sur le plat-bord du trou de sonde. On prend l'épaulement de l'allonge inférieure avec une

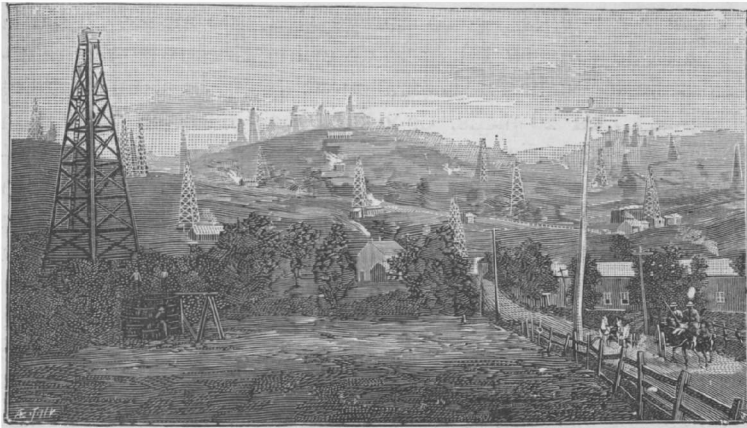


Fig. 14. — Exploitation de sources de pétrole.

seconde clef; puis on introduit un fort levier dans un des trous pratiqués sur le plancher du derrick suivant une circonférence ayant un rayon un peu inférieur à la longueur de la poignée de la clef de retenue de l'allonge, et on applique cette poignée contre le levier. Les deux hommes agissent vigoureusement sur ce dernier, de façon à rompre le joint, ou, en d'autres termes, à desserrer un peu l'assemblage à vis qui relie l'allonge et le trépan, la séparation complète des deux pièces n'étant effectuée que plus tard et à la main, lorsque le trépan est sur le plancher du derrick.

On enlève les clefs de retenue, on remet la machine en marche et le trépan sort du puits. Le foreur, débrayant alors d'une main la

transmission du treuil fait, de l'autre, agir le frein à bande, de manière à soutenir les outils à quelques pouces au-dessus du sol. Au même instant, le mécanicien arrête sa machine pour l'empêcher de s'emballer par suite de la suppression brusque de tout travail.

Il ne reste plus qu'à déplacer latéralement les outils qui se trouvent encore au-dessus du puits, pour pouvoir commencer le curage.

Curage du puits. — Le curage s'effectue au moyen de la pompe à sable (*sand-pump*), sorte de cylindre creux en fer galvanisé, dont la longueur est généralement de 6 pieds, mais atteint quelquefois 15 ou 20 pieds. Ce cylindre est muni en haut d'un contrefort et en bas d'une soupape à tige (*stem-valve*); il est suspendu à un câble de $7/8$ de pouce de diamètre qui passe sur une poulie spéciale placée au haut du derrick et se rend ensuite au treuil de la pompe; celui-ci est manœuvré du derrick même au moyen d'un levier à main et de leviers de transmission. Il suffit d'appuyer légèrement sur le levier pour amener la poulie de friction en contact avec la poulie principale de la transmission; le câble de la pompe s'enroule rapidement, et celle-ci, qui est ordinairement dans un coin, se trouve transportée et élevée au centre du derrick. On abandonne alors le levier; le contact cesse entre les deux poulies et la pompe descend dans le puits par son propre poids; la vitesse de cette descente se règle au moyen du levier avec lequel on applique la poulie de friction soit contre la poulie principale, soit contre le poteau-frein.

Pendant cette opération, le sable qui encombre le puits pénètre dans la pompe et la remplit en faisant fermer sous son poids la soupape à tige. Aussitôt que l'appareil a atteint le fond, on augmente l'admission de la machine, on porte le levier en avant et on le maintient fermement dans cette position pendant que la pompe monte avec rapidité.

Chaque fois que l'on retire la tige de sonde, il faut descendre la pompe plusieurs fois, de manière que les poussières et les éclats

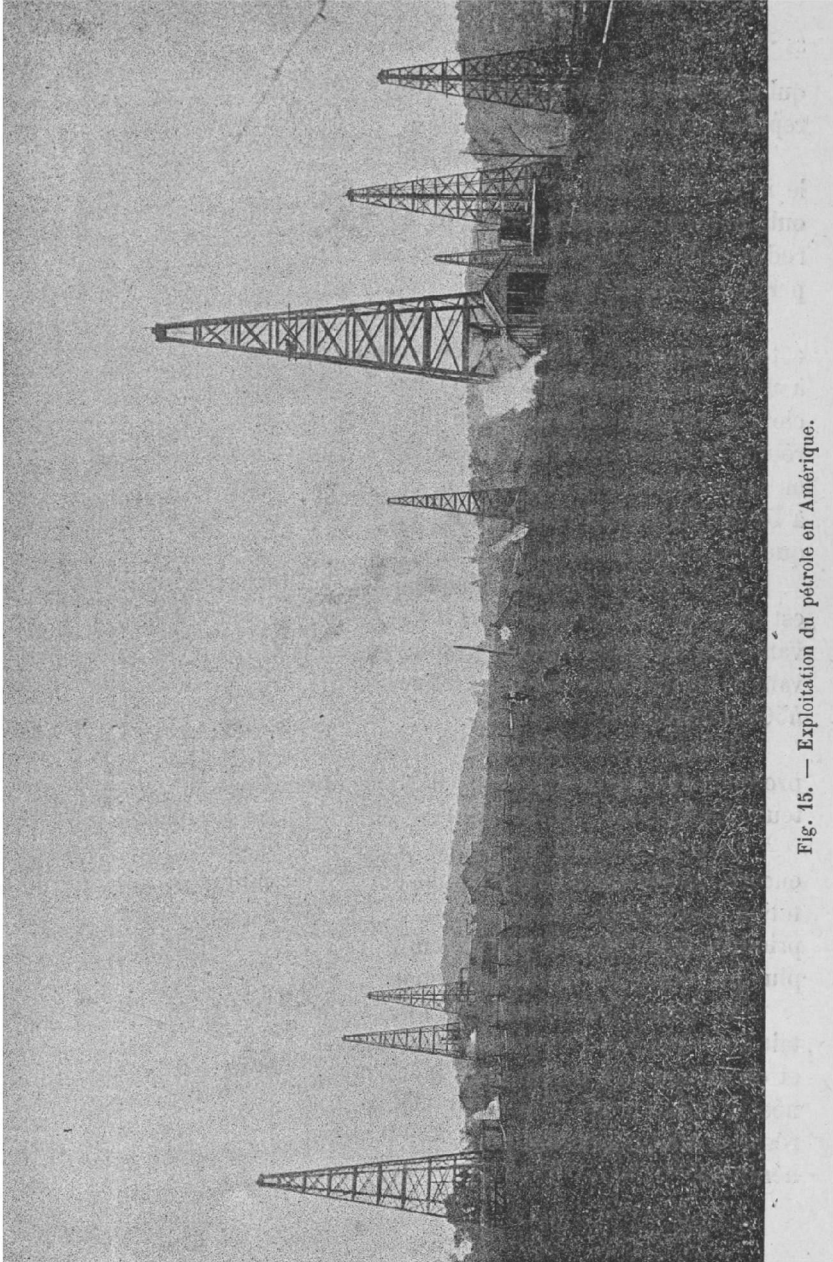


Fig. 15. — Exploitation du pétrole en Amérique.

qui sont dans le puits soient complètement enlevés, et que, à la reprise du forage, le trépan agisse directement sur la roche.

Le curage est effectué par un seul ouvrier ; pendant sa durée, le mécanicien dévisse le trépan émoussé et le remplace par un outil nouveau, de telle sorte que, aussitôt la pompe retirée, on peut redescendre la tige de sondage ; de cette manière, il n'y a pas perte de temps.

Lorsque le curage est terminé, on relègue la pompe sur le côté, on reprend les outils et on les amène, en agissant sur le frein, à une faible distance de l'ouverture du puits. On replace alors les clefs de retenue et, au moyen du levier, on serre à fond la vis qui réunit le trépan à l'allonge inférieure. Puis on enlève les clefs et on laisse descendre la tige, dont on règle le mouvement par le frein à bande. Le travail recommence ensuite, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Prix d'un forage. — L'installation que nous venons de décrire est celle qui est adoptée dans les régions pétrolifères de la Pensylvanie, où les puits ont une grande profondeur et où les outils servant à les creuser doivent être très forts ; elle revient environ à 4500 dollars.

Dans les districts de Franklin, Mecca et Belden, les puits sont peu profonds et exigent des appareils relativement simples et peu coûteux. La dépense dans ce cas n'est guère supérieure à 1500 dollars.

Dans la Virginie occidentale et le sud de l'Ohio, on emploie encore les systèmes économiques des premières années de l'exploitation américaine. Les frais sont moins élevés, mais les appareils primitifs disparaissent peu à peu, et l'on a recours aux procédés plus perfectionnés dont nous venons de parler.

Au Canada, au contraire, le forage d'un puits de 475 pieds coûtait autrefois fort cher ; on a donc cherché à réduire les dépenses, et on est arrivé à les ramener de 15 000 à 2500 dollars. Étant donnée la faible production quotidienne des puits de cette région, ce résultat était nécessaire pour que l'exploitation pût devenir rémunératrice.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UN PUIT EN SERVICE. — Dans le forage des puits à pétrole, on est exposé à rencontrer : 1° des eaux prove-

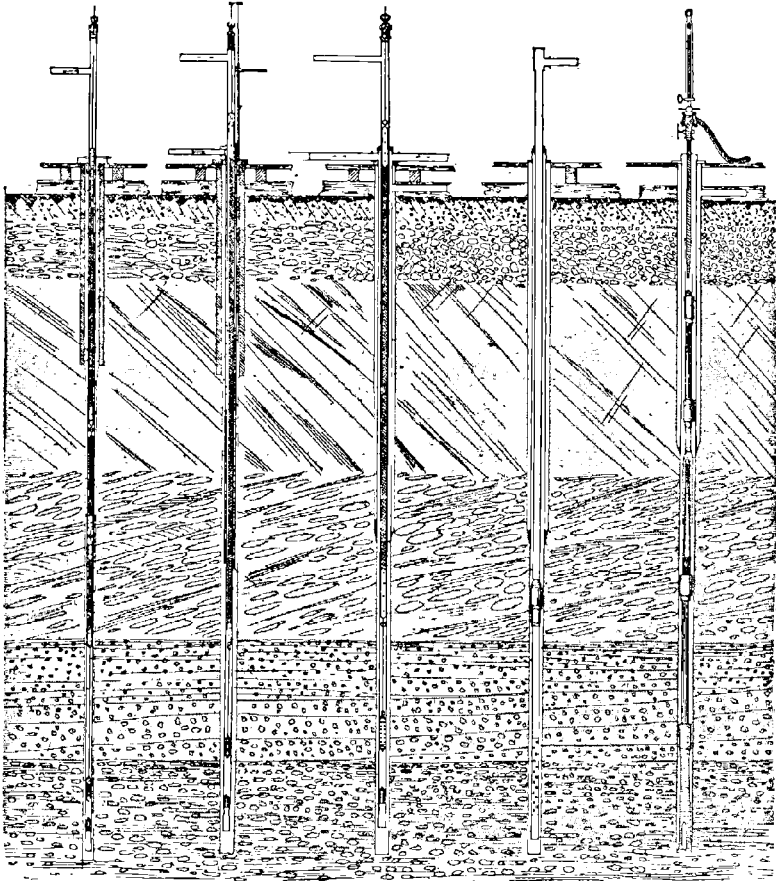


Fig. 16. — Coupes de différents puits montrant divers systèmes de tubages.

nant des couches supérieures et tendant à pénétrer dans le puits ; 2° des dégagements de gaz naturel inflammable pouvant former avec l'air des mélanges explosifs.

Pour combattre les infiltrations d'eau, on employait primitivement le sac de graine de lin (*sed-bag*), c'est-à-dire un fourreau en toile placé autour du tubage du puits et rempli de graine de lin; cette dernière se gonflait en se mouillant et formait alors un joint étanche entre les parois du trou de sonde et le tube. On a conservé souvent cette pratique, mais depuis quelques années on tend à compléter ou à remplacer le sac de graine de lin par une garniture spéciale (*packer*), constituée par une sorte de cuir embouti, monté sur une bague en fer autour du tubage : la pression de l'eau suffit à assurer l'étanchéité de ce joint.

Pour assurer le départ du gaz naturel, la partie supérieure du puits forme une chambre complètement fermée; la tige de la pompe ou la conduite du pétrole en sort par un presse-étoupe, tandis qu'un ou plusieurs tuyaux disposés au voisinage du plancher permettent de recueillir le gaz; on peut alors l'utiliser en le brûlant, ou bien le laisser perdre dans l'air.

Voici comment on opérait en 1861. Dans les premiers terrains traversés, le puits est protégé par un coffrage en bois; puis le tube se prolonge seul à l'intérieur du trou de sonde; les eaux d'infiltration sont arrêtées par le sac de graine de lin; le tuyau d'extraction renferme la tige de pompe, et finalement la pompe qui aspire et refoule le pétrole fourni par les sables. Le jeu laissé entre la tige de pompe et le tube offre un passage suffisant au liquide qui se rend au réservoir par la conduite de décharge.

Dans le puits type de 1868, on trouve un cuvelage en tuyaux de fonte, et en outre un tubage qui descend à une plus grande profondeur. Le tuyau d'extraction est à l'intérieur avec la tige de pompe et la pompe. Les infiltrations d'eau sont arrêtées par le cuir embouti le sac de graine de lin. Le gaz naturel peut s'échapper par l'espace libre entre le tubage et le tuyau pour se rendre à la conduite de gaz. Le pétrole est aspiré et refoulé jusqu'à la conduite de décharge. Enfin, une pompe auxiliaire, dont le tuyau est logé dans le coffrage et dans l'espace libre ménagé entre le tubage et les parois du trou de sonde, permet de prendre l'eau

nécessaire au service de la chaudière à vapeur et de vider le haut du puits.

Dans le puits type de 1878, le tubage en fer est descendu jusqu'au-dessous des terrains aquifères, et le diamètre du puits est alors réduit à partir de l'extrémité inférieure du tubage qui arrête complètement les infiltrations d'eau. Le puits est dit alors foré à sec.

Dans un autre système adopté en 1880, le pétrole sort sans le secours d'une pompe. Les infiltrations d'eau sont arrêtées par un cuir embouti d'un système spécial. On remarquera que le puits est foré jusqu'au fond au diamètre du tubage qui, lui, s'arrête au-dessous des terrains aquifères de la surface.

Dans certains cas, la tige de sonde et sa corde sont placées dans le trou de sonde et rattachées par la vis d'avancement (*temper screw*) au crochet du balancier. Le puits est muni d'un double tubage avec conduite spéciale pour le gaz naturel, s'il s'en rencontre.

Lorsqu'un puits est foré jusqu'aux terrains pétrolifères, il peut arriver que le pétrole, sous la pression du gaz naturel, jaillisse ou coule à la surface du sol. Cette circonstance, qui se rencontre encore assez fréquemment au Caucase, est rare aux États-Unis, où les puits se comptent par milliers sur des espaces relativement restreints. En général, il faut pomper le pétrole.

Dans quelques exploitations, le piston aspirant était introduit dans le puits immédiatement après le sac de graine de lin; on attendait quelques minutes pour laisser à celui-ci le temps de se gonfler, puis on reliait la tige du piston au balancier et l'on faisait marcher la pompe pour enlever l'eau située au-dessous du sac. Une fois cette eau enlevée, la diminution de pression qui en résultait permettait au gaz et à l'huile d'arriver à la surface.

Dans les puits à tubage, on enlevait l'eau qui garnissait l'espace compris entre le tube d'extraction et le tubage; cette eau se trouvait remplacée par l'huile, qui s'élevait ensuite graduellement.

Les puits forés à sec, où l'on n'a pas d'eau à extraire, ont

amené la méthode de pompage ; on pompe alors tant qu'il y a de l'huile dans le puits.

Quelquefois, lorsqu'on n'obtient plus de pétrole, on applique des pompes à air au moyen desquelles on produit un vide partiel qui permet à l'huile renfermée dans les roches latérales de s'écouler dans le puits. Dans tous les cas, la tige de la pompe est actionnée par le balancier même qui a servi pour le forage.

TRANSPORT DU PÉTROLE. — Le puits foré, l'extraction se poursuit, soit par l'écoulement naturel du pétrole, soit par aspiration et refoulement au moyen de la pompe. Le liquide est ensuite emmagasiné dans des récipients (*tarck*) en bois ou en tôle, qu'on a le soin de protéger par un toit léger contre les intempéries de l'air et dont la capacité est de 250 barils. Il reste alors à expédier aux raffineries le pétrole contenu dans ces récipients.

Au début de l'exploitation des gisements, cette opération a présenté de sérieuses difficultés. La seule méthode consistait alors à mettre l'huile dans des barils de chêne de 40 à 42 gallons américains (le gallon américain vaut 3^l,78, de sorte que le baril représente de 150 à 158 litres), et à conduire ces barils en chariots jusqu'à la rivière d'Oil-Creek, où ils étaient chargés sur des péniches ou vidés dans des barques d'une contenance de 2000 barils. Mais les barques étaient insuffisantes ; on réunissait alors un certain nombre de barils et on en faisait des radeaux qu'on livrait au fil de l'eau. Il y avait dans ces deux procédés de nombreuses causes de détérioration des barils.

En 1862, l'ouverture d'une ligne de chemin de fer dans la vallée de l'Alleghany permit de transporter plus facilement le pétrole à Pittsburg ; mais les pertes qui se produisaient entraînèrent l'abandon des barils, et, en 1865-1866, on commença à se servir de wagons-citernes ; c'étaient des plates-formes ordinaires portant deux baquets en bois, d'une capacité totale de 2000 à 4000 gallons (de 7560 à 15120 litres).

Ce fut en 1871 que l'on remplaça ces baquets en bois par des cylindres en tôle de fer encore employés aujourd'hui dans les

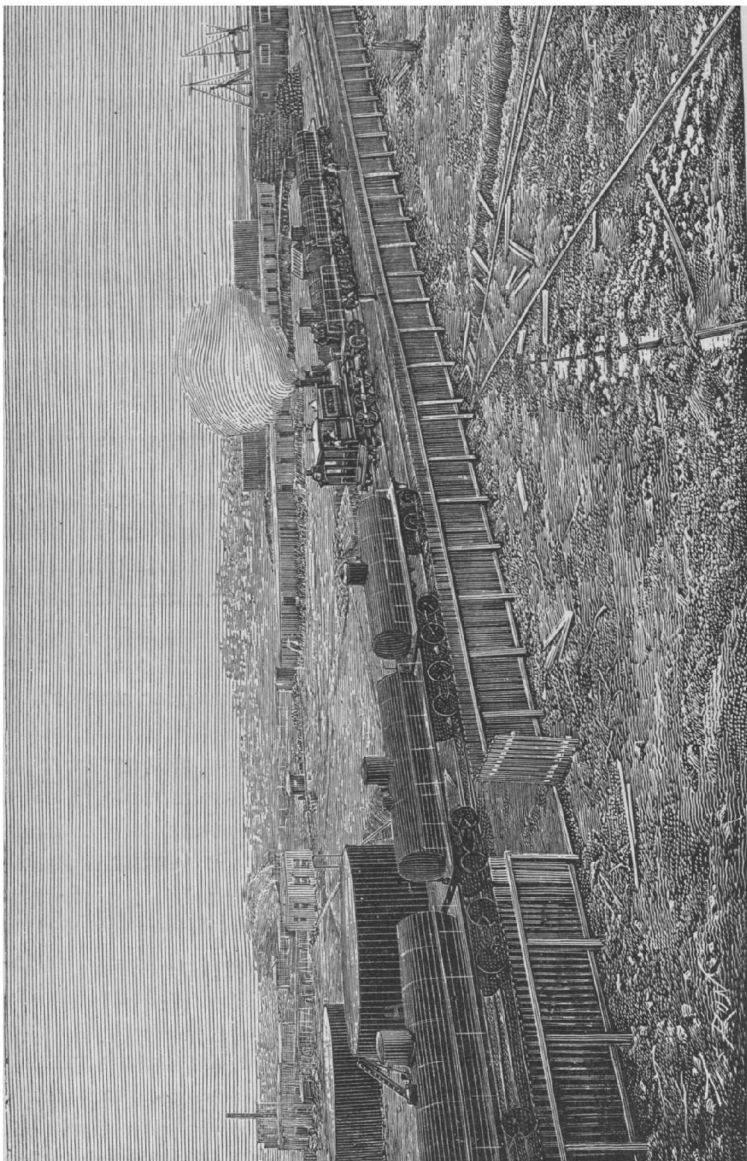


Fig. 17. — Transport du pétrole par les wagons-citernes en Amérique.

transports par voie ferrée. Le wagon-réservoir actuel consiste en un cylindre construit comme une chaudière horizontale, surmonté comme celle-ci d'un dôme, et muni d'une soupape au sommet du dôme et d'un robinet au bas, au moyen desquels il peut être rempli et vidé. Pour une capacité de 4500 à 5000 gallons (de 17 000 à 18 900 litres), le cylindre mesure 24 pieds 6 pouces (7^m,35) de longueur et 66 pouces (1^m,65) de diamètre.

En même temps on améliorait la construction des bateaux-citernes, d'abord très défectueux; on les divisait en huit compartiments, avec pont étanche, et on leur donnait des dimensions de 130 pieds (40 mètres) sur 22 pieds (6^m,60) et 16 pieds (4^m,80), soit une capacité de 2200 barils, ce qui correspond à environ 347 600 litres de liquide.

Tous ces procédés, relativement primitifs, ne répondaient pas aux besoins d'une production dont le développement dépassait toute attente. Aussi, dès 1860, le général S.-D. Karns émettait l'avis de créer un réseau de conduites pour recueillir et amener le pétrole de Burning-Springs à Parkesburgh, en profitant simplement de la pente naturelle du sol. Plus tard, M. Hutchinson proposait de conduire le pétrole à toute distance, en le refoulant dans une canalisation spéciale.

Malgré l'opposition souvent violente des entrepreneurs de transport, la supériorité du système Hutchinson fut promptement reconnue; et, actuellement, les canalisations souterraines désignées sous le nom de *pipe-lines* (lignes de tuyaux) forment, non seulement un réseau complet dans les régions pétrolifères, mais elles se prolongent par différentes artères principales, depuis ces régions jusqu'aux raffineries établies dans les centres de Pittsburg, Philadelphie, New-York, Baltimore, Cleveland et Buffalo. La première de ces villes fournit le débouché commercial des vallées de l'Ohio et du Mississipi; les deux dernières sont les ports d'embarquement sur les lacs intérieurs et les trois autres sont les ports d'exportation extérieure.

Organisation du réseau des pipe-lines. — Des récipients ou

réservoirs placés près des puits partent des tuyaux de 2 pouces de

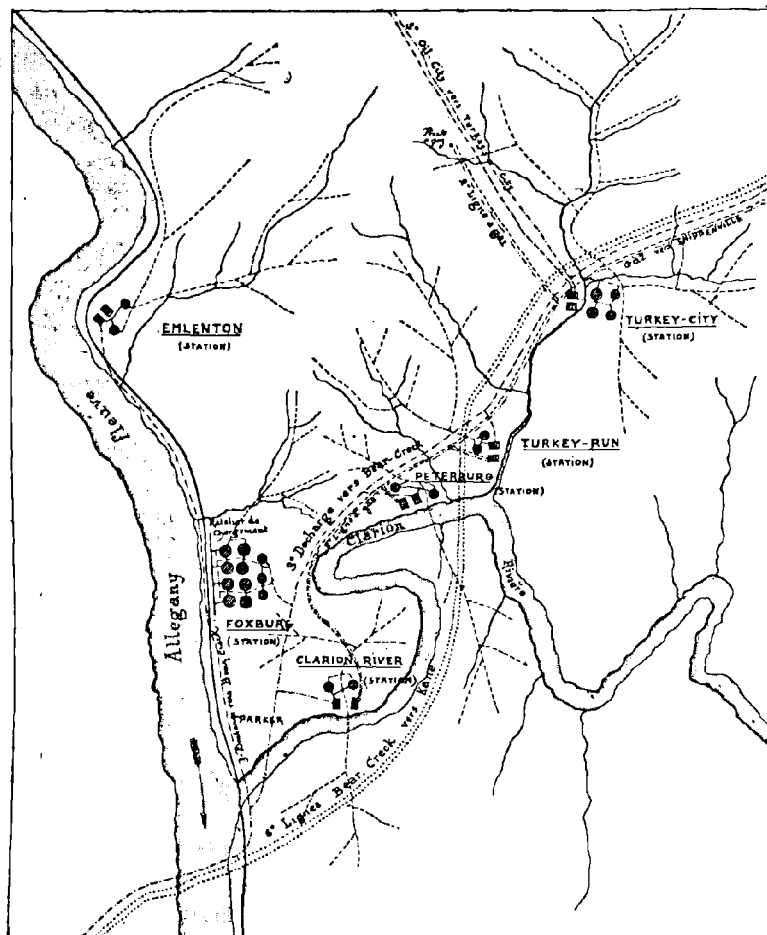


Fig. 18. — Réseau de pipe-lines de la station de Foxburg.

diamètre (50 millimètres), qui se réunissent vers le point central de la région où se trouve une station secondaire. Des robinets et des

vannes permettent d'établir ou d'interrompre l'écoulement du pétrole. Généralement, cet écoulement est dû à la pente du terrain; mais il arrive quelquefois que la canalisation doit passer par-dessus une montagne, auquel cas il faut avoir recours à des pompes de refoulement. On emploie aussi pour le même usage des conduites de 3, 4, 5 et 6 pouces.

Cette partie du réseau est modifiée chaque jour; il faut constamment poser des conduites pour les nouveaux puits et enlever celles des puits abandonnés, toutes opérations qui occupent un nombreux personnel. Aussi est-il impossible d'évaluer la longueur totale du réseau, qui est d'ailleurs considérable; les conduites de 2 pouces se rencontrent partout; elles suivent les rues des villes, traversent les champs et les jardins, passent au-dessus, au-dessous et le long des routes pour aboutir aux stations secondaires de pompes. De là le liquide est refoulé vers les râteliers de chargement (*racks*) ou vers les stations principales, d'où des pompes l'envoient sur les grandes lignes dont nous avons parlé tout à l'heure.

Les râteliers de chargement servent à amener l'huile des conduites dans les wagons-citernes des voies ferrées; ils sont disposés de façon à permettre de charger simultanément les wagons d'un même train, quel que soit le nombre de ces derniers, et sont construits sur le type général suivant. La ligne arrive parallèlement à la voie et porte des tuyaux perpendiculaires à sa direction; ces tuyaux, distants les uns des autres d'un intervalle égal à la longueur d'un wagon, sont munis d'un robinet d'arrêt et d'un coude sur lequel est fixé un tuyau mobile, ordinairement en étain, assez long pour atteindre le trou d'homme du wagon-citerne lorsque celui-ci est sur la voie. Il suffit alors, pour charger tout un train, de l'amener devant le râtelier, d'enlever les plaques des trous d'homme et d'introduire dans ceux-ci les bouts des tuyaux d'étain. Le chargement s'effectue ainsi en une heure et demie.

Les stations principales de pompes servent à refouler le liquide sur les grandes artères de la canalisation; elles se composent d'un bâtiment dans lequel sont installés un générateur de vapeur et une

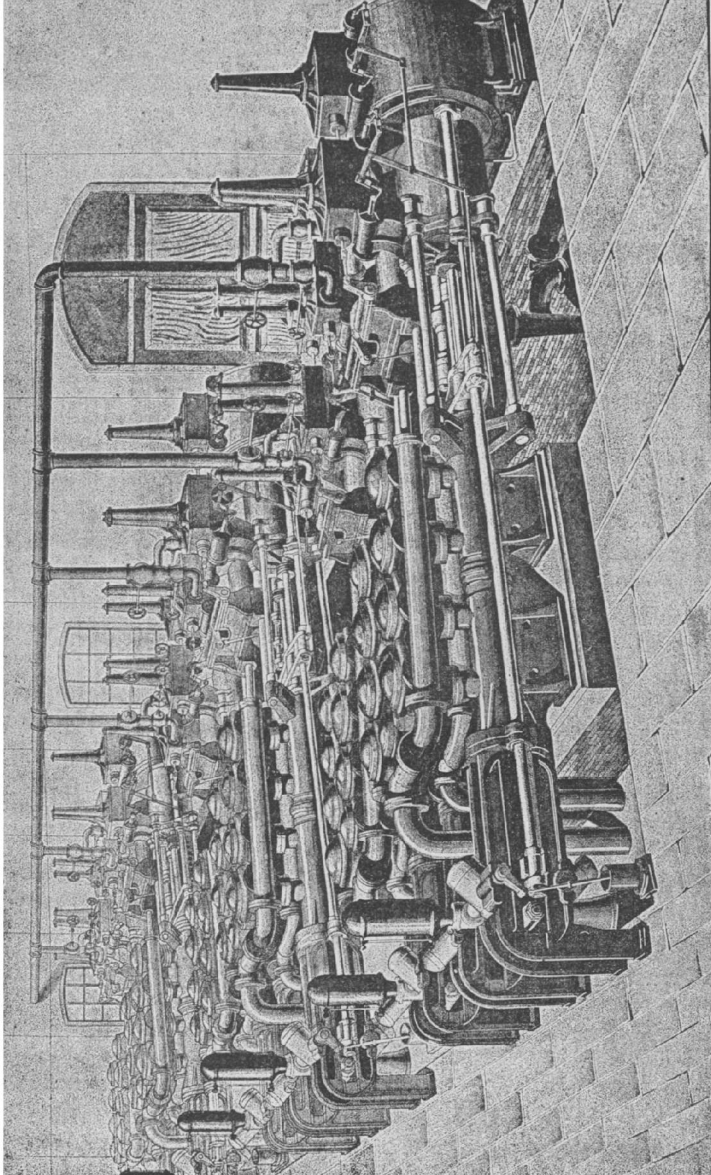


Fig. 19. — Station de pompes pour le transport du pétrole par pipe-lines.

pompe, généralement du système Worthington. Les pompes de ces usines doivent être très puissantes et fournir une pression de 1200 à 1500 livres par pouce carré (de 75 à 100 kilogrammes par centimètre carré). Elles ont, en effet, à vaincre une résistance considérable produite par les dénivellations du terrain sur lequel sont établies les conduites et aussi par le frottement de l'huile sur la surface intérieure des tuyaux. Ce frottement, qui augmente rapidement avec la vitesse d'écoulement du pétrole, est beaucoup plus grand qu'on ne pourrait le croire au premier abord ; ainsi sur la ligne de Rixford à Williamsport, dont la longueur est de 108 milles (173 kilomètres), il atteint, avec une conduite de 6 pouces (150 millimètres) de diamètre, la valeur d'une colonne de pétrole de 700 pieds de hauteur (210 mètres), c'est-à-dire que, si les deux extrémités de la ligne avaient une différence de niveau de 700 pieds et que la pente fût uniforme sur toute la longueur, le frottement suffirait à réduire considérablement le débit.

Les conduites qui servent à transporter le pétrole de la Pensylvanie dans les raffineries des ports d'embarquement ont, pour la plupart, 6 pouces de diamètre. Il ne serait pas pratique de refouler le liquide avec la pompe de tête sur toute la longueur d'une ligne ; on a donc divisé celle-ci en sections par des stations auxiliaires placées à environ 30 milles de distance. Ces stations comprennent des réservoirs en tôle d'une capacité de 35 000 barils, où le pétrole arrive sous l'action de la pompe de la station précédente et d'où il est puisé par l'usine pour être refoulé sur la section suivante.

Il peut arriver quelquefois que les conduites s'encrassent et que l'écoulement du liquide devienne plus difficile. Pour y remédier, on a recours au *go-devil* (passe-diable). Cet appareil consiste en une brosse en fils d'acier, de forme conique, ayant à la base du cône une valve de cuir. Cette brosse est introduite dans la conduite ; le courant de pétrole, refoulé par la pompe, l'entraîne devant lui, et elle parcourt le tuyau qu'elle nettoie complètement.

Les chiffres suivants, empruntés à une statistique parue en 1884, donnent une idée de l'importance de la canalisation et du maté-

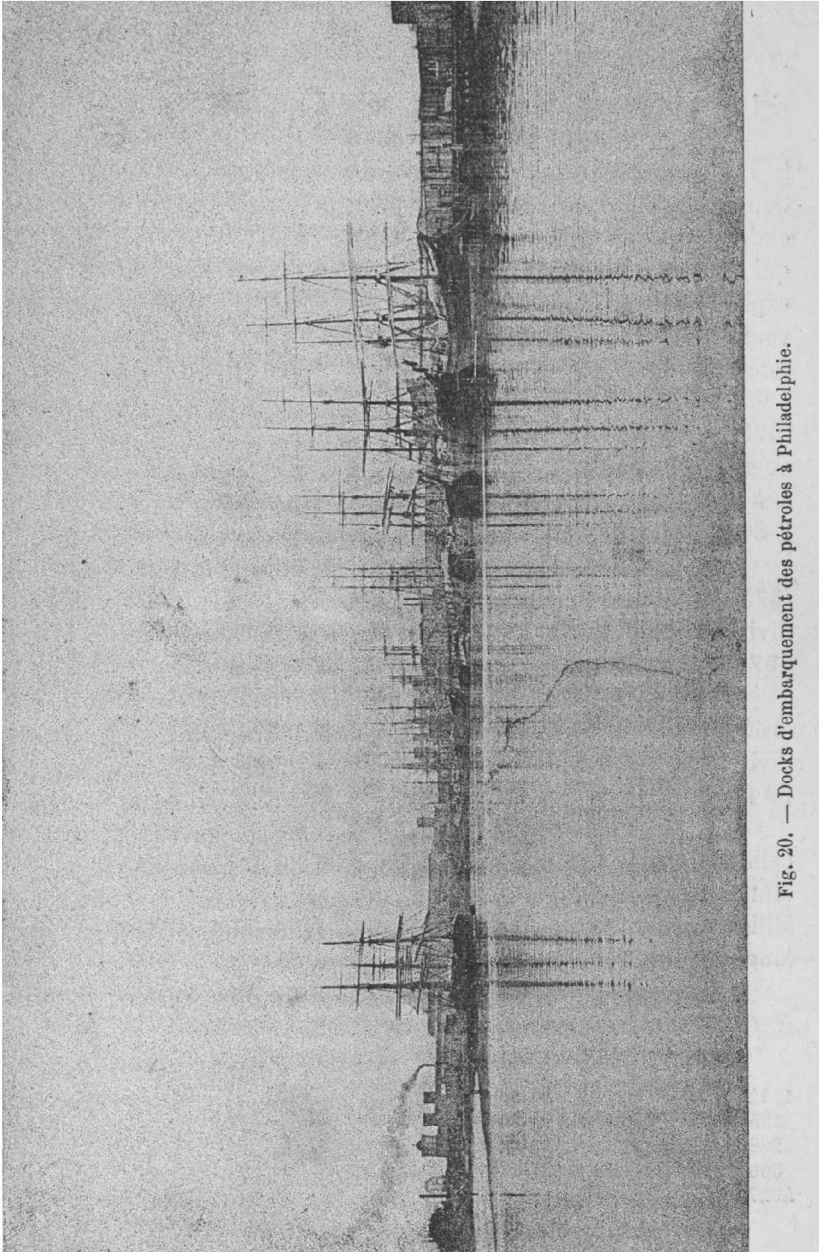


Fig. 20. — Docks d'embarquement des pétroles à Philadelphie.

riel des compagnies qui ont monopolisé ce système de transport.

Ces compagnies sont seulement au nombre de deux. L'une est la *Tide Water pipe Company*, qui absorbe une partie de la production de Bradford et dont la ligne principale va de Rexford à Tamas-cud, sur une longueur de 172 milles (275 kilomètres). L'autre, qui est incomparablement plus importante, embrasse toutes les exploitations de la Pensylvanie et possède les grandes lignes qui vont jusqu'aux bords de l'Océan : c'est la *National Transit Com-pany*.

La ligne de New-York a un développement de 296 milles (473^m,6) de tuyaux de 6 pouces (150 millimètres) ; elle est divisée en 11 sections de 25 à 30 milles (40 à 48 kilomètres) de longueur. Les hauteurs à franchir sur chacune de ces sections varient de 210 à 306 mètres.

La ligne de Philadelphie a un développement de 233 milles (372 kilomètres) de tuyaux de 6 pouces (150 millimètres) ; elle est divisée en sept sections ; les hauteurs à franchir varient de 173 à 457 mètres.

La ligne de Cleveland a un développement de 102 milles (164 kilomètres) en tuyaux de 5 pouces (125 millimètres) ; elle est divisée en quatre sections et la hauteur totale à franchir est de 90 mètres.

Enfin, il existe deux autres lignes moins importantes : ce sont celles de Millway à Baltimore, en tuyaux de 5 pouces (125 milli-mètres), sur une longueur de 66 milles (106 kilomètres), et de Four-Mills à Buffalo, en tuyaux de 4 pouces (120 millimètres), sur une longueur de 63 milles (101 kilomètres).

Les longueurs de tuyaux exploitées en 1884 étaient pour la *National Transit Company*, de :

1114 milles ou 1782 kilomètres en tuyaux de 6 pouces ou 150 millimètres.								
185	—	296	—	—	5	—	125	—
298	—	476	—	—	4	—	100	—
366	—	585	—	—	3	—	75	—
4947	—	7915	—	—	2	—	50	—

Et pour la Tide Water pipe C^o, de :

172 milles ou 275	kilomètres en tuyaux de 6 pouces.	
16 —	25,5	— — 4 —
91 —	145	— — 3 —
340 —	544	— — 2 —

Au point de vue de l'emmagasinage du pétrole, ces deux sociétés disposaient en 1884, la première, de

1028 réservoirs en fer de 35 000 barils chacun.
472 — — 20 000 —
125 — en bois de 1 200 —

La deuxième, de :

48 réservoirs en fer de 35 000 barils chacun.
12 — — 25 000 —
35 — en bois de 1 200 —

La capacité totale d'emmagasinage s'élevait ainsi à 50 millions 372 000 barils ou 79 587 760 hectolitres. Ce sont là des résultats considérables; cependant, ils ont encore été dépassés en 1888.

L'organisation de la *National Transit Company* est fort curieuse; la société ne s'occupe pas seulement du transport, elle est encore un comptable tenant les livres des puits qu'elle dessert, une banque de dépôts et une compagnie d'assurance. Voici d'ailleurs son fonctionnement.

Nous avons vu que l'huile, au sortir de terre, est dirigée dans le réservoir particulier du puits. Ce réservoir est au préalable soigneusement mesuré, et l'on dresse deux tableaux de jauge indiquant le nombre de barils correspondant à chaque pouce de la hauteur. Un de ces tableaux est conservé par la Compagnie, l'autre par le propriétaire du puits. Quand le réservoir est plein, avis est donné au contrôleur du district qui arrive aussitôt et mesure la hauteur du pétrole; puis il laisse échapper l'huile, et à la fin de l'opération reprend le dernier niveau. La différence entre les deux hauteurs

donne, d'après le tableau, le nombre de barils dont le propriétaire doit être crédité. Un certificat est établi en triple expédition, pour la Compagnie, le contrôleur et le propriétaire. Au reçu de ce certificat, crédit est donné de la marchandise livrée, moins 3 pour 100 pour la perte et l'évaporation.

Le pétrole se trouve ainsi emmagasiné dans un des immenses réservoirs où viennent se réunir toutes les huiles des différents gisements, sans distinction d'origine ou de qualité, tout le pétrole brut, de quelque district qu'il provienne, étant coté à une valeur uniforme.

Si un producteur vend tout ou partie du pétrole emmagasiné pour son compte dans les réservoirs de la Compagnie, il donne ordre de faire le transfert nécessaire. Il peut aussi emprunter sur sa marchandise : dans ce cas, la Société délivre une *acceptance*. Ces acceptances sont émises en représentation de 1000 barils chacune ; elles sont négociables et transmissibles par voie d'endossement.

Quand le détenteur d'une *acceptance* veut se faire remettre pour l'exportation la marchandise qu'elle représente, elle lui est livrée à l'un des principaux ports d'embarquement ; le porteur doit payer 20 cents (1 franc) par baril pour frais de transport, et 50 cents (2 fr. 50) par jour et par 1000 barils pour droit de magasinage. Le producteur a droit à vingt jours de magasinage gratuitement ; l'acheteur à dix jours seulement.

Enfin, l'assurance est mutuelle ; les pertes sont réparties sur tous les propriétaires pour l'huile dans les tuyaux, et sur les porteurs de bons de crédit pour l'huile dans les réservoirs. En 1883, la prime n'a pas dépassé 0,8 pour 100 de la valeur totale du pétrole manipulé ; une perte inférieure à 20 000 barils reste à la charge de la Compagnie ; elle est considérée comme trop peu importante pour être supportée par les producteurs ou les intéressés.

Les pertes les plus considérables sont toujours dues à des incendies de réservoirs. Les toits de ces derniers, supportés par des poteaux placés à l'intérieur, sont faits quelquefois de tôles rivées et calfatées ; mais, le plus souvent, ils sont en bois recou-

vert de tôle mince. On pense que le gaz, qui se dégage du pétrole, filtre à travers cette fermeture et forme au-dessus du réservoir

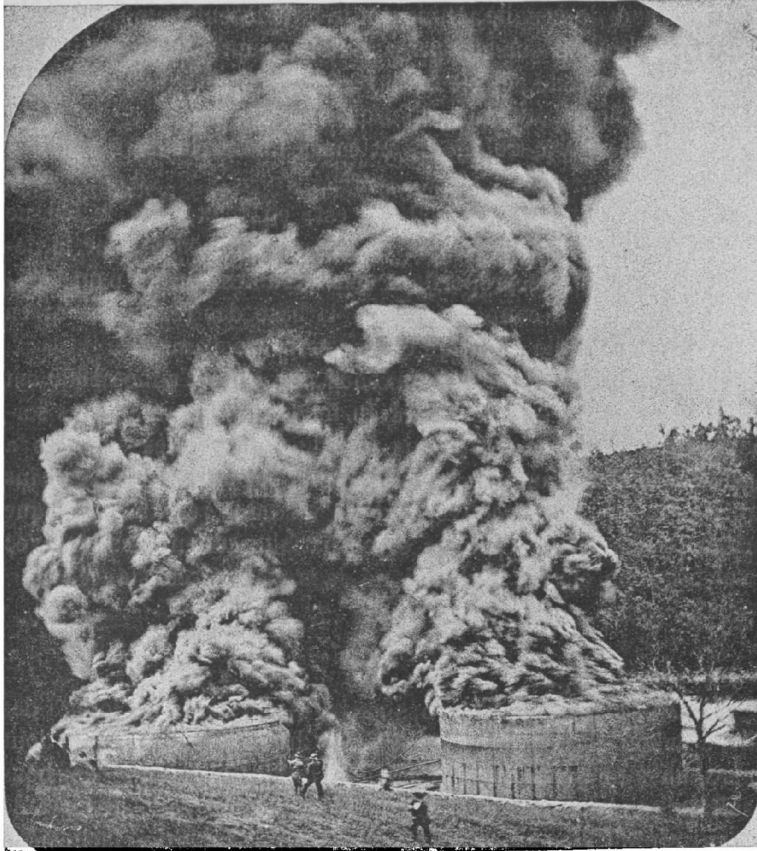


Fig. 21. — Incendie d'un groupe de barils à Oil-City.

une colonne très élevée qui peut s'enflammer avec une facilité extrême et communiquer le feu à l'intérieur du réservoir.

Quoi qu'il en soit de l'exactitude de cette hypothèse, il n'en

est pas moins vrai que les incendies sont assez fréquents. Le plus connu a eu lieu à Titusville, le 11 juin 1880; il se déclara, à la suite d'une décharge électrique, dans un réservoir situé sur une colline au sud de la ville, et bientôt le liquide enflammé se répandit partout, brûlant sur son passage tout ce qu'il rencontrait, raffineries, réservoirs de pétrole brut, réservoirs de benzine, réservoirs de pétrole raffiné, bâtiments, maisons, etc.

L'incendie dura trois jours et causa une perte de 2 millions 500 000 francs.

Le grand danger en pareil cas est, en effet, que le feu ne gagne les établissements voisins du réservoir incendié, car le désastre prend alors des proportions considérables. On ne peut l'éviter qu'en crevant à coups de canon la base des réservoirs et en faisant écouler l'huile avant qu'elle ne se soit enflammée.

Les nombreux accidents survenus peu avant l'année 1880 ont conduit à protéger les réservoirs au moyen de paratonnerres soigneusement installés, et depuis lors le nombre des sinistres a considérablement diminué. Le système du professeur Lodge, dans lequel la toiture est recouverte d'un véritable réseau métallique hérissé de nombreuses pointes et en parfaite communication avec le sol, est d'un emploi tout indiqué dans cette circonstance.

CAUCASE.

FORAGE ET EXPLOITATION DES PUIITS. — Le mode de forage des puits à Bakou est sensiblement différent du système américain dont nous venons de parler. Le forage à la *corde*, qui donne de bons résultats en Amérique où les assises de terrain sont presque de niveau, réussit rarement dans l'Apchéron, par suite de l'inclinaison des couches qui occasionne la déviation du trépan et du tubage.

La plupart des exploitants se servent d'une installation mécanique analogue à celle des États-Unis, mais beaucoup plus puissante. Les forages sont tubés par des tuyaux en tôle dont le diamètre varie de 0^m,30 à 0^m,40. Les puits sont loin d'atteindre,

jusqu'ici du moins, la profondeur de ceux de Pensylvanie, qui des-

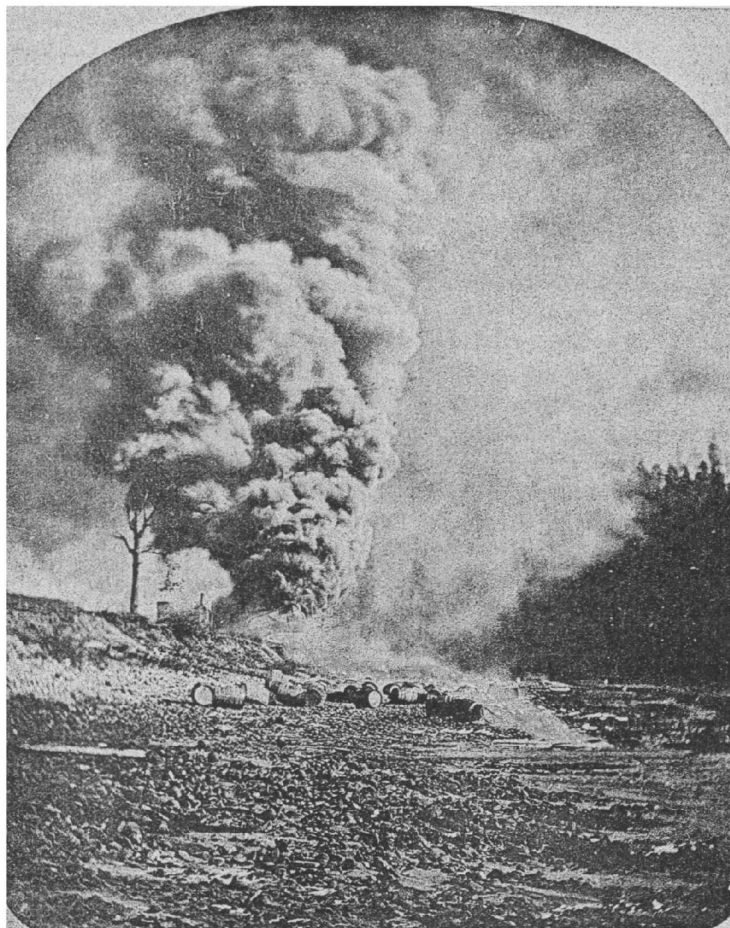


Fig. 22. — Incendie d'un réservoir à pétrole.

centent quelquefois jusqu'à 2000 pieds sous terre; à Balakhany, ils ne dépassent pas 150 sagènes (825 pieds), et c'est l'exception.

Au moment où se termine le forage, il se produit souvent une fontaine, c'est-à-dire que le naphte jaillit sous la pression des gaz intérieurs et coule pendant un certain temps, soit d'une façon continue, soit par intermittence. La pression varie constamment et peut s'élever jusqu'à 8 ou 10 et même parfois 20 atmosphères. Dans ce dernier cas, la violence du jet est telle qu'on ne peut le maîtriser et qu'une grande quantité de naphte se trouve perdue.

Dès que la couche pétrolifère est atteinte, les gaz commencent à se dégager avec une force extrême, qui projette quelquefois le trépan hors du trou ; c'est le signal de l'apparition de l'huile. Aussitôt, on enlève l'appareil de forage et on fixe au sommet du tube, à l'orifice du puits, un obturateur nommé *kalpak*, composé d'un coude en fonte qui s'ouvre ou se ferme par un tiroir manœuvré au moyen d'une vis, et est muni d'un robinet pour permettre la sortie des gaz en excès. Si l'opération réussit, le danger d'une fontaine est écarté ; mais souvent l'huile suit le gaz de si près qu'on n'a pas le temps de placer l'obturateur ; d'autres fois, la force de projection est tellement grande que l'appareil vole en éclats ; dans ce cas, il n'y a plus qu'à attendre que le jet s'arrête de lui-même. Quand on exécute un sondage dans une localité où on peut s'attendre à obtenir une fontaine, on donne au puits carré une profondeur de 8 à 10 mètres, et on entoure le tube initial d'une maçonnerie de pierre et de ciment.

Les fontaines sont très souvent une cause de ruine pour les forages ; la grande quantité de sable fin entraîné par le naphte occasionne des affouillements ; les couches minces d'argile et de grès qui servent de toits aux bancs de sable se brisent et parfois le tuyau se rompt. Si celui-ci résiste, il arrive souvent aussi, quand la profondeur atteint 150 à 200 mètres, que la pression du gaz devient insuffisante pour chasser la colonne de sable entraîné par le naphte, qui s'accumule dans le tubage et finit par le boucher complètement pendant un arrêt de la fontaine ; il faut alors enlever le sable au trépan et à la tarière.

Lorsque le naphte, en l'absence de fontaine, prend son niveau

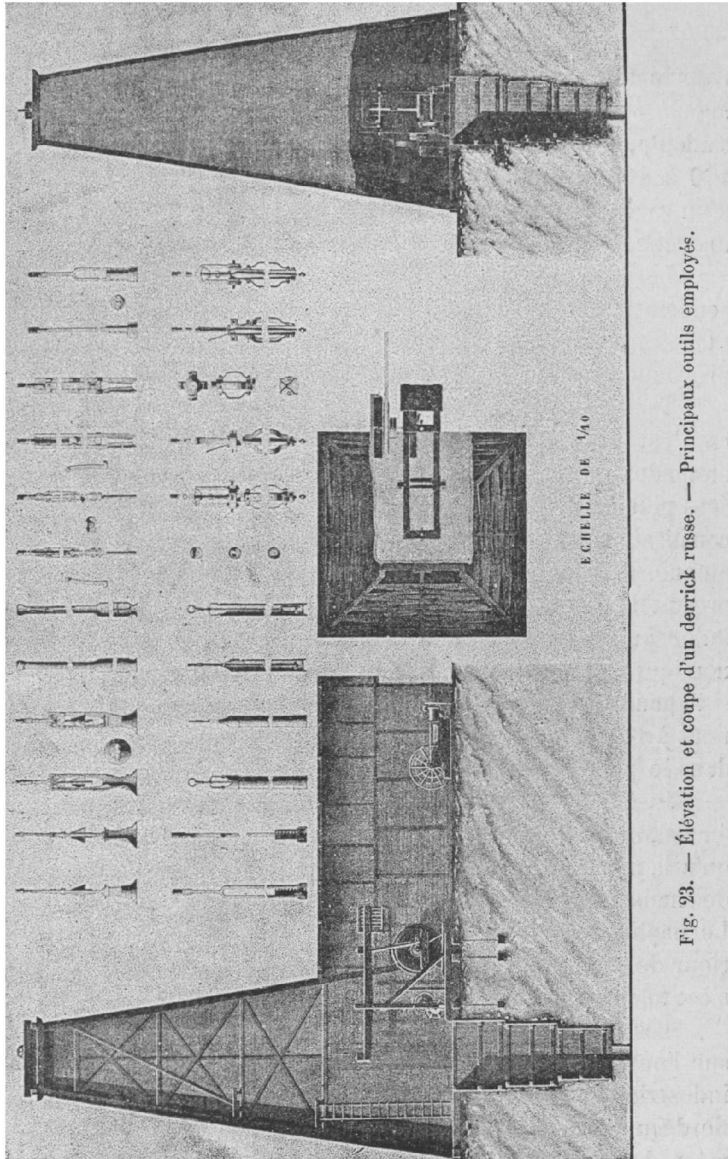


Fig. 23. — Élévation et coupe d'un derrick russe. — Principaux outils employés.

dans le tube, on l'exploite au moyen d'un long cylindre en tôle appelé *jelonka*, fermé à sa partie inférieure par un clapet à tige saillante, s'ouvrant du dehors en dedans. Ce cylindre contient de 120 à 160 kilogrammes de liquide ; on le manœuvre au moyen d'un câble enroulé sur un tambour qui reçoit son mouvement d'une machine.

Lorsque la production diminue de façon à ne plus donner un rendement suffisant, on ne se sert pas de la torpille comme aux États-Unis ; on se contente de creuser plus avant, et ce moyen provoque presque toujours la réapparition du pétrole.

TRANSPORT DU PÉTROLE. — En dehors des États-Unis, le Caucase est la seule région pétrolifère qui se prête à l'application des méthodes de transport et d'emmagasinage que nous avons exposées plus haut. Un projet a été présenté pour l'établissement d'une canalisation qui permettrait d'envoyer de Bakou, sur la mer Caspienne, à Batoum, sur la mer Noire, les produits des puits de la presqu'île d'Apchéron. Il n'a pas encore été suivi d'exécution, bien qu'on puisse en espérer la réalisation, si certaines conditions économiques et locales ne s'y opposent pas en principe, et surtout si l'abondance du naphte, parfois assez problématique, se maintient à Bakou dans des proportions plus importantes encore que dans le passé.

Jusqu'en 1883, c'est-à-dire avant l'ouverture du chemin de fer Bakou-Tiflis, le pétrole de Bakou ne pouvait guère arriver jusqu'à la mer Noire ; le transport effectué dans des outres, et à dos de chameaux, prenait une douzaine de jours et revenait fort cher. Le naphte n'avait en quelque sorte qu'un seul débouché, l'intérieur de la Russie par la mer Caspienne et le Volga. La situation s'est totalement modifiée depuis l'ouverture du chemin de fer.

Les producteurs de naphte de Bakoum comptaient beaucoup sur l'ouverture de la section Bakou à Tiflis pour donner à leur industrie son entier développement, mais leur espoir a été en partie déçu. Cela tient à plusieurs causes, que M. Paul Sage a résumées de la manière suivante :

1° Dans la traversée des monts Souram, entre Tiflis et la mer

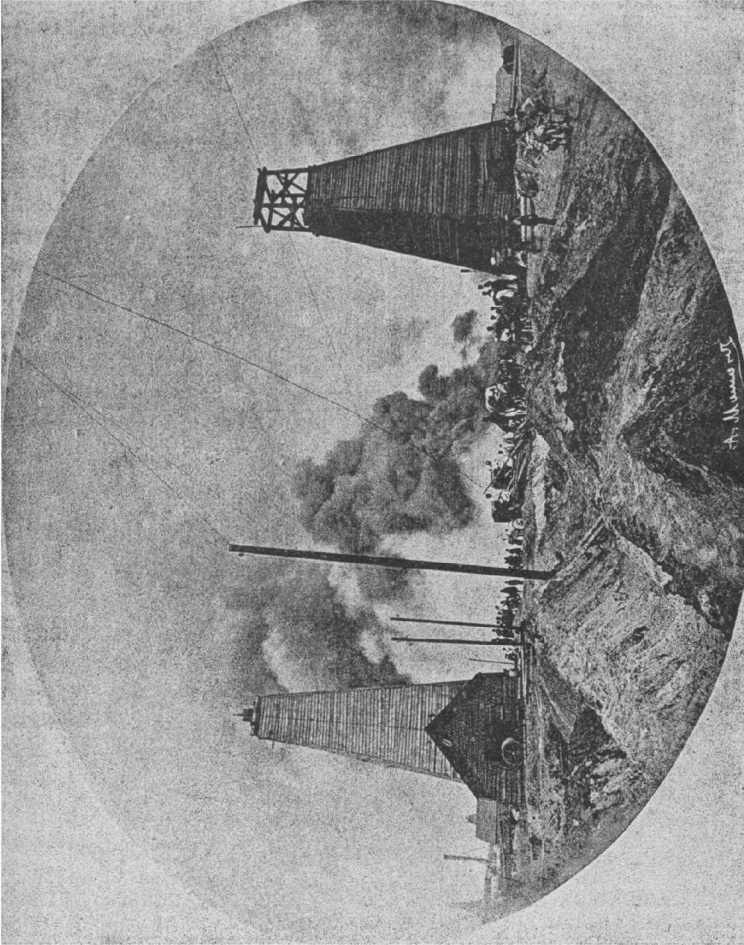


Fig. 24. — Incendie d'un puits de naphte au Caucase.

Noire, on trouve, sur une distance de 20 verstes environ, entre les stations de Mikhaïlovo et de Bijatoubane, dont le point culminant

est à 930 mètres d'altitude au-dessus de la mer Noire, des pentes et rampes dont l'une atteint 48 millimètres par mètre, et qu'on ne peut franchir qu'en coupant le train en tronçons de 10 à 12 wagons remorqués par deux locomotives du système Fairlie, de 50 tonnes chacune. On y rencontre aussi beaucoup de courbes de moins de 300 mètres de rayon.

2° Dans cette traversée des montagnes, les interruptions de la circulation sont assez fréquentes en hiver, soit pour cause d'amoncellement de neiges, sinon d'avalanches, soit par suite d'éboulements des talus taillés sur le flanc des montagnes, par suite d'infiltrations d'eau dans les terrains composés de couches alternatives d'argiles et de sables. Nous avons vu la circulation arrêtée pendant plus d'une semaine, en avril 1882, par le fait de deux éboulements survenus simultanément à 11 verstes de distance l'un de l'autre, ce qui empêchait le transbordement dans un train de secours.

3° L'insuffisance du matériel spécial au transport du naphte : wagons-citernes, réservoirs de réception, etc.

L'amélioration des conditions d'exploitation du chemin de fer devant porter tout à la fois sur un changement du tracé ou sur la construction de travaux d'art importants, et sur une augmentation très notable du matériel existant, ne s'obtiendrait pas sans une dépense considérable, que ne compenserait pas l'accroissement de recettes résultant de l'augmentation de la quantité de naphte transportée, d'autant plus que le prix fixé par le cahier des charges n'est pas rémunérateur.

GALICIE.

EXPLOITATION DE L'OZOKÉRITE. — Ainsi que nous l'avons dit dans les chapitres précédents, les pétroles se rencontrent en Galicie à l'état solide et à l'état liquide. Dans le premier cas, l'exploitation porte sur les gisements d'ozokérite, sorte de pétrole très riche en paraffine, et, dans le second cas, sur des pétroles comparables à

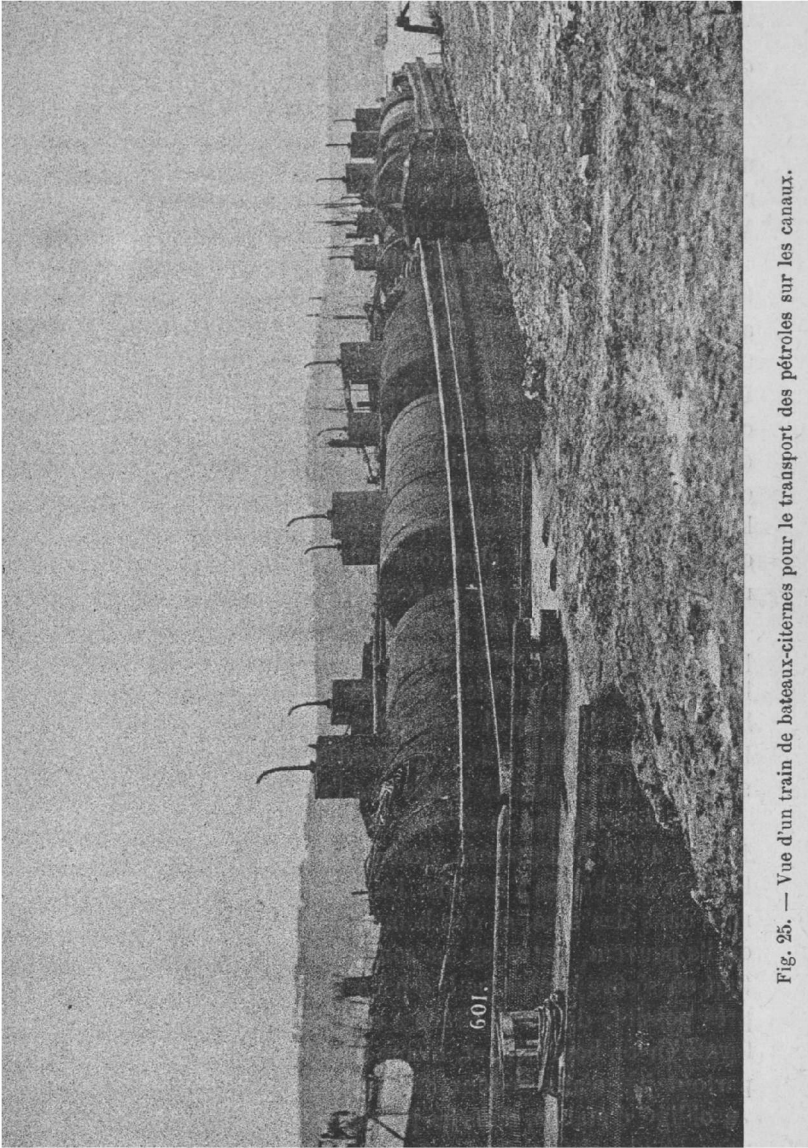


Fig. 25. — Vue d'un train de bateaux-citernes pour le transport des pétroles sur les canaux.

ceux des États-Unis et du Caucase. Occupons-nous d'abord du premier cas.

L'exploitation de l'ozokérite, qui se poursuit presque uniquement à Boryslaw, à Truskanzée, à Starunia et à Durniay, est encore rudimentaire. Voici à ce sujet quelques renseignements donnés par M. L. Babu, ingénieur des mines.

Qu'on se figure, répartis sur une surface d'environ 90 à 100 hectares, 12 000 à 13 000 puits dont le dixième à peu près est en activité. Leur distance varie de 3 à 8 mètres, et le champ d'exploitation de chacun d'eux est compris entre 9 et 60 mètres carrés. L'exploitation se fait par puits et galeries. Lorsque le puits rencontre une couche ou un filon d'ozokérite, on pousse une galerie en direction, et, si c'est possible, sous la propriété voisine; on revient ensuite vers le puits en faisant l'abatage par la méthode des chambres. Pour les puits très rapprochés, on supprime même la galerie, on se contente de piocher tout autour du puits, qui est ordinairement carré et a 1 mètre de section.

L'extraction se fait par un treuil à bras mû par un homme ou par une femme. Un seul seau en bois ou en tôle fait la navette entre le fond et la surface. Bien souvent il est accroché en route par un bois cassé; il chavire et son contenu retombe sur l'ouvrier du fond. Dans les nouveaux puits, qui sont plus larges, on emploie deux seaux, dont l'un monte tandis que l'autre descend.

On conçoit que le morcellement de la propriété minière entre 1000 à 1200 possesseurs amène les plus grandes difficultés pour le choix des haldes à déblais. Le plus souvent on met les terres stériles dans des sacs, et des hommes ou des femmes les répandent où ils peuvent, entre les maisons, sur les terrains des voisins, partout où s'offre le plus petit espace libre, et, naturellement, le plus près possible du puits. Grâce à ce régime, tout Boryslaw est transformé en un bourbier, et, même dans les années sèches, on enfonce partout jusqu'aux genoux dans une boue huileuse. Aussi s'est-on vu obligé d'établir, dans les passages les plus fréquentés, des trottoirs en planches portés par des piquets.

Il y a quelques années déjà, les plus grands propriétaires ont commencé à établir pour eux-mêmes de véritables haldes à déblais. Les transports se font alors dans des wagonnets sur rails. Récemment, une Société s'est installée pour l'enlèvement des déblais; les principaux points d'extraction sont desservis par de petites voies ferrées, et, moyennant une redevance, les déblais sont transportés en dehors de la région exploitée.

A Boryslaw, les exploitations n'ont pas à lutter contre l'eau. Les terrains miocènes sont en général absolument secs, sauf en quelques rares endroits où se trouvent des sources salées peu importantes. On n'a donc à se préserver que des eaux superficielles. A cet effet, les puits sont creusés dans les sables alluvionnels avec une section un peu plus grande que celle qu'ils doivent avoir. Dès qu'ils ont pénétré dans les argiles miocènes, on construit à leur intérieur un second cuvelage en planches jointives, et, dans l'espace resté libre autour, on pilonne fortement de l'argile. Cette précaution est efficace lorsque le terrain est à peu près neuf, mais elle devient illusoire dans les régions que les exploitations ont déjà absolument bouleversées.

L'extraction de l'eau se fait, soit par les seaux, soit à l'aide de pompes. Tous les propriétaires qui n'ont qu'un petit nombre de puits emploient les seaux. Deux ou trois sociétés ont établi des pompes.

S'il y a peu d'eau, les venues de gaz sont par contre un des grands dangers de l'exploitation. Ces gaz hydrocarbonés sont enfermés dans les couches à une pression énorme: ils se dégagent constamment dans les puits et y occasionnent de nombreuses asphyxies. L'emploi des lampes Mueseler ou Marsaut est naturellement indispensable, et c'est faute de cette précaution qu'arriva, en 1870, la grande explosion de Duriniacz.

Pour combattre l'afflux des gaz, un simple ventilateur à main est installé au-dessus de chaque puits. Là aussi, cependant, il y a eu des essais de concentration; on a établi quelques ventilateurs mus par des machines à vapeur; des conduites en zinc, débouchant

au fond des puits voisins, viennent se réunir sur le tuyau d'aspiration collecteur. C'est une installation plus efficace, mais qui est encore loin d'être suffisante.

EXPLOITATION DU PÉTROLE. — L'exploitation du pétrole se poursuit à Sloboda suivant la méthode américaine précédemment décrite; c'est de son application que date le développement rapide de la région.

Le débit des puits de Sloboda est comparable à celui des puits de la Pensylvanie; on l'évalue, en moyenne, à 25 et 30 barils par jour. L'exploitation est encore trop récente pour qu'on puisse établir la durée moyenne des puits. Cependant, jusqu'à présent, elle paraît être plus grande que celle des puits de l'Amérique et du Caucase. Ce fait semblerait d'ailleurs tenir uniquement au peu d'ouverture que présentent les fractures du terrain pétrolifère en Galicie. Ces fractures sont, en effet, les canaux d'écoulement du pétrole vers le puits et comme les canaux d'exsudation de la roche imprégnée. L'exiguïté de ces fractures explique d'ailleurs en même temps l'indépendance des puits voisins. En fait, et bien que plusieurs puits fonctionnent depuis plus de dix ans avec un débit presque sensiblement constant, on peut admettre que la durée moyenne des puits est de deux ans.

Jusqu'à la profondeur de 300 mètres, la région de Sloboda semble donc être caractérisée par les nombres suivants :

Durée d'un puits.	2 ans.
Rendement journalier moyen	25 à 30 barils.
Rendement total	15 000 à 20 000 —

La production totale de Sloboda est actuellement d'environ 2000 barils par vingt-quatre heures.

D'après la loi autrichienne, le pétrole comme l'ozokérite n'étant pas une substance concessible appartient aux propriétaires du sol. Parmi ceux-ci, les uns exploitent eux-mêmes, et traitent alors à forfait avec des entrepreneurs de sondages pour un prix convenu du mètre courant jusqu'à une profondeur déterminée; les autres

cèdent le droit d'exploiter moyennant certaines conditions et rede-

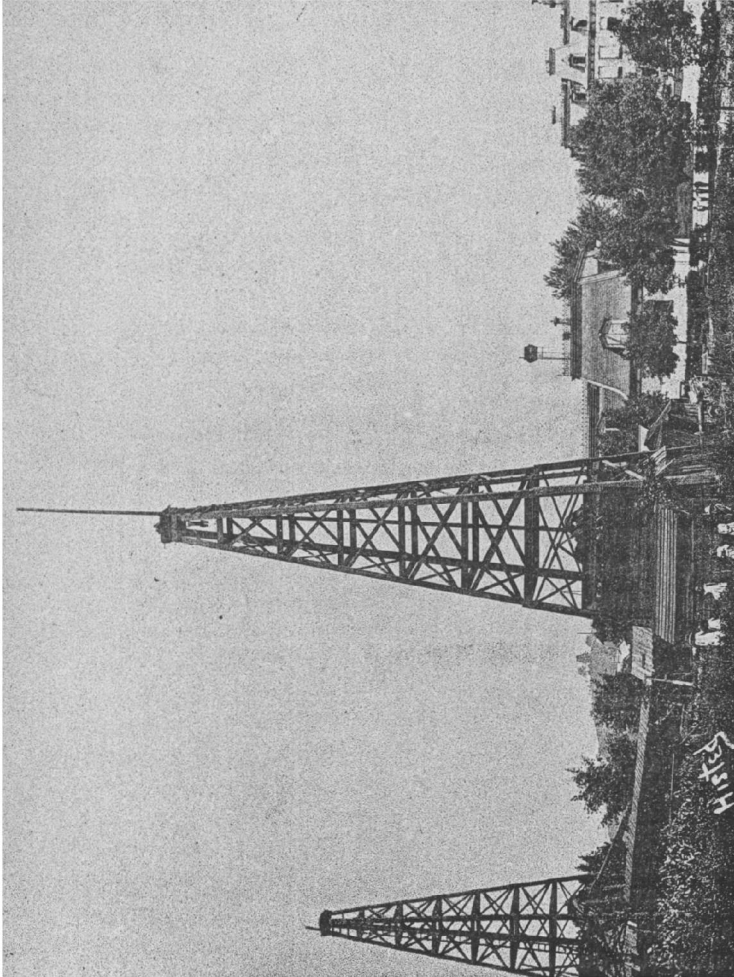


Fig. 26. — Vue d'un derrick pour puits à gaz.

vances. Le plus souvent intervient un contrat de métayage plutôt

qu'un contrat de fermage; l'exploitant s'engage, par exemple, à forer annuellement un certain nombre de puits et à payer une redevance de 50 pour 100 sur le produit brut.

Les dépenses d'un puits s'élèvent à environ 80 000 francs. Le rendement total étant de 15 000 à 20 000 barils, qui se vendent chacun 12 francs, le produit brut d'un puits peut être estimé entre 180 000 et 240 000 francs, et le produit net ou bénéfice entre 100 000 et 160 000 francs.

Malgré les beaux résultats obtenus à Sloboda, l'introduction en Autriche des pétroles russes, soit par le Danube, soit par Fiume, aurait pu arrêter ou du moins entraver le développement de l'industrie pétrolifère, si le gouvernement autrichien n'avait établi des droits d'importation très élevés, de 18 à 26 francs par 100 kilogrammes de pétrole brut et raffiné.

C'est grâce à ce régime protecteur que les exploitations de pétrole des environs de Kolomea, et en particulier celles de Sloboda, se sont développées avec une rapidité remarquable. La production de Sloboda s'élève déjà à environ 2000 barils par jour, mais elle sera sans doute plus que quintuplée dans peu d'années. Vraisemblablement les droits de douane sont destinés à vivre longtemps encore en Autriche et, tant qu'ils subsisteront, le prix du pétrole brut ne baissera pas beaucoup, car le chiffre de la production est loin d'atteindre celui de la consommation. Mais, ces droits viendraient-ils même à être supprimés, le rendement des puits est tel que, dans certains centres de la Galicie, l'industrie du pétrole pourrait lutter avantageusement contre l'importation des pétroles russes.

EXPLOITATION DU PÉTROLE.

Nous avons montré comment avait été résolue la question du transport des pétroles lorsqu'on opère sur des millions d'hectolitres et sans sortir du pays d'origine. — Il reste à voir quels sont les moyens employés pour des expéditions de moindre importance, comme sont celles de l'exportation.

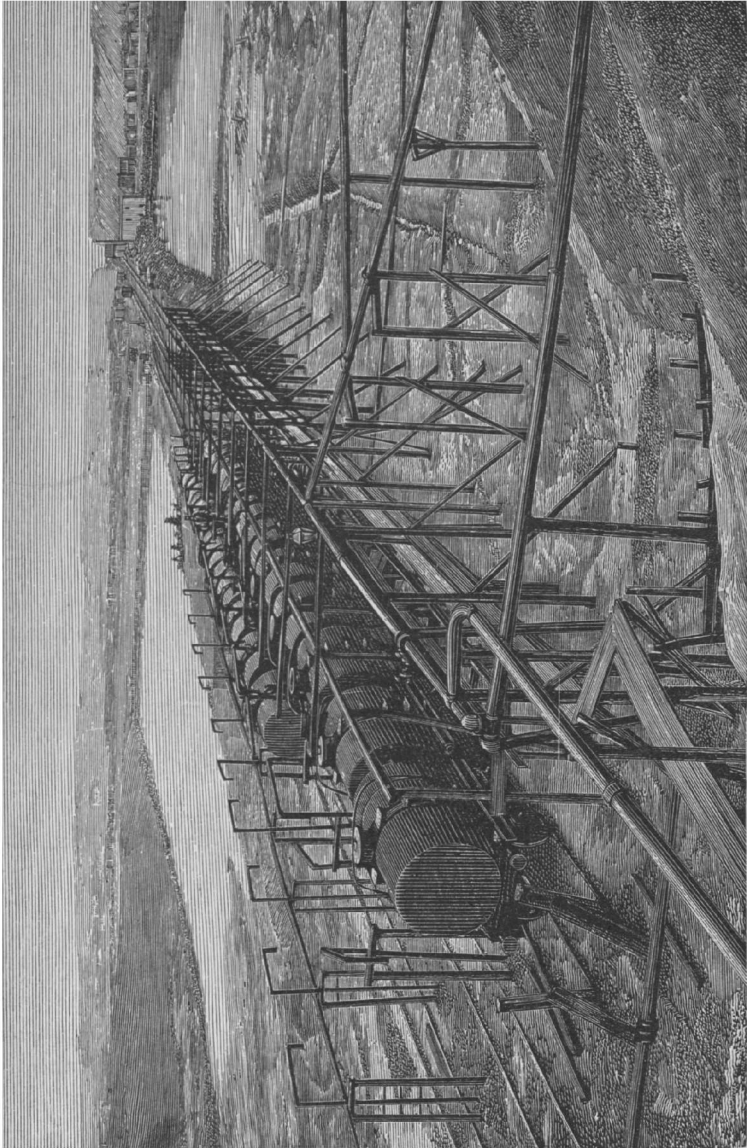


Fig. 27. — Station de wagons-citernes à Sabunski (Bakou).

Les barils, les wagons-citernes et les navires-citernes répondent à tous les cas qui peuvent se présenter.

Les barils dont nous avons déjà parlé précédemment sont en chêne et ont une capacité de 180 litres. Les wagons-citernes sont composés d'un wagon-plateforme sur lequel est fixée une citerne cylindrique en tôle de fer.

Les navires-citernes ou *tank-steamers*, destinés au transport en vrac du pétrole par mer, sont des navires en tôle d'acier qui diffèrent des navires ordinaires en ce que la cale est divisée en compartiments étanches, qui contiennent le liquide lui-même. Chaque citerne est surmontée d'une chambre d'expansion laissant le chargement liquide effectuer librement sa dilatation, et permettant en outre d'éviter les amplitudes de mouvement de la masse liquide, qui pourraient compromettre la stabilité du navire. Tous les compartiments sont réunis par une tuyauterie aboutissant à une chambre de pompes au moyen desquelles s'effectue le déchargement. A l'avant et à l'arrière existent deux compartiments étanches remplis d'eau (water ballast) qui séparent respectivement les réservoirs du poste des hommes de l'équipage et de la chambre des machines.

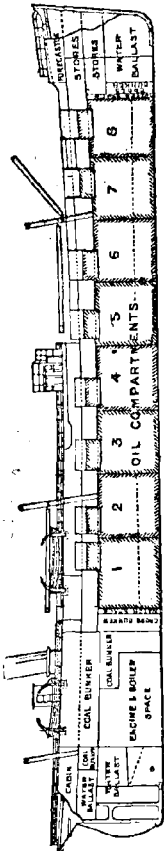


Fig. 27 bis. — Coupe d'un steamer-citernes à pétrole.

L 2

Nous donnons ci-contre une vue en coupe montrant les dispositions principales de ces navires, tels qu'on les construit actuellement.

TROISIÈME PARTIE

PHYSIQUE ET CHIMIE — TECHNOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

Propriétés physiques et chimiques du pétrole.

§ 1^{er}. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES. — Les huiles minérales telles qu'elles se rencontrent dans le sol sont des mélanges en proportions indéterminées de combinaisons d'hydrogène et de carbone, désignées sous le nom d'*hydrocarbures*, au milieu desquelles on rencontre souvent de l'oxygène en faible proportion, moins souvent du soufre et plus rarement encore de l'azote.

En raison de la complexité même de leurs éléments, elles présentent parfois des différences considérables au double point de vue des propriétés physiques et des propriétés chimiques.

Les recherches des savants et les observations des ingénieurs ont mis en relief la variété infinie de ces produits naturels, sans qu'il soit possible encore d'en donner une classification. L'accord ne se rencontrera donc pas fréquemment entre les chiffres que nous aurons l'occasion de citer; il convient de les considérer comme des limites entre lesquelles prennent rang les huiles minérales, suivant leur provenance et leurs modes d'extraction, de transport et de préparation industrielle.

ÉTAT NATUREL. — ODEUR. — COULEUR. — Les huiles de pétrole se présentent sous des aspects très divers. Elles sont tantôt très fluides comme en Amérique, tantôt denses et sirupeuses comme en Russie. Elles sont toujours douées d'une odeur caractéristique *sui generis* plus ou moins forte. Leur couleur varie du jaune

ambré verdâtre au brun goudronneux, en passant par le vert sombre. Vues par réflexion, elles sont verdâtres. Elles sont fluorescentes et les produits qu'on en extrait sont également fluorescents, mais d'autant moins qu'ils sont plus légers, c'est-à-dire volatilisables à une plus basse température.

INDICE DE RÉFRACTION. — La déviation que subit un rayon lumineux par le fait de son passage à travers une couche d'huile minérale est en relation avec le point d'ébullition et la densité de cette dernière. L'indice de réfraction paraît être une caractéristique des huiles minérales de même provenance; il augmente à mesure qu'on considère des produits volatils à une plus haute température.

Engler, en étudiant les produits de la distillation à différentes températures, a obtenu les résultats suivants, qui accusent une relation entre les indices de réfraction et les densités :

INDICES DE RÉFRACTION ET DENSITÉS DES PRODUITS DE LA DISTILLATION
RECUEILLIES A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

TEMPÉRATURES.	PROVENANCE DES HUILES.				
	TEGERSÉÉ (Bavière).	PECHE-BRONN (Alsace).	OEJHEIM (Hanovre).	PENNSYLVANIE (État-Unis).	BAKOU (Caucase).
140-160° C.					
Densité.	0,7465	0,7550	0,7830	0,7550	0,7820
Indice.	1,427	1,421	1,435	1,422	1,436
190-210° C.					
Densité.	0,7840	0,7900	0,8155	0,7860	0,8195
Indice.	1,437	1,440	1,450	1,439	1,454
240-260° C.					
Densité.	0,8130	0,8155	0,8420	0,8120	0,8445
Indice.	1,451	1,454	1,450	1,454	1,467
290-310° C.					
Densité.	0,8370	0,8320	0,8625	0,8325	0,8640
Indice.	1,465	1,462	1,480	1,461	1,475

La comparaison des indices de réfraction et des densités peut donc, dans une certaine mesure, permettre de différencier la provenance des huiles ; mais les expériences de ce genre sont très délicates.

ACTION DE LA CHALEUR ET DU FROID. — Sous l'action de la chaleur, les différents hydrocarbures dont les mélanges constituent les huiles minérales se dégagent successivement suivant leur degré de volatilité, et même se dissocient à haute température. Sous l'action du froid, les pétroles bruts et leurs dérivés se prennent en masse solide ; plus les huiles sont légères, plus bas est leur point de congélation. Le degré thermométrique auquel se produit la prise en masse a commercialement une certaine importance ; aussi les compagnies de chemins de fer exigent, pour le service des lampes placées à l'avant des locomotives, des pétroles qui puissent conserver leur fluidité parfaite jusqu'à une température de -15° centigrades.

DENSITÉ ET COEFFICIENT DE DILATATION. — Les densités des huiles minérales sont comprises entre les limites extrêmes de 0,765 et 0,970, la densité de l'eau prise comme unité.

Les pétroles de Pensylvanie sont les plus légers en général ; cependant, pour quelques-uns d'entre eux, la densité peut être comprise entre 0,799 et 0,902.

Pour des huiles extraites aux environs de Bakou, en 1885, Engler a trouvé : huiles de Balakhany-Sabuntschi, $D = 0,850$ à 885 ; huiles de Bibi-Eybal, $D = 0,855$ à $0,958$.

D'après Ragosin, une huile limpide de Surakani avait une densité de 0,7852, tandis que, pour une huile épaisse, il trouvait 0,9405. Kramer indique, pour une huile lourde du district de Kuban, la densité de 0,930.

La densité la plus élevée qu'on ait signalée jusqu'ici est celle de l'huile de Terra-di-Lavoro : $D = 0,970$. Ce même chiffre s'appliquerait, d'après Le Bel, au pétrole de Pechelbronn.

Si l'on compare les divers produits qu'on obtient dans la distillation des pétroles, on remarque, en général, que pour des

huiles de même origine, la densité s'élève avec le point d'ébullition ; c'est ce que montre le tableau suivant dû à Kramer. Nous devons pourtant faire observer que cette règle n'est pas absolue. Mendeleef, en étudiant les pétroles du Caucase, a trouvé de nombreuses exceptions.

PROVENANCE DU PÉTROLE.	PRODUITS RECUEILLIS AUX TEMPÉRATURES DE :			
	140° à 160°.	190° à 210°.	240° à 260°.	290° à 310°.
Pensylvanie	0,7550	0,7860	0,8120	0,8325
Bakou	0,7820	0,8195	0,8445	0,8640
Pechelbronn (Alsace)	0,7550	0,7900	0,8155	0,8320
Oelheim (Hanovre)	0,7830	0,8155	0,8420	0,8625
Tegernsée	0,7465	0,7840	0,8130	0,8370

Pour compléter les renseignements relatifs aux densités des huiles minérales, nous emprunterons quelques chiffres à Boverton-Redwood (conférences faites en 1886 à la Société des arts, de Londres) :

Origine du pétrole.	Densité.
Pétrole de Perse	0,777
Indes orientales	0,821
Kyouk-Phyon (Birmanie)	0,818
Minbyien —	0,866
Barangah orientale —	0,888
Assam	0,835
Assam	0,933
Indes anglaises	0,955
Russie	0,836
Russie	0,942
Hanovre	0,843
Amérique méridionale	0,852
Amérique méridionale	0,900
Italie	0,828
Italie	0,787
États-Unis	0,780
États-Unis	0,850

Le coefficient de dilatation suit une loi inverse de celle des densités.

Viscosité. — L'éclairage et le graissage sont les deux plus importantes applications des huiles minérales. Pour convenir à la

VISCOSITÉS DES HUILES RUSSES ET AMÉRICAINES.

Nombre de secondes nécessaires à l'écoulement de 50 centimètres cubes.

TEMPÉRATURE. — ÉCHELLE centigrade.	HUILE de navette.	HUILE MINÉRALE américain; densité 0,885.	HUILE MINÉRALE américain; densité 0,913.	HUILE MINÉRALE américain; densité 0,923.	HUILE MINÉRALE russe; densité 0,909.	HUILE MINÉRALE russe; densité 0,915.	HUILE MINÉRALE russe (1); densité 0,884.
10	712 1/2	145	425	1030	2040	2520	»
15,56	540	105	295 1/2	680	1235	1980	»
21,11	405	40	225	485	820	1320	»
26,67	326	73	171	375	580	900	»
32,22	260	63 1/2	136	262	426	640	»
37,78	213 1/2	54	111	200	315	440	1015
43,34	169	50	89 1/2	153	226	335	739 1/2
48,90	147	47	78	126	174	245	531
54,45	123 1/2	44 3/4	63 1/2	101	135 1/2	185	398 1/2
60	105 1/2	41	58	82	116	145	317 1/2
65,56	95 1/2	37 1/2	52	70 1/2	95	115	250
71,11	85	»	46	63 1/2	83 1/2	93 1/2	200
76,67	76	»	»	58	70 1/2	25	160
82,23	69	»	»	52 1/2	61 1/2	67 1/2	134 1/2
87,78	64 1/2	»	»	47	56 1/2	61	115 1/2
93,34	58 1/2	»	»	42	48 1/2	54	99 1/2
98,90	54	»	»	40	»	»	85
104,45	50	»	»	38	»	»	77
110	47 1/2	»	»	»	»	»	70 1/2
115,56	45 1/2	»	»	»	»	»	64 1/2
121,11	43 1/4	»	»	»	»	»	59 1/2
126,67	»	»	»	»	»	»	54
132,23	»	»	»	»	»	»	48 1/2
137,78	»	»	»	»	»	»	48 1/2
143,34	»	»	»	»	»	»	44 1/4
148,90	»	»	»	»	»	»	42 2/5

(1) Cette huile est semi-solide aux températures ordinaires.

première, elles doivent être fluides, de manière à s'élever facilement dans les mèches par l'action de la capillarité, et arriver ainsi jusqu'aux brûleurs des lampes. Pour la seconde, au contraire, les huiles doivent être relativement épaisses; autrement, dans le mouvement des organes à lubrifier, elles seraient divisées et rejetées en dehors des points où leur action doit se produire. La viscosité d'une huile minérale est donc un caractère des plus utiles à connaître au point de vue des services qu'on veut lui faire rendre.

Nous décrirons plus loin les appareils employés pour les essais commerciaux des huiles, et, en particulier, ceux qui permettent de déterminer leur viscosité. Nous nous bornerons à indiquer les différences que présentent, suivant leur origine, les produits russes et américains.

M. Boverton-Redwood, auquel est emprunté le tableau ci-dessus, a observé dans un appareil spécial le nombre de secondes nécessaire à l'écoulement d'un volume de 50 centimètres cubes, dans des conditions identiques de température et de pression. Il convient de rappeler que ces résultats d'expérience n'ont pas une valeur absolue et indiquent des limites entre lesquelles peut varier la viscosité des huiles examinées. L'huile de navette a été prise par l'auteur comme terme de comparaison.

CHALEUR SPÉCIFIQUE ET CHALEUR LATENTE. — L'étude des chaleurs spécifiques et des chaleurs de vaporisation a été faite par Sainte-Claire Deville sur quelques échantillons. A notre connaissance, il n'a pas été exécuté d'autres recherches sur ce sujet, et nous devons nous borner à reproduire les résultats obtenus par ce savant.

	Chaleur spécifique.
	Calories.
Huile n° 20 (huile commerciale de Paris)	0,48
Huile n° 21 (origine, Parme)	0,49
Chaleur latente à la température moyenne de distillation des pétroles, c'est-à-dire entre 125° et 140°.	115

On entend par chaleur spécifique la quantité de calories à fournir pour élever de 1° la température de 1 kilogramme d'un

corps, et par chaleur de vaporisation la quantité de calories à fournir pour réduire en vapeur 1 kilogramme de ce corps, amené à sa température d'ébullition.

TENSION DES VAPEURS. — Les huiles minérales renferment des hydrocarbures volatils à la température ordinaire, et même à des

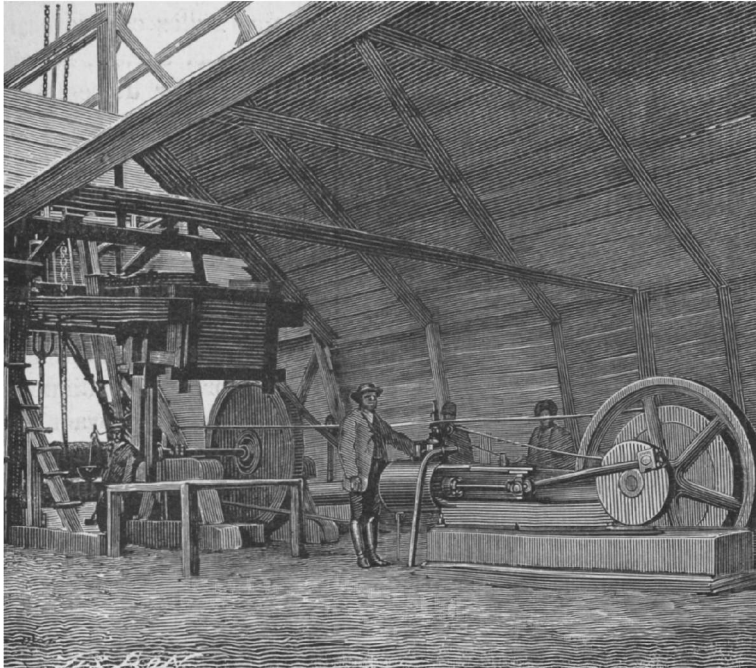


Fig. 28. — Intérieur d'un derrick au Caucase.

températures égales ou inférieures à celle de la glace fondante.

Si elles ne dégagent pas de vapeurs apparentes à la température ordinaire, il faut l'attribuer à ce fait bien connu que, dans un mélange de deux ou de plusieurs liquides, la température d'ébullition est intermédiaire entre les températures d'ébullition des composants.

FRACTIONNEMENT PAR LA CHALEUR. — Si l'on soumet à l'action d'une chaleur croissante les huiles minérales, on constate que les éléments dont elles sont constituées se dégagent successivement dans l'ordre de leur volatilité. On peut ainsi décomposer une huile en un certain nombre de fractions définies par la température à laquelle elles se sont séparées de la masse. Un grand nombre de chimistes ont étudié cette décomposition des huiles en hydrocarbures volatils à différentes températures ; mais ici encore, malgré la variété des observations, on ne saurait formuler de règle absolue.

Pour suivre l'action de la chaleur sur une huile minérale, il suffit de remplir de pétrole brut une cornue en métal munie d'un réfrigérant et d'un serpentin plongeant dans un vase refroidi. Un thermomètre, placé dans la panse de la cornue de telle sorte que son réservoir soit au-dessus du liquide, donnera à chaque instant la température des vapeurs.

On chauffe graduellement jusqu'à 300°. A cette dernière température, on passe le résidu dans une petite cornue métallique et l'on distille sous pression réduite à 60 millimètres, en élevant lentement la température jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans l'appareil qu'un liquide noir, se prenant par le refroidissement en une poix dure, à cassure brillante, soluble dans la benzine.

Il est du plus haut intérêt pour les industriels de savoir comment s'opère le fractionnement des huiles par la chaleur, et les exemples suivants le feront aisément comprendre.

« Quand on opère, dit Sainte-Claire Deville, 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'industrie de 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 quan-

FRACTIONNEMENT POUR CENT DES HUILES PAR LA CHALEUR, D'APRÈS HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE.
Température croissante de 10° en 10° centigrades.

ORIGINE DE L'HUILE.	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	
1. Pecheibronn.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2. Pechalbron.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3. Schwabweiler.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4. Hanovre.	0,5	»	2,7	»	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5. Java.	1	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6. Java.	0,8	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7. Hanovre.	0,5	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8. Hanovre.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9. Galicie.	2,1	»	4,6	»	8,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10. Circassie.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11. Circassie.	3,3	»	8,7	»	15,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12. Valachie.	»	»	0,7	»	3,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
13. Piémont.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
14. Canada (West).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15. Canada (West).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
16. Virginie occidentale.	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
17. Virginie occidentale.	4,3	»	4,3	»	11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
18. Pensylvanie.	4,3	»	10,7	»	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
19. Pensylvanie.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
20. Huile commerciale de Paris.	2,8	»	5,3	»	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
21. Parme.	1,1	»	9,3	»	33,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22. Chine.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23. Virginie occidentale.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24. Canada (West).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25. Birmanie.	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26. Virginie orientale.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
27. Caucase.	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28. Bakou.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
29. Bakou.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30. Bakou.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
31. Bakou.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

tité de ces matières volatilisables entre 150° et 300°. Ce nombre représente la proportion des 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-dessous de 150° se composent d'hydrocarbures légers qui constituent l'éther de pétrole et l'essence de pétrole. » (*C. R.*, t. LXXII, p. 491.)

En Angleterre, en Allemagne, aux États-Unis, on a multiplié les expériences de laboratoire sur toutes les variétés d'huiles minérales connues; malheureusement, les résultats que nous ont transmis les chimistes sont peu comparables entre eux, en raison de ce fait qu'ils n'ont pas employé les mêmes méthodes de distillation, et même que les résultats obtenus avec une seule et même huile sont bien différents, suivant qu'on a fait usage de tel ou tel appareil.

Néanmoins, les travaux de Sainte-Claire Deville et d'Engler présentent un intérêt particulier, car ces chimistes se sont toujours servis du même appareil et de la même méthode de distillation, ce qui rend comparables entre eux les chiffres obtenus par chaque savant.

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessus (p. 123) les résultats de Sainte-Claire Deville.

Ce tableau, qui donne une idée des différences de constitution des huiles minérales, appelle certaines remarques.

De toutes les huiles étudiées par Deville, la plus légère est celle de Parme (n° 21); ensuite viennent celles de Pensylvanie (n° 18), de Circassie (n°s 10 et 11), de Virginie occidentale (n° 18), de Java (n° 6), de Galicie (n° 9), etc.

Ces huiles seront des plus propres à l'industrie des produits pour l'éclairage. Pour se rendre compte de celles qui conviendront à la fabrication des matières lubrifiantes, il faut rechercher les rendements obtenus au-dessus de 300° : nous remarquons aussitôt l'huile de Pechelbronn (n° 1), de Hanovre (n° 8), de Bakou (n° 30), etc.

L'huile du Caucase (n° 28) semble réunir les deux qualités.

FRACTIONNEMENT DES HUILES PAR LA CHALEUR, D'APRÈS ENGLER.

ORIGINE DU PÉTROLE BRUT.	DENSITÉ à 15° C.	COMMENTAIRE de l'ébullition.	FRACTIONNEMENT DES HUILES PAR LA CHALEUR, D'APRÈS ENGLER.										Jusqu'à 150° (Essences).	De 150° à 200° (Huile à brûler).	Au-dessus de 200° (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°				
Pechelbronn I. (Alsace). Puits 146.	cent. cub.	0,906	155	1,5	4,5	5,5	6,0	6,5	5,0	30,5	69,5	30,5	24,8	69,5	
	grammes.			0,9	3,2	4,4	4,9	5,4	4,6						
Pechelbronn II. Puits 243.	cent. cub.	0,885	98	4,0	3,5	3,0	4,5	4,0	3,0	10,0	29,5	10,0	29,5	60,1	
	grammes.			2,8	2,9	2,4	3,6	3,7	2,6	7,1	24,3	7,1	24,3		
Oelheim (Hanovre).	cent. cub.	0,899	170	4,75	5,25	6,0	4,0	5,0	2,0	32,0	68,0	32,0	24,4	68,0	
	grammes.			3,2	2,6	4,8	3,4	4,3	1,8						
Tergensée.	cent. cub.	0,815	55	6,0	4,5	5,5	6,5	5,5	4,0	24,0	43,0	24,0	43,0	33,0	
	grammes.			4,8	3,7	4,3	5,1	4,7	2,9	17,8	34,4	17,8	34,4		
Pensylvanie I.	cent. cub.	0,8175	82	5,0	5,0	5,75	4,75	6,0	4,75	2,0	21,0	38,25	40,75	40,75	
	grammes.			4,0	4,1	4,5	3,8	5,0	4,0	1,7	14,6	31,1			
Pensylvanie II.	cent. cub.	0,8040	74	4,5	6,5	5,0	4,75	3,2	4,0	2,5	31,5	35	33,5	33,5	
	grammes.			5,2	4,8	4,3	4,2	3,0	3,9	2,5	21,5	29,2			
Galicie Sloboda.	cent. cub.	0,8235	90	10,5	6,5	7,0	6,75	6,0	3,5	0,5	26,5	47,0	26,5	26,5	
	grammes.			7,6	5,3	5,6	5,5	5,6	2,8	0,45	18,9	38,05			
Bakou (Bib-Eybal).	cent. cub.	0,8590	91	7,0	6,5	5,0	5,0	5,5	3,5	1,0	23,0	38,0	39,0	39,0	
	grammes.			5,7	4,9	4,1	4,2	4,7	3,1	0,9	16,7	31,2			
Bakou (Bakahany-Sabuntschi).	cent. cub.	8,810	103	4,75	5,5	5,0	7,0	4,75	5,5	1,75	8,5	39,5	52,0	52,0	
	grammes.			3,4	4,3	4,0	4,3	4,1	4,6	1,6	6,1	32,6			

Elle donne une quantité assez appréciable de produits volatils avant 200°, et au delà de 250° jusqu'à 360° on recueille une portion importante de produits volatils. Elle pourrait donc être utilisée tout d'abord pour l'extraction d'huiles légères et enfin d'huiles lourdes.

Mais toutes les huiles lourdes ne sont pas bonnes comme lubrifiant, en raison de leur teneur en paraffine.

Les huiles riches en paraffine à poids spécifique faible offrent une faible viscosité; elles sont plus coulantes et constituent, à cause de cela, de mauvais lubrifiants. Au contraire, les produits pauvres en paraffine, mais de poids spécifique élevé, sont d'excellentes huiles à graisser : on y trouve, en effet, des hydrocarbures bouillant à plus de 300°, de densité 0,910 et au delà, propres à lubrifier les organes les plus fatigants des machines, mieux que les huiles végétales ou les graisses d'origine animale constituées par des éthers glycériques. Parmi les huiles étudiées par Deville, deux seulement présentent de l'analogie, au point de vue du rendement en matières volatiles, à une température comprise entre 100° et 250° : ce sont les deux pétroles du Hanovre.

Engler (*Dingler's journal*, t. CCLXVII et CCLXVIII) a examiné le fractionnement des huiles en recueillant les produits qui passaient à la distillation à des intervalles de température de 20°. Dans le tableau que nous lui empruntons (p. 125), on trouve, pour chaque température, le poids et le volume de la fraction obtenue, ce qui permet d'en calculer la densité, en divisant le poids par le volume.

Si l'on fait la somme, pour chaque produit, des parties bouillant au-dessous de 300°, on voit que, d'après ces expériences, le pétrole de Tegernsée est le plus léger (67 vol. pour 100), puis vient celui de la nouvelle source de Pechelbronn (39 vol. pour 100); enfin l'huile d'Oelheim et celle de la vieille source de Pechelbronn (puits 146) sont aussi lourdes l'une que l'autre.

M. Boyerton-Redwood, dans des conférences publiées par le *Journal of the Society of arts*, indique les résultats de fraction-

FRACTIONNEMENT PAR LA CHALEUR DES HUILES RUSSES ET AMÉRICAINES RAFFINÉES,
D'APRÈS BOYERTON-REDWOOD.

100 CENTIMÈTRES CUBES.	NUMÉROS.	Densités ou grammes.	DENSITÉ.	COMMENCEMENT de l'ébullition.	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°	Jusqu'à 300°	Au-dessus de 300°		
																		I	II
Huiles à brûler caustiques.	I	c. c. { 0,820 gr. }	0,820	129°	6	16	16	16,25	14,75	13	8,5	4,5	3	98	5				
	II	c. c. { 0,820 gr. }		2,25	5,23	11,94	13,33	13,1	12,17	10,66	6,37	3,27	2,32	78,39					
	III	c. c. { 0,820 gr. }		1,69	6,37	11,55	8,97	10,42	13,15	10,28	7,83	5,74	4,6	80,6	6,15				
	IV	c. c. { 0,820 gr. }		2	6,75	13	11	18,25	15	14	4,75	2,5	3,89	2,0	79,25	5			
Huiles à brûler américaines.	I	c. c. { 0,820 gr. }	0,820	119°	1,32	3,1	11,3	14,8	10,33	18,09	9,3	5,23	2,40	0,91	70,84	5			
	II	c. c. { 0,809 gr. }		6,5	7,5	7	8	6	9	7,75	9,25	11	5	77	98				
	III	c. c. { 0,800 gr. }		4,49	5,37	5,37	7,32	4,58	5,98	6,03	7,49	9,91	3,18	59,72					
	IV	c. c. { 0,805 gr. }		6,9	8,9	9	11	8,25	9	7,8	8	7	2	77,85	24,15				
	V	c. c. { 0,805 gr. }		8,5	6,5	11	12,5	10,5	9,5	6,5	6,47	6,96	5,74	1,89	62,19	20,5			
	VI	c. c. { 0,805 gr. }		5,81	4,65	9,36	9,93	8,01	7,8	4,83	5,3	6,8	6,0	68,49	78				
	VII	c. c. { 0,805 gr. }		7,75	7,5	8	7	5,75	6,25	11,5	11,5	9,75	9,75	4,75	61,97	20,75			
	VIII	c. c. { 0,800 gr. }		5,21	5,55	5,55	5,35	4,75	5,23	9,24	8,14	8,15	4	6,25	74,25	30,75			
	IX	c. c. { 0,800 gr. }		9,25	11,25	6,03	5,73	4,38	5,11	5,08	5,5	5,25	7,25	6,25	5	57,41			
	X	c. c. { 0,805 gr. }		6,51	9,29	8,5	12,5	8,75	9,5	9,25	10,5	4,75	4	3,86	3,97	66	20,75		
					2,78	6,79	9,08	7,04	7,53	7,8	8,49	3,86	3,97	66	20,75				
					10,25	9,5	8	6	6,5	4,5	10,25	9	6,5	78,5	28,0				
					7,19	7	6,25	5,89	4,88	5,02	3,58	9,8	7,82	5,5	63,13	28,0			
					8	8,75	9	7,75	6	6,25	5,75	10,75	7,75	7,75	78,75	29,25			
					5,2	6,53	6,83	6,02	4,89	4,96	7,07	4,83	9,1	6,4	61,86				
					7,25	9,75	9	7,75	8,75	5,75	5,25	9,75	8,75	10	82	28			
					5,12	7,45	6,86	5,81	6,51	4,38	4,96	8,31	7,43	7,91	67,74				
					8	14,5	12,5	7,75	5,75	6,5	5,75	6,25	4,25	81	23,5				
					5,18	11,92	9,92	6,38	4,3	5,15	4,68	8,15	5,24	3,69	63,1	23,5			

nements obtenus sur des huiles caucasiennes et américaines. Ce tableau est dressé sur le même modèle que celui que nous avons publié à propos des recherches d'Engler (p. 127).

Pour le rendement moyen, nous avons :

	Au-dessous de 150°.	De 50° à 200°.	Au-dessus de 200°.
	Pour 100.	Pour 100.	Pour 100.
Huile à brûler de Bakou. . . .	8	86,6	5,4
— américaine	16,9	57,1	26

Bien qu'il ressorte de ces données que l'huile à brûler de Bakou est mieux raffinée, c'est-à-dire qu'elle contient moins d'essences et de résidus que l'huile américaine, il n'est pas à présumer que le pouvoir éclairant de la première soit supérieur à celui de la seconde.

POUVOIR CALORIFIQUE. — Dès les débuts de l'exploitation des gisements, on a songé à utiliser les pétroles américains pour le chauffage industriel. A la suite de l'exposition de 1867, Sainte-Claire Deville entreprit un travail considérable pour déterminer les propriétés de ce nouveau combustible, et il communiqua les résultats de ses recherches à l'Académie des sciences. Pour les huiles dont il ne possédait qu'une petite quantité, il indiqua seulement le pouvoir calorifique théorique ; mais pour celles qu'il avait eues en quantité suffisante, il donna le pouvoir calorifique théorique et le pouvoir calorifique pratique. Au point de vue de la chaleur de combustion, ce sont les huiles de Bakou qui tiennent le premier rang.

POUVOIR CALORIFIQUE DES HUILES MINÉRALES PAR KILOGRAMME,

Origine du pétrole.	Densité à 0°.	Pouvoir calorifique.
Huile n° 2. Pechelbronn.	0,892	10 020
— 5. Java.	0,923	10 831
— 9. Galicie.	0,870	10 005
— 17. Virginie occidentale.	0,873	10 180
— 19. Pensylvanie.	0,816	9 963

Origine du pétrole.	Densité à 0°.	Pouvoir calorifique.
Huile n° 20. Pensylvanie.	0,886	10 672
— 22. Parme.	0,786	10 121
— 28. Balakhany	0,882	10 070
— 29. Bakou.	0,928	10 700
— 30. Bakou.	0,897	10 760
— 31. Bakou.	0,884	11 460
— 32. Bakou.	0,938	10 800

§ II. — ÉTUDE CHIMIQUE DES HUILES MINÉRALES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — Jusqu'en 1863, on ne savait que très peu de choses sur la constitution des huiles minérales. Deux chimistes français, Pelouze et Cahours, reconnurent les premiers qu'elles présentent, au point de vue chimique, de remarquables analogies de composition. Leurs recherches, qui portèrent principalement sur les pétroles d'Amérique, les conduisirent à isoler treize hydrocarbures qui vinrent compléter une famille dont on ne connaissait encore que quelques membres.

Les chimistes se lancèrent alors dans cette nouvelle voie, et les découvertes se succédèrent rapidement. Il n'est peut-être pas une famille d'hydrocarbures qui ne soit représentée dans les huiles minérales ; et non seulement chaque huile a sa composition propre, mais chacune diffère des autres par la nature et la proportion des combinaisons élémentaires.

Avant d'aborder l'examen des différents hydrocarbures dont les mélanges variables constituent les huiles minérales, il est nécessaire, pour l'intelligence des explications, de rappeler les notations scientifiques dont nous aurons à faire usage et la classification établie pour les composés d'hydrogène et de carbone.

Aux symboles des corps simples correspondent les poids atomiques.

Nous nous bornerons à indiquer ceux qui nous intéressent particulièrement.

Corps simples.	Symbole.	Poids atomique.
Hydrogène.	H	1
Oxygène.	O	16
Carbone.	C	12
Azote	Az	14
Soufre.	S	32
Brome.	Br	80

Les hydrocarbures ont été répartis en un certain nombre de familles ou séries dont les différents termes sont caractérisés par une relation constante entre les éléments constitutifs (hydrogène et carbone) et par un ensemble de propriétés fondamentales identiques. Ceux qui se rencontrent principalement dans l'analyse des huiles minérales appartiennent aux familles ou séries suivantes, ou s'y rattachent par des réactions secondaires :

1° Famille des *Hydrocarbures saturés* ou paraffinés dite aussi *série forménique*.

La formule générale de ces combinaisons est $C^n H^{2n+2}$.

Le protocarbure d'hydrogène, plus connu sous le nom de gaz des marais, dont la formule est CH_4 , est le premier terme de cette famille dans laquelle prennent rang un grand nombre d'hydrocarbures fournis par les huiles minérales.

2° Famille des *Oléfines* dite aussi *série éthylénique*.

La formule générale de ces combinaisons est $C^n H^{2n}$. Le bicarbure d'hydrogène, désigné souvent sous le nom de gaz oléfiant, dont la formule est $C^2 H^4$, est le premier terme connu de cette série.

3° Famille ou *série acétylénique*. La formule générale de ces combinaisons est $C^n H^{2n-2}$. L'acétylène, dont la formule est $C^2 H^2$, est le premier terme de cette série; nous avons signalé le rôle que lui a attribué M. Berthelot au point de vue de la formation des pétroles.

4° Famille des *hydrocarbures aromatiques*, ou *série aromatique*. La formule générale de ces combinaisons est $C^n H^{2n-6}$. La benzine, dont la formule est $C^6 H^6$, est le premier terme de cette

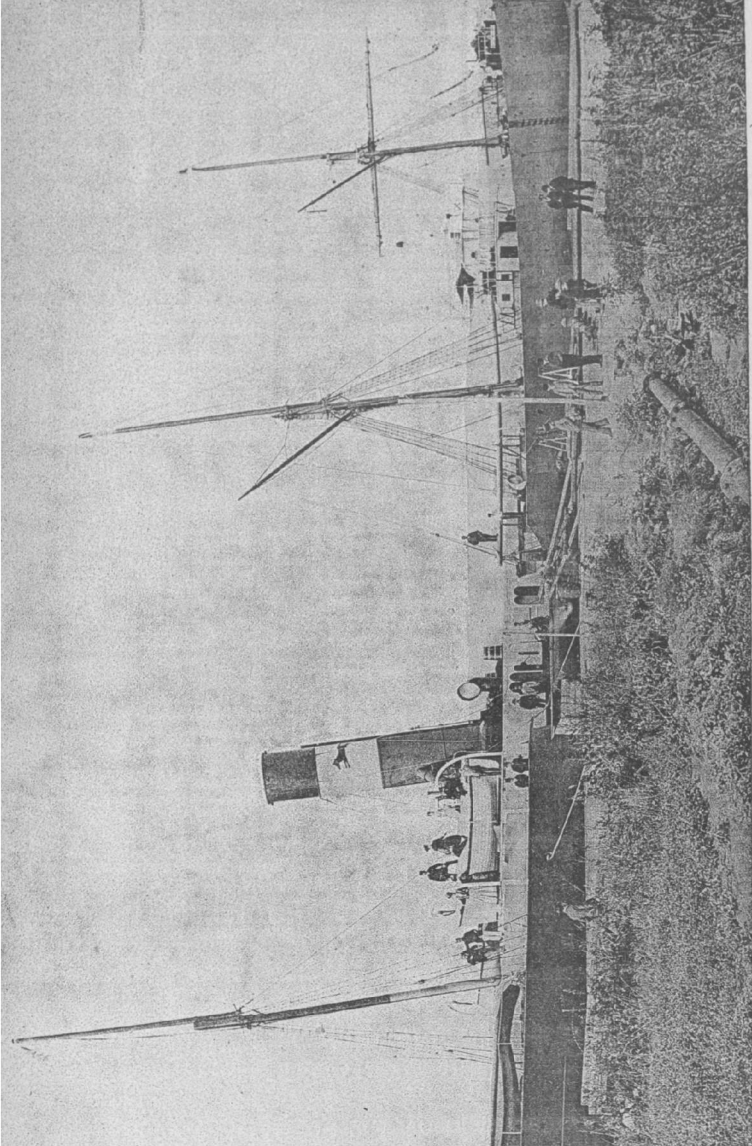


Fig. 29. — Tanksteamer *Prudence* pour le transport des pétroles.

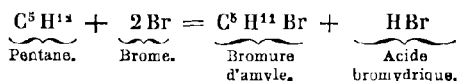
famille, à laquelle nous rattacherons l'anthracène et la naphthaline dont on rencontre divers représentants à la fin de la distillation des huiles minérales.

SÉRIE FORMÉNIQUE. — Le point d'ébullition de ces hydrocarbures varie de 0° à + 300°. A la température ordinaire, les termes inférieurs, ceux dont la formule contient les plus faibles exposants pour le carbone et l'hydrogène, sont gazeux; les termes supérieurs, ceux dont la formule contient les plus forts exposants pour le carbone et l'hydrogène, représentés par les paraffines, sont solides.

Ils sont caractérisés par une grande résistance aux agents chimiques et possèdent une odeur rappelant celle du citron ou de l'essence de térébenthine. Sous l'action de la chaleur, ils se décomposent en produisant des carbures éthyléniques.

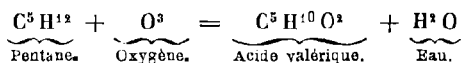
Traités par le brome, ils ne donnent naissance qu'à des produits de substitution, c'est-à-dire des produits dérivant du carbure primitif, par le déplacement de l'hydrogène et son remplacement par le brome.

C'est ainsi que le pentane nous offre la réaction :



Ce caractère permet de les différencier des carbures de la série éthylénique.

On peut les oxyder par voie indirecte, et le produit d'oxydation le plus avancé porte le nom d'acide. L'acide valérique dérive du pentane par la réaction.



SÉRIE ÉTHYLÉNIQUE OU FAMILLE DES OLÉFINES. — Les hydrocarbures qui composent cette série ont des points d'ébullition qui

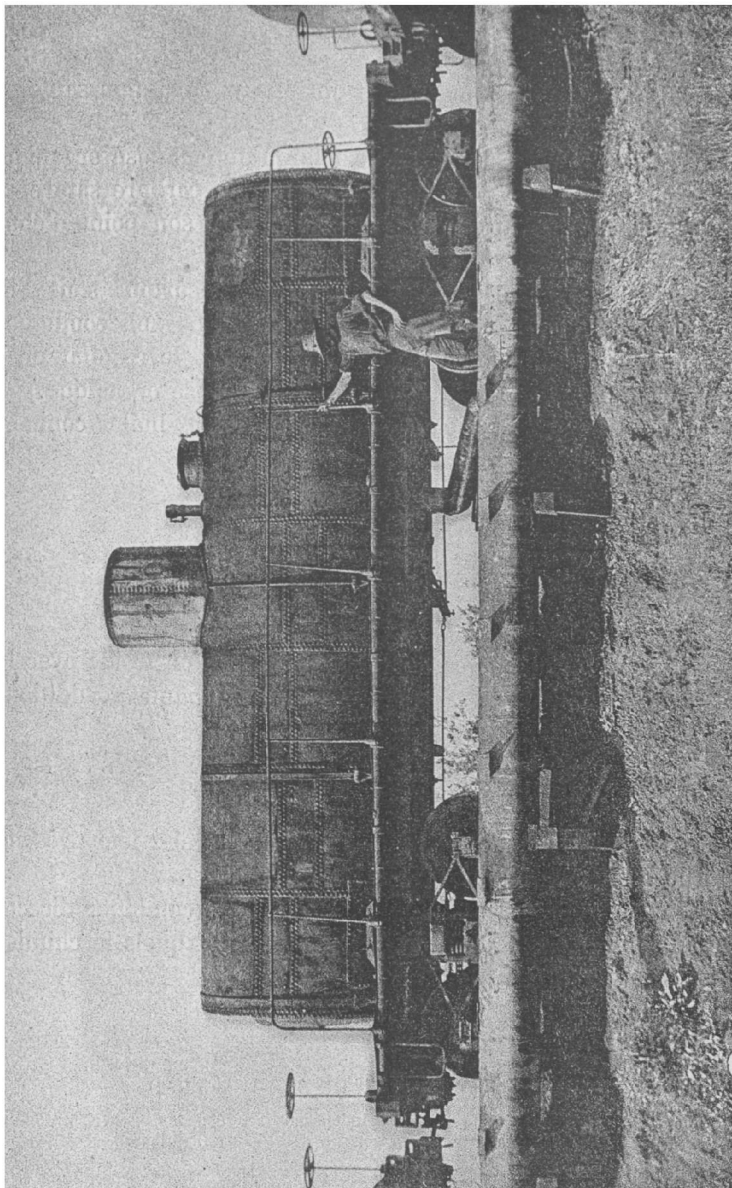


Fig. 30. — Tank-car américain.

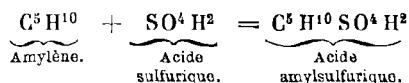
varient de (-40°) à ($+300^{\circ}$); ils ont une odeur repoussante, et les termes supérieurs sont solides.

Ils prennent naissance chaque fois qu'un composé organique est soumis à la distillation sèche, et quand un carbure saturé est porté à une température supérieure à celle de son point d'ébullition.

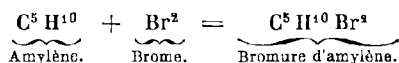
L'acide sulfurique se combine avec eux, surtout sous l'influence de l'agitation, en produisant des acides sulfoconjugués. (On appelle produit sulfoconjugué, ou sulfoné, le résultat de la combinaison de l'acide sulfurique et d'un composé organique.)

On a recours à cet agent pour débarrasser les huiles commerciales des carbures de cette série.

Exemple :



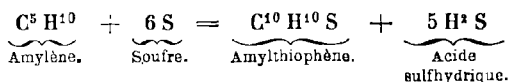
Le brome les attaque énergiquement, même à froid; avec les hydrocarbures de cette série, on obtient des produits d'addition :



Cette réaction caractéristique permet de déceler leur présence parmi les éléments des huiles minérales.

Dans de certaines conditions, ils peuvent se combiner directement au soufre, en produisant des composés auxquels le chimiste Meyer a donné le nom de thiophènes.

Exemple :



Les thiophènes, très importants au point de vue qui nous oc-

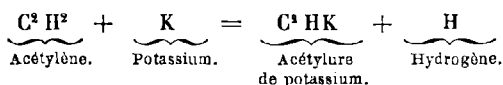
cupe, ont des propriétés physiques et chimiques peu différentes. C'est dans la benzine que Meyer les a rencontrés pour la première fois, et il n'est peut-être pas un échantillon qui n'en contienne. Sous l'action du chlorure d'aluminium, ils perdent leur soufre.

SÉRIE ACÉTYLÉNIQUE. — Les hydrocarbures acétyléniques prennent naissance dans toute distillation sèche de produits organiques (le gaz d'éclairage en contient de notables proportions) et dans toute combustion incomplète.

Sous l'action de l'acide sulfurique, ils donnent des acides sulfoconjugués.

Ils se combinent aux métaux alcalins (potassium, sodium, calcium) sous l'influence d'une douce chaleur, en donnant des produits de substitution désignés sous le nom d'acétylures.

Exemple :



Les acétylures se forment aussi dans la réaction des métaux alcalins sur l'acide carbonique et les carbonates.

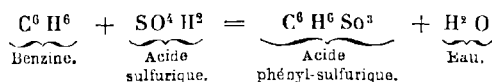
SÉRIE AROMATIQUE. — Le type des hydrocarbures aromatiques est la benzine. Ils sont susceptibles de donner naissance à des produits d'addition et à des produits de substitution.

Aucun d'eux n'est gazeux, tous sont liquides ou solides.

Leur odeur, qui est généralement forte, rappelle celle du gaz d'éclairage.

Traités par l'acide sulfurique, ils produisent des dérivés sulfoconjugués.

Exemple :



Avec l'acide nitrique, on obtient des produits de substitution nitrés. Le dérivé correspondant de la benzine est connu sous le nom de nitrobenzine, ou essence de mirbane des parfumeurs. Les propriétés caractéristiques de ces dérivés permettent de retrouver des traces de carbures aromatiques dans une huile minérale.

RÉACTIONS PYROGÉNÉES. — Sous l'action de la chaleur, les hydrocarbures donnent lieu à des réactions qui peuvent aider à expliquer soit la formation des huiles minérales, soit la formation de certains composés pendant le traitement industriel. Ces réactions sont de trois sortes : 1° *réactions de décomposition*; l'éthane (C^2H^6), par exemple, donne, à la température du rouge, de l'éthylène et de l'hydrogène; 2° *réactions de condensation*; l'hydrocarbure se combine à lui-même, sans rien perdre ni rien emprunter, comme l'acétylène qui se transforme en benzine sous l'action de la chaleur; 3° *réactions d'addition*; divers hydrocarbures mis en présence peuvent se combiner entre eux. Ainsi, quand on dirige dans un tube chauffé au rouge des vapeurs de benzine et d'éthylène, on obtient de la naphthaline et de l'hydrogène. Ces divers phénomènes ont été particulièrement étudiés par M. Berthelot qui est parvenu à combiner directement l'hydrogène et le carbone.

§ III. — LES HUILES MINÉRALES EN GÉNÉRAL.

COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS. — Les analyses les plus complètes et les plus intéressantes qu'on ait faites des huiles minérales sont dues à Sainte-Claire Deville. Les recherches de ce savant ont porté sur des produits de toute provenance. Dans le tableau qui les résume, on trouve la composition centésimale de l'huile brute et de l'huile commerciale qu'elle a fournie, ainsi que les densités, à des températures déterminées, des huiles commerciales et des résidus de la distillation. Les huiles sont désignées dans le tableau par les numéros d'ordre sous lesquels nous les avons indiqués précédemment.

COMPOSITION CENTÉSIMALE DES HUILES BRUTES B ET COMMERCIALES L;
DENSITÉ DES HUILES COMMERCIALES ET DES RÉSIDUS,
D'APRÈS SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

HUILES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	HUILE commerciale.		RÉSIDU de la distillation.	
				DENSITÉ.	TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	DENSITÉ.	TEMPÉRATURE en degrés centigrades.
N° 1 B(1) . . .	85,6	9,6	4,5				
N° 2 B	85,7	12,0	2,3				
L	84,5	12,6	2,9	0,816 à	21°,4	0,914 à	21°,2
N° 3 B	86,2	13,3	0,5				
L	84,3	13,6	2,1	0,776 à	22°,2	0,882 à	21°
N° 4 B	80,4	12,7	6,9				
N° 5 B	87,1	12,0	0,9				
L	86,2	12,2	1,6	0,811 à	20°	0,931 à	13°,3
N° 6 B	83,6	14,0	2,4				
L	83,9	14,1	2,0	0,778 à	13°,1	0,914 à	13°,3
N° 7 B	80,4	12,7	6,9				
L	83,2	13,6	3,2	0,775 à	21°	0,908 à	22°
N° 8 B	86,2	11,4	2,4				
L	84,3	12,5	3,2	0,842 à	21°	0,959 à	21°
N° 9 B	82,2	12,1	5,7				
L	80,5	13,6	5,9	0,778 à	21°	0,901 à	21°
N° 10 B	85,3	11,6	3,1				
L	83,1	12,8	4,1	0,857 à	20°	0,914 à	22°
N° 11 B	86,1	12,7	1,2				
L	86,5	12,4	1,1	0,860 à	20°,6	0,888 à	20°,4
N° 12 B	84,2	12,4	3,4				
L	83,5	13,5	3,0	0,787 à	20°	0,936 à	22°
N° 13 B	81,2	12,2	4,8				
L	83,5	13,2	3,3	0,804 à	20°	0,924 à	22°
N° 14 B	86,4	12,2	1,4				
L	84,7	12,3	3,0	0,880 à	21°	0,936 à	22°
N° 15 B	83,0	14,6	2,4				
L	83,3	16,1	0,6	0,778 à	19°,4	0,846 à	20°

(1) L'huile n° 1 renferme en outre 50 pour 100 d'azote.

HUILES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	HUILE commerciale.		RÉSIDU de la distillation.	
				DENSITÉ.	TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	DENSITÉ.	TEMPÉRATURE en degrés centigrades.
N° 16 B.	84,3	13,4	2,3				
L.	85,3	14,2	0,5	0,773 à	21°,2	0,879 à	20°,4
N° 17 B.	83,5	13,3	2,2				
L.	85,3	13,9	0,8	0,819 à	13°	0,864 à	13°,3
N° 18 B.	84,3	14,1	1,6				
L.	84,0	14,4	1,6	0,762 à	14°,2	0,860 à	14°,8
N° 19 B.	82,0	14,8	3,2				
L.	85,1	14,3	0,0	0,735 à	13°,6	0,845 à	13°,6
N° 20 B.	84,9	13,7	1,4				
L.	85,4	13,8	0,8	0,802 à	13°,2	0,875 à	13°
N° 21 B.	83,4	14,7	1,9				
L.	84,2	14,5	1,3	0,736 à	13°,6	0,845 à	13°,6
N° 22 B.	84,0	13,4	1,8				
L.	85,0	13,7	1,3	0,775 à	13°	0,850 à	11°
N° 23 B.	83,5	12,9	3,6				
L.	83,8	12,9	3,3	0,884 à	26°	0,881 à	30°
N° 24 B.	83,6	12,9	3,5				
L.	84,0	12,3	3,7	0,855 à	21°	0,893 à	24°
N° 25 B.	82,7	13,5	3,8				
L.	85,2	14,1	0,7	0,782 à	19°,7	0,864 à	20°,1
N° 26 B.	83,8	12,7	3,5				
L.	80,9	13,9	5,2	0,795 à	20°	0,890 à	28°,2
N° 27 B.	83,2	13,2	3,6				
L.	81,9	13,8	4,3	0,781 à	20°	0,874 à	21°
N° 28 B.	87,4	12,5	0,1				
N° 29 B.	87,1	11,7	1,2				
N° 30 B.	86,5	12,0	1,5				
N° 31 B.	86,3	13,6	0,1				
N° 32 B.	86,6	12,3	1,1				

TENEUR EN CARBONE ET HYDROGÈNE. — De l'examen du tableau qui précède, il ressort qu'on peut assigner à une huile minérale la composition moyenne suivante :

Carbone	84
Hydrogène.	13
Oxygène.	3
	100

Le carbone et l'hydrogène existent dans l'huile sous forme d'hydrocarbures appartenant aux familles dont nous avons eu occasion de parler.

La série saturée C^nH^{2n+2} est toujours représentée; elle forme la partie principale de l'huile.

On trouve rarement des carbures éthyléniques dans l'huile brute; ils sont au contraire abondants dans les derniers produits de la distillation. Les carbures aromatiques sont partie constituante de presque toutes les huiles, mais en proportion variable suivant leur origine. Très abondants dans les huiles russes, on n'en trouve que fort peu dans les variétés américaines.

Les carbures parafféniques suivent la même loi que les précédents.

TENEUR EN OXYGÈNE. — L'oxygène représente environ 3 pour 100 de l'huile brute. Au point de vue du mode de formation des huiles minérales, il serait intéressant de pouvoir spécifier quelle quantité y préexiste avant l'extraction, et quelle quantité s'y fixe ensuite.

D'après les données actuelles de la science, on peut poser en principe que les produits d'oxydation des carbures aromatiques, en tant que phénols (toluol C^7H^8O , xylol C^8H^{10}), etc., ont pris naissance dans le sein de la terre, tandis que les produits résineux et asphaltiques (pétrolène $C^{20}H^{32}$ et asphaltène $C^{20}H^{32}O^3$) ont été formés par suite d'un contact prolongé avec l'atmosphère. Cette dernière hypothèse s'appuie sur ce fait, que tous les lacs de pétrole situés à la surface du sol se transforment en produits asphaltiques.

Dans le premier cas (formation de phénols), la quantité d'oxygène introduite dans l'huile est minime; dans le second (formation de produits asphaltiques), elle est beaucoup plus considérable, ainsi que le prouvent les analyses de Boussingault.

Huile des puits de feu de la Chine (province Szu-Tchuan).

	Partie fluide.	Partie solide.
Carbone.	86,82 pour 100	82,85 pour 100
Hydrogène.	13,16 —	13,09 —
Oxygène.	0,00 —	4,06 —
Azote	0,02 —	0,00 —

Huile minérale asphaltique d'Égypte.

Carbone.	85,29 pour 100.	} Par incinération, laisse une cendre très riche en oxyde de fer.
Hydrogène.	8,24 —	
Oxygène.	6,22 —	
Azote	0,25 —	

Bitume de Judée.

Carbone.	77,83 pour 100.
Hydrogène.	8,93 —
Oxygène.	11,54 —
Azote..	1,70 —

Bitume provenant d'une mine d'or de la province d'Antioche.

Carbone.	71,89 pour 100.
Hydrogène.	6,51 —
Oxygène.	21,57 —
Azote..	0,03 —

Les résultats obtenus par Markownikoff sont d'un intérêt scientifique considérable; dans une huile russe étudiée par ce chimiste, une fraction bouillant entre 220° et 230° contenait 5,25 pour 100 d'oxygène.

Même en admettant que, dans les produits résineux formés par oxydation d'hydrocarbures existant primitivement, une partie de l'oxygène passe à la distillation, à l'état de combinaisons oxygénées volatiles, et que semblables combinaisons aient pu être formées directement par oxydation à l'air, la détermination de la nature chimique de ces produits n'en offre pas moins un point de départ sûr pour arriver à décider si l'oxygène préexistait, ou non, dans l'huile. Notons encore que, d'après les recherches de Kramer, quand

on a traité le pétrole distillé par une lessive de soude caustique, sa teneur en oxygène devient extrêmement faible, sans toutefois être nulle. Il résulte de là que dans les huiles commerciales, il ne peut guère exister de produits acides ou phénoliques.

TENEUR EN AZOTE. — En ce qui concerne la teneur des pétroles en azote, les données actuelles sont peu nombreuses et encore moins concordantes. Toutefois, la présence de ce métalloïde a été constatée par divers chimistes. La proportion varierait entre 0,02 et 1,1 pour 100. Il est probable que quelques-uns des produits azotés du pétrole sont des bases.

D'après les recherches de Greville Williams, on trouverait dans les goudrons des bases pyridiques (composés azotés dérivés de carbures aromatiques : elles servent à préparer l'antipyrine et autres produits similaires).

Carnegie a constaté, dans les sources de gaz de Pittsburg, l'existence de cristaux de carbonate d'ammoniaque.

TENEUR EN SOUFRE. — C'est dans l'huile de Terra-di-Lavoro (Italie) qu'on en a trouvé jusqu'ici la plus grande quantité (1,08 à 1,30 pour 100). La nature des combinaisons sulfurées, en face desquelles on se trouve, n'est pas très bien connue. Kramer pense que le soufre est engagé dans des combinaisons thiophéniques, opinion qui se trouve appuyée par ce fait découvert par Friedel et Crafts, qu'un pétrole perd son soufre quand on le traite par le chlorure d'aluminium. Hagen a trouvé, dans un éther de pétrole américain, de notables quantités de sulfure de carbone.

En ce moment même, l'influence du soufre, au point de vue des usages des huiles minérales, présente un intérêt tout particulier. Les gisements découverts dans le district de Lima (États-Unis) fournissent des huiles tellement sulfurées qu'on n'a pu jusqu'ici en extraire des huiles d'éclairage; elles sont utilisées comme combustibles.

Dans les raffineries de pétrole, la question de désulfuration n'est pas encore résolue. On élimine la plus grande partie du soufre par un traitement à l'acide sulfurique et à la soude caustique, puis

par distillation sur de la soude ou de la chaux. Mais certaines combinaisons organiques sulfurées résistent à ce traitement, et, pour les détruire, il faudrait recourir à des agents plus énergiques, comme l'acide nitrique, le chlore, l'acide carbonique, etc. Ces derniers, attaquant aussi les hydrocarbures, sont inapplicables dans le raffinage. L'emploi de la litharge (oxyde de plomb) donnerait probablement de bons résultats.

COMBINAISONS DIVERSES. - - Les hydrocarbures sont toujours accompagnés de leurs produits d'oxydation. C'est ainsi qu'Engler et Bock ont constaté la présence d'acides gras (acides butyrique et valérique) et que Kramer isola des composés à *fonction acide* dont il ne put déterminer la composition.

Aux carbures aromatiques correspondent les phénols reconnus par Markownikoff et Oglobui (Crésol, C^7H^8O , etc.); suivant Hell et Hédinger, le pétrole de Valachie contiendrait un acide correspondant à la formule $C^{11}H^{22}O^2$ dérivé d'un carbure paraffénique. Markownikoff et Oglobui en signalèrent plusieurs d'origine analogue.

A la suite de ces composés d'ordres divers qui font partie intégrante d'une huile brute normale, il convient de citer quelques autres corps qu'on y rencontre accidentellement. L'eau salée est, de toutes ces impuretés, la plus fréquente; l'association presque constante des gisements de pétrole avec les dépôts salins en explique la présence. Puis viennent les impuretés entraînées mécaniquement : le calcaire, l'oxyde rouge de fer (très abondant dans certaines huiles) et enfin le sable.

§ IV. — ACTION DE LA CHALEUR.

PRODUITS DE LA DISTILLATION. — Sous l'action de la chaleur, les huiles minérales distillent : on obtient tout d'abord des produits gazeux à la température ordinaire, qu'on utilise sur place pour le chauffage ou l'éclairage; on y trouve de l'*éthane* (C^2H^6), du *butane* (C^4H^{10}) et du *pentane* (C^5H^{12}).

On obtient ensuite des produits liquides qui sont : 1° l'éther de

pétrole, de densité 0,65, bouillant entre 45 et 70°. Composé de pentane, d'hexane (C^6H^{14}) et d'heptane (C^7H^{16}), il possède, à la température ordinaire, une tension de vapeur considérable qui rend son maniement dangereux;

2° L'essence de pétrole, de densité 0,720, bouillant de 70° à 120°, composée d'hexane, d'heptane et d'octane.

3° L'huile lampante de densité 0,780 à 0,810, bouillant entre 150 et 180°. Elle est formée par les hydrocarbures saturés compris entre l'heptane et l'heptadécane. Elle n'émet pas de vapeurs à la température ordinaire; on peut même y éteindre, par immersion, une allumette enflammée.

Elle est fréquemment accompagnée de produits sulfurés et de carbures éthyléniques, dont la formation commence à se manifester à une température supérieure.

A partir de ce moment, on peut constater l'apparition, dans les produits de distillation, de carbures appartenant à des familles diverses. Ils passent à l'alambic dans l'ordre suivant :

- 1° Carbures éthyléniques;
- 2° — acétyléniques;
- 3° — aromatiques;
- 4° et enfin l'hydrogène libre.

Ils concourent à la formation de produits divers, qui sont dans leur ordre de succession :

1° L'huile lourde, mélange de carbures très condensés, surtout de carbures éthyléniques. Sa densité oscille de 0,83 à 0,900, et son point d'ébullition, de 350° à 420°; sa couleur varie du brun au vert et présente une fluorescence très intense.

2° Les produits qu'on extrait des huiles lourdes, la paraffine et la vaseline, dont nous allons résumer les propriétés principales.

Paraffine. — La paraffine solide, de même que les huiles lourdes qui l'accompagnent, est constituée par un mélange d'hydrocarbures de densité et de point de fusion différents. Sa composition n'est pas constante et, par suite, ses propriétés sont variables.

Sa formule est très voisine de $C^{24}H^{50}$. Elle se présente sous la forme d'un corps solide, blanc, translucide, insipide et inodore. Sa densité moyenne est 0,780 et son point de fusion varie de 45° à 65° ; elle entre en ébullition à 370° et se prend en masse feuilletée par refroidissement.

On l'extrait soit de l'ozokérite par distillation, soit des huiles lourdes, par évaporation ou refroidissement. A la température du rouge, elle se décompose en naphthaline, anthracène et carbures éthyléniques.

Elle est insoluble dans l'eau; l'alcool bouillant la dissout; mais, par le refroidissement, elle précipite intégralement.

Elle est soluble dans la benzine, l'éther et les huiles essentielles. Les agents chimiques sont, en général, impuissants à l'attaquer, surtout à froid.

Vaseline. — La vaseline est un mélange des hydrocarbures $C^{16}H^{34}$ et $C^{20}H^{42}$. Légèrement fluorescente, elle est semblable à un savon transparent ayant la consistance de la graisse animale.

Ses propriétés essentielles sont à peu près constantes, quelle que soit l'origine de l'huile mère.

Sa densité est de 0,8785, et son point de fusion 30° - 31° . On l'extrait soit des résidus de distillation, par décoloration au noir animal, soit des huiles elles-mêmes, qui, après décoloration, sont distillées à la vapeur surchauffée jusqu'à consistance convenable.

Le mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potasse peut être aussi employé comme agent décolorant.

Elle est douée d'une grande résistance aux agents chimiques.

La vaseline extraite *toute formée* des huiles minérales est appelée *vaseline naturelle*, par opposition à la solution de paraffine dans une huile épurée qu'on désigne sous le nom de *vaseline artificielle*.

3° Aux huiles lourdes succèdent les goudrons liquides, épais, noirs, formés de carbures très condensés.

Sous l'action d'une chaleur rouge, ils laissent distiller des carbures éthyléniques, aromatiques, enfin des carbures très pauvres en hydrogène, et dont la constitution n'est pas très connue.

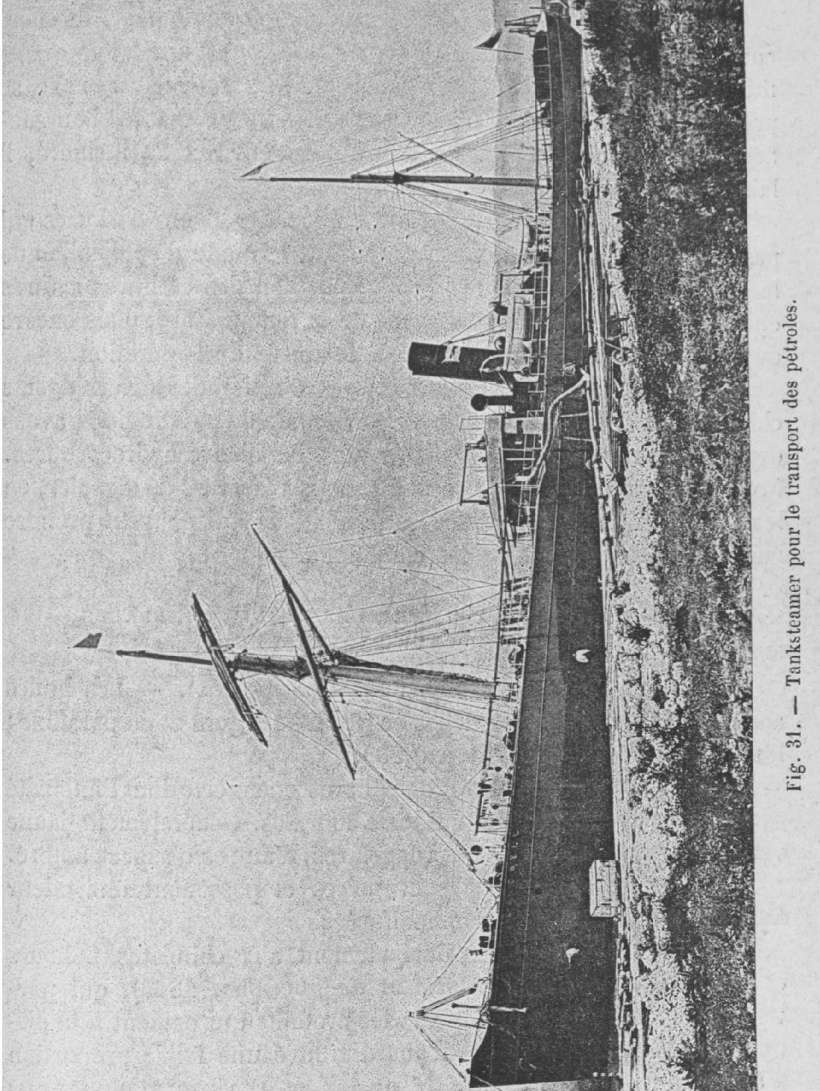


Fig. 31. — Tanksteamer pour le transport des pétroles.

Il reste alors dans la cornue, comme produit final, le coke, composé de carbone presque pur, accompagné d'une faible quantité de carbures encore plus pauvres en hydrogène. Ce coke se présente sous l'aspect d'une masse noire très cassante, boursouflée, à reflet noir luisant. Sa densité est environ 2; incinéré, il laisse un faible résidu calcaire.

En réalité, la proportion et la nature des divers carbures qui passent à la distillation varient, suivant le mode d'application de la chaleur; c'est ainsi que la décomposition des carbures saturés en oléfines dépend non seulement de la température, mais encore de la pression dans l'appareil et de la durée de l'opération.

Action des réactifs chimiques. — L'action des divers agents chimiques sur les huiles minérales découle de ce que nous avons exposé en traitant des propriétés des familles d'hydrocarbures. Nous n'insisterons pas sur ce point, nous réservant de signaler, en leurs lieu et place, les composés particuliers qui peuvent prendre naissance dans de semblables conditions.

§ V. — ÉTUDE PARTICULIÈRE DES HUILES MINÉRALES SUIVANT LEUR PROVENANCE.

HUILE MINÉRALE D'AMÉRIQUE. — *Composition.* — Les huiles américaines sont les plus riches en produits légers et en paraffine; leur densité varie de 0,765 à 0,936.

Elles sont toutes douées d'une fluorescence verte dont l'intensité est variable avec le champ qui les a fournies. Généralement jaune verdâtre, quelques-unes sont rougeâtres, d'autres d'aspect ambré.

Les huiles du Canada sont noires et possèdent une odeur fétide due à des combinaisons sulfurées.

Leur étude est due principalement aux chimistes Cahours et Pelouze (*Annales de chimie et de physique*, 1863), qui portèrent surtout leur attention sur les produits qui passent à la distillation avant 280°. Ils ont d'abord trouvé une faible proportion d'un liquide bouillant entre 5° et 10° et renfermant une assez grande quantité de *butane* (C⁴H¹⁰), puis un autre produit très

abondant qui bout entre 30° et 32° , le *pentane* (C^5H^{12}); ce liquide dissout avec la plus grande facilité les matières grasses et brûle avec une flamme très éclairante exempte de fumée. Il peut être employé avantageusement, soit pour l'éclairage, soit pour détacher les étoffes. Citons encore, parmi les hydrocarbures extraits des pétroles d'Amérique, l'*hexane* (C^6H^{14}), qui bout entre 65 et 70° . Ce liquide dissout en abondance, même à froid, la stéarine, la paraffine, la cire végétale, les huiles grasses, les acides qui proviennent de leur saponification et la naphthaline; il prend feu à l'approche d'un corps en ignition.

Si l'on soumet à des rectifications ménagées l'huile volatile d'où l'on a séparé le pentane et l'hexane, on voit la température se fixer pendant assez longtemps entre 90 et 96° . Si l'on met à part tout le liquide qui passe entre les limites de température ci-dessus dans plusieurs distillations successives, et que l'on redistille avec soin, on parvient, en opérant sur des quantités de matière un peu notables, à isoler un produit distinct : c'est l'*heptane* (C^7H^{16}), qui résiste à l'acide sulfurique et à l'acide azotique concentrés, et même à leur mélange. Le point d'ébullition de l'heptane varie de 92 à 94° . L'*octane* (C^8H^{18}), liquide bouillant de 116° à 118° , est le premier produit que l'on retire après l'heptane.

En continuant, on obtient un nouveau carbure bouillant entre 136° et 138° . Il brûle avec une flamme fuligineuse et présente vis-à-vis des réactifs la même résistance que les carbures précédents. Il dissout facilement les corps gras et les essences, mais n'agit que faiblement sur les résines; c'est le *nonane* (C^9H^{20}).

On obtient ensuite, en assez grande quantité, un liquide bouillant entre 158° et 163° , qui, à l'état de pureté, bout à 160° ; c'est le *décane* ($C^{10}H^{22}$). Le chlorure, de même que pour les carbures précédents, l'attaque énergiquement; l'acide sulfurique, l'acide azotique et leur mélange ne le modifient pas. Il dissout facilement les substances riches en carbone et hydrogène.

A l'aide de rectifications ménagées, et en purifiant le produit par l'acide sulfurique et le carbonate de soude, on peut extraire

des pétroles d'Amérique un nombre important d'hydrocarbures, dont les propriétés sont identiques à celles des hydrocarbures décrits plus haut.

Le premier, l'*undécane* ($C^{11}H^{24}$), bout entre 180° et 182° .

Le second, le *duodécane* ($C^{12}H^{26}$), bout entre 196° et 200° .

Le brome, l'acide sulfurique de Nord'hausen, l'acide azotique fumant ne l'attaquent pas à froid ; mais le mélange des deux derniers agit sur le carbure, quand on maintient pendant quelque temps le mélange à la température d'ébullition. Prolonge-t-on l'action, on voit se former une petite quantité d'un produit solide et cristallisable ; il se sépare en même temps une huile jaunâtre plus dense que l'eau ; de plus, on démêle dans les vapeurs nitreuses qui se dégagent l'odeur caractéristique des acides volatils homologues de l'acide acétique.

Il brûle avec une flamme éclairante légèrement fuligineuse, et dissout très bien les matières grasses.

Le troisième carbure, le *tridécane* ($C^{13}H^{28}$), bout entre 216° et 218° . L'action des acides sur le tridécane est la même que sur le précédent. Il brûle avec une flamme plus fuligineuse que ses homologues inférieurs, et son pouvoir dissolvant vis-à-vis des corps gras est considérable.

Le quatrième terme, qui a pu être isolé à l'état de pureté, bout entre 236° et 240° : c'est le *tétradécane* ($C^{14}H^{30}$). L'action des réactifs est la même que sur les carbures précédents ; il a la même aptitude à dissoudre les substances riches en carbone et hydrogène.

Cahours et Pelouze ont encore extrait de l'échantillon de pétrole qu'ils avaient à leur disposition un liquide incolore semblable, par ses propriétés, aux carbures précédents, auxquels ils ont reconnu la même résistance aux agents chimiques ; c'est le *pentadécane* ($C^{15}H^{32}$) ; il bout entre 258° et 262° . Enfin le dernier produit sur lequel ils ont attiré l'attention des chimistes bout vers 280° : c'est l'*hexadécane* ($C^{16}H^{34}$). Il se présente sous la forme d'un liquide incolore et se caractérise, comme les précédents, par une grande indifférence chimique.

En résumé, l'étude approfondie que ces éminents chimistes ont faite des pétroles américains leur a révélé, dans ces produits auxquels s'attache un si grand intérêt en raison des nombreuses applications dont ils sont l'objet, l'existence d'une série d'hydrocarbures homologues du gaz des marais.

Les composés qu'ils sont parvenus à isoler dans le plus grand état de pureté possible, et qui sont au nombre de treize, se caractérisent tous par une grande indifférence chimique. Tout porte à croire que le produit solide désigné sous le nom de paraffine, qu'on rencontre constamment dans les pétroles d'Amérique et qui se caractérise, comme les précédents, par une grande résistance aux réactifs les plus énergiques, se rattache à cette curieuse série. On doit admettre aujourd'hui qu'il existe plusieurs paraffines ayant des points de fusion et d'ébullition très différents; elles constituent très probablement un nombre de termes plus ou moins considérable, à la manière de ceux qui forment la partie liquide de la série.

Les hydrocarbures de la série saturée constituent presque intégralement l'huile américaine. Ils sont représentés par les produits légers, dont elles donnent le plus grand rendement, ainsi que par la paraffine et la vaseline dont elles sont parfois saturées, à ce point qu'elles font prise par l'influence du froid. Elles sont donc les plus recherchées pour la fabrication des huiles d'éclairage; leur rendement moyen est de 68 pour 100 en huile lampante. Quant à la teneur en paraffine brute, elle est en moyenne de 4 pour 100; cependant, d'après Reinitzer et Gintl, une huile du Canada n'en contenait que 3 pour 100.

HUILE MINÉRALE DE GALICIE. — D'après Engler, le poids spécifique de l'huile minérale de Galicie est compris entre 0,709 et 0,902.

Son étude chimique est due principalement à Lachowicz, qui démontra que les carbures saturés en constituent la majeure partie; ce même chimiste ne put y trouver trace de carbures éthyléniques.

Bock constata la présence de composés aromatiques, et Lachowicz, en les isolant, reconnut qu'ils sont en grand nombre,

Ils appartiennent tous à la série de la benzine, et préexistent, suivant ce dernier, dans l'huile brute.

Les carbures parafféniques s'y rencontrent également, et leur proportion est intermédiaire entre celles qui correspondent aux huiles russes et celles qui correspondent aux huiles américaines.

D'après Reinitzer et Gintl, une huile de Galicie contenait 11,4 pour 100 de paraffine.

Les huiles de Galicie donnent les proportions suivantes d'huiles d'éclairage :

Huile volatile (essence)	4 pour 100
Huile d'éclairage	60 —
Résidus	35 —

HUILE MINÉRALE DE RUSSIE. — Les huiles minérales russes sont généralement brunes et moins fluorescentes que les précédentes.

Leur densité varie, suivant Engler, de 0,785 à 0,958 ; elle est supérieure à celle des huiles américaines, et cette particularité se poursuit dans toute la série des produits qu'elles fournissent.

Plus pauvres en produits légers, et par conséquent plus riches en goudrons et résidus, elles seront moins propres à la fabrication des huiles légères, mais d'un excellent rendement en huiles lourdes. Voici, d'après Engler, les quantités comparatives de ces divers produits, exprimées en poids et en volume, pour une huile américaine, et deux huiles russes :

ORIGINE DE L'HUILE.	Température										HUILES à brûler.		RÉSIDUS Cent. cubes.	
	Jusqu'à 130° C.	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° (Essences).			
Pensylvanie..	{c. c.	24,5	7,0	4,5	4,5	6,5	5,0	4,75	3,25	4,0	2,5	31,5	35	33,5
	{gr..	16,8	4,7	3,2	3,3	4,8	4,3	4,2	3,0	3,9	2,5	24,5	29,2	
Bakou (Bibi-	{c. c.	16,0	7,0	6,5	6,5	5,0	5,0	5,0	5,5	3,5	1,0	23,0	38,0	39
	{gr..	11,0	5,7	4,9	5,1	4,1	4,2	4,2	4,7	3,1	0,9	16,7	3,2	
Bakou (Bala- khany).	{c. c.	3,75	4,75	5,5	4,75	5,25	5,0	7,0	4,75	5,5	1,75	8,5	39,5	52
	{gr..	2,7	3,4	4,3	4,0	4,3	4,1	5,6	4,1	4,6	1,6	6,1	32,6	

Au point de vue industriel, la teneur en parties bouillant moyennement au-dessous de 150° a une grande importance; et si les parties bouillant au-dessus de 250° et de 300° ont un poids spécifique relativement faible, on peut élever le rendement en huiles à brûler sans en altérer la qualité, en lui ajoutant une plus grande quantité de ces fractions, ce qu'on ne pourrait faire avec des pétroles dont les parties supérieures seraient relativement lourdes.

On peut appliquer ces observations au pétrole de Pensylvanie et au pétrole de Bakou, dont les fractionnements viennent d'être indiqués.

Le premier donne, en volume, 35 pour 100 comme fraction d'huile à brûler, et le second 39,5, et cependant, dans les raffineries américaines, on obtient plus d'huile à brûler que dans celles de Bakou; la cause en est que, des 31,5 pour 100 de parties bouillant au-dessous de 150°, essences du pétrole pensylvanien, on peut utiliser une notable partie pour l'éclairage, sans diminution du pouvoir éclairant, tandis que le pétrole de Balakhany est peu riche en parties bouillant au-dessous de 150°, et donne, au-dessus de 300°, des huiles peu combustibles et de poids spécifique élevé, qui ne peuvent être employées comme il est dit plus haut.

Dans les raffineries de Bakou, on ne peut utiliser que la moitié de ce qu'on utilise dans celles d'Amérique; en moyenne, les premières obtiennent 8 pour 100 de produit bouillant au-dessus de 150° et 5,4 pour 100 de produit bouillant au-dessus de 290°, tandis que dans les secondes on arrive à extraire 26 pour 100 de produit bouillant au-dessus de 290°. Ces chiffres ne sont que des moyennes et, pour fixer les idées, nous citerons les rendements en différents produits des huiles de deux puits de Bakou :

	Bibi-Eybat.	Balakhany.
Huiles volatiles.	10,5 pour 100	5 à 6 pour 100
Huile d'éclairage n° 1. . .	40 —	27 à 33 —
Huile d'éclairage n° 2. . .	13,5 —	5 à 6 —
Résidus	36 —	50 à 60 —

Faisons remarquer la différence énorme en résidus comparativement aux huiles d'Amérique; ces dernières peuvent en donner jusqu'à 33^{vol},5 pour 100, mais, en moyenne, on admet de 5 à 10 volumes seulement.

Ce n'est pas seulement dans la proportion des produits qui passent à une même température que les huiles russes diffèrent des huiles américaines; c'est aussi dans la nature des réactions dont elles sont le siège pendant la distillation. Tandis que les premières semblent distiller sans altération, les secondes dégagent, même en opérant dans le vide, une masse considérable de gaz, surtout quand la masse du produit restant dans la cornue atteint une densité de 0,850. En opérant à l'aide de la vapeur surchauffée, il reste toujours un quart de la masse, sous forme de goudrons qui ne peuvent être distillés sans décomposition.

Les huiles russes sont moins riches en paraffine que les huiles américaines et on peut utiliser cette différence de teneur pour les reconnaître. Si on les expose au froid, les secondes se prennent en masse en très peu de temps, par suite de la précipitation de la paraffine.

Des quelques lignes qui précèdent on conclut que la composition des huiles russes est très différente de celle des huiles américaines.

Mais, comme l'avaient démontré Cahours et Pelouze, elles ont néanmoins bien des points communs, et pour ne pas avoir à répéter ce que nous avons eu occasion de dire en traitant des huiles d'Amérique, au sujet des hydrocarbures qui leur sont communs, nous ne nous occuperons que des points sur lesquels elles diffèrent.

De même que les huiles américaines, elles contiennent des hydrocarbures C^nH^{2n+2} , mais cela en bien plus faible proportion; aussi sont-elles d'un rendement médiocre en produits légers, huiles d'éclairage. La majeure partie de leur masse, d'après Schutzenberger et Jonine, est formée par des carbures parafféniques que l'on rencontre surtout dans la fraction distillant entre 150° et 180°.

§ VI. — ESSAI DES HUILES MINÉRALES.

QUALITÉS GÉNÉRALES. — Les qualités qu'on recherche dans une huile minérale varient essentiellement, suivant les applications auxquelles elle est destinée; il est donc très important de pouvoir les vérifier. C'est ce que l'on fait au moyen d'appareils qui servent respectivement à étudier le degré de concentration des liquides, leur densité, leur fluidité, leur inflammabilité, leur puissance éclairante, etc.

DEGRÉ DE CONCENTRATION. — Pour les divers liquides que l'on trouve dans le commerce, le degré de concentration importe plus que la densité, au fabricant et à l'acheteur. On a donc adopté, pour chaque liquide, un degré de concentration commerciale dont il n'est permis de s'écarter que très légèrement et dont on cherche simplement à vérifier la réalisation. Cette vérification peut s'effectuer instantanément, au moyen des appareils flotteurs désignés sous le nom d'aréomètres à poids constant et de densimètres dont tous les traités de physique contiennent la description et les usages. Sans entrer dans le détail de leur construction, nous nous contenterons de citer le travail de MM. Berthelot, Coulier et d'Almeida, qui ont fixé avec exactitude les densités correspondantes aux divers degrés de l'aréomètre de Baumé pour les liquides plus lourds ou plus légers que l'eau. Les tables qu'ils ont construites permettent de passer, sans calculs, de la graduation sur l'aréomètre à la densité cherchée. Il est utile d'ajouter que les instruments dont il s'agit ont le défaut d'avoir une graduation arbitraire et sont loin d'être comparables entre eux, ce qui peut occasionner des erreurs assez notables; mais ces inexactitudes ne les empêchent pas de rendre de très grands services dans l'industrie.

Les densimètres sont susceptibles de plus de précision que les aréomètres. Le type des densimètres est celui de Gay-Lussac. En désignant par n le numéro de la division correspondant au point d'affleurement dans un liquide, on obtient immédiatement la densité de ce liquide en divisant 100 par n .

FLUIDITÉ. — Au point de vue des applications industrielles, la connaissance de la plus ou moins grande fluidité d'une huile est très importante; aussi a-t-on cherché, depuis fort longtemps, à la mesurer.

Le procédé employé pour cette détermination consiste ordinairement à faire écouler l'huile en essai par un orifice ou un ajustage de section réduite, et à mesurer soit la quantité du liquide écoulé pendant un certain temps, soit le temps nécessaire à l'écoulement d'une quantité fixe de liquide.

Ce procédé met ainsi en jeu la cohésion qui s'exerce entre les molécules du liquide et l'adhésion de celles-ci pour les molécules du corps solide constituant les bords de l'orifice ou les parois de l'ajutage; de telle sorte que les chiffres trouvés résultent de cette adhésion, en même temps que de la viscosité proprement dite du liquide. Au point de vue de l'appréciation des qualités lubrifiantes, cette complexité est plutôt avantageuse que nuisible, car c'est grâce à l'adhésion qui s'exerce entre les métaux et l'huile, que celle-ci est entraînée entre les organes, malgré leur mouvement relatif.

Dans les appareils employés jusqu'à ce jour, les dimensions données aux orifices ou aux ajustages ne créaient qu'une faible résistance au mouvement du liquide; de là des différences peu sensibles dans les résultats fournis par les différentes huiles et une grande difficulté d'établir des appareils donnant des résultats concordants.

Les limites de cet ouvrage ne nous permettent pas de décrire les différentes méthodes suivies par les expérimentateurs pour déterminer le degré de fluidité des huiles. Mais nous pouvons dire que les anciens appareils, celui de Fischer, l'ixomètre de M. Barbey et les appareils les plus récents permettent de conclure que c'est à la température de 35° que les huiles manifestent le mieux leur fluidité propre. Il résulte d'ailleurs de nombreuses expériences que la fluidité est une propriété complètement indépendante de la densité et qu'elle peut fournir d'utiles indications sur la constitution des huiles. Par elle, on obtient, pour les différencier, un nouvel

élément qui vient s'adjoindre à la densité qui est une donnée si importante. Il nous paraît utile d'ajouter que la connaissance des fluidités de diverses huiles est nécessaire pour composer des mélanges ayant des propriétés lubrifiantes déterminées, les recherches effectuées par divers expérimentateurs ayant démontré que la fluidité d'un mélange est représentée par la moyenne des fluidités des huiles qui entrent dans sa composition.

CAPILLARITÉ. — L'ascension de l'huile dans la mèche est due aux phénomènes de capillarité ; par suite, on a intérêt à mesurer, au point de vue de la valeur commerciale d'une huile à brûler, la rapidité avec laquelle elle s'y élève.

Si l'ascension se fait trop lentement, la mèche *charbonne* et la lampe fume.

Cet essai se fait très simplement : il consiste à tremper dans l'huile l'extrémité inférieure d'une mèche et à mesurer le temps que met l'huile à monter à une hauteur déterminée.

Pour que les résultats soient comparables, il faut opérer avec des mèches identiques, soigneusement séchées.

Voici quelques résultats obtenus par Engler, en observant le temps que met l'huile à s'élever de 10 et de 15 centimètres :

	Densité.	Viscosité.	Durée de l'ascension en minutes jusqu'à	
			10 centim.	15 centim.
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
Huile d'Oelheim	0,819	1,13	3,75	9,5
— de Pechelbronn	0,809	1,17	4,0	11,5

Ces résultats montrent qu'en général l'huile monte d'autant plus vite qu'elle est moins visqueuse, et que la rapidité d'ascension ne dépend en aucune façon du poids spécifique.

COULEUR. — Non seulement la couleur d'une huile brute varie avec sa provenance, mais la couleur des huiles d'un même *champ* peut n'être pas la même. En voici quelques exemples :

Nom du champ.	Densité.	Couleur.
Washington 1.	0,777	jaune.
— 2.	0,798	jaune.
— 3.	0,819	ambrée.
— 4.	0,808	ambrée.
— 5.	0,816	brune.
— 6.	0,828	brune.
Bradford 1.	0,810	brun rougeâtre.
— 2.	0,797	brun rougeâtre.
— 3.	0,802	ambré foncé.

On prévoit facilement que leurs produits seront de couleurs différentes : en Angleterre, cinq couleurs sont adoptées dans le commerce du pétrole et portent les noms respectifs de *négociable*, *blanc type*, *blanc exquis*, *blanc superfin* et *blanc d'eau*.

En Angleterre, en Amérique et en Russie, la couleur du pétrole est déterminée par le *colorimètre* ou *chronomètre* de Wilson; cet appareil se compose de deux tubes parallèles, munis à leur extrémité inférieure d'un petit miroir destiné à en éclairer l'intérieur par réflexion.

L'un des tubes est complètement rempli de l'huile qu'il s'agit d'essayer; sous l'autre qui reste vide, on place un disque de verre peint de la couleur type; après avoir ajusté les miroirs, il est facile de comparer la couleur de l'huile à celle du disque de verre.

On peut aussi employer le colorimètre ou teintomètre de M. Lovibond, de Salisbury.

C'est un tube portant une cloison longitudinale, afin de séparer la vision de chacun des yeux. Cette cloison, mince du côté de l'observateur, s'épaissit à l'autre extrémité: On peut faire varier les ouvertures par des diaphragmes. Des rainures sont ménagées pour insérer des verres colorés ou pour permettre l'introduction des vases en verre qui contiennent les liquides à apprécier.

Le tout est arrangé pour que la même quantité de lumière passe de chaque côté de la cloison, éclairant d'un côté la substance à apprécier, de l'autre le verre type; cette lumière seule arrive aux yeux de l'observateur. Les vases où sont renfermés les liquides à

analyser ont leurs faces parallèles, ce qui facilite beaucoup l'appréciation. Chaque appareil possède des séries de verres colorés, chaque série reproduisant une teinte particulière avec des intensités différentes.

ESSAI DU FROID. — Sous l'action du froid, certains hydrocarbures se séparent à l'état solide, et si la température est suffisamment basse, l'huile tout entière peut se prendre en masse. On conçoit l'inconvénient qui en résulte, lorsque l'huile alimente des lampes exposées, comme celles qui éclairent l'avant des locomotives, à de grandes variations de température. Aussi, les Compagnies de chemins de fer exigent-elles qu'on leur livre des huiles dont le point de congélation soit au-dessous d'une limite déterminée, ordinairement comprise entre -10° et -20° .

Pour faire l'essai, on remplit d'huile un tube de verre cylindrique de 20 centimètres de longueur sur 2 centimètres de diamètre, et on le plonge dans le réfrigérant d'une machine Cailletet, préalablement rempli d'alcool. On suit la température à l'aide d'un thermomètre, et, en retirant de temps à autre le tube d'essai, on saisit le moment où l'huile devient trouble et suffisamment visqueuse pour ne plus couler quand on la renverse. Le thermomètre donne la température de congélation.

POINT D'INFLAMMABILITÉ. — La température à laquelle une huile émet des vapeurs inflammables s'appelle *point d'éclair* ou *d'inflammabilité*; la température à laquelle il faut porter une huile pour qu'elle continue à brûler, après avoir été allumée, s'appelle *point d'ignition* (burning point). Dans le premier cas, les portions volatilisées s'enflamment et l'action s'arrête là; dans le second, l'inflammation se communique à l'huile, qui continue à brûler à la surface.

Or il peut arriver que, par suite d'un raffinage mal conduit, ou par suite d'une économie malhonnête, l'huile commerciale contienne des principes volatiles à la température ordinaire; ils tendront à se dégager et formeront avec l'air un mélange explosif dont la violence est malheureusement trop connue. Le raffineur et le

commerçant ont donc besoin de pouvoir contrôler une huile, d'une façon sûre et rapide.

Pour atteindre ce but, divers appareils peuvent être employés, ils se partagent en deux catégories suivant le principe sur lequel ils reposent :

1° Les appareils de la première catégorie servent à mesurer à une température déterminée la tension de vapeur d'une huile, tension que l'on admet proportionnelle au danger qu'offre son emploi pour l'éclairage.

L'appareil de Salleron et Urbain se compose d'une petite boîte en cuivre ou laiton A hermétiquement fermée par un disque rodé *dd*.

La colonne D, soudée au milieu du fond, se prolonge en cône au-dessus du couvercle et se termine par une vis munie d'un écrou *n* permettant de serrer fortement le disque *dd*, ou couvercle, contre la boîte. Un thermomètre *t* et un manomètre *m* long de 30 à 35 centimètres sont fixés au couvercle, dans lequel se trouve une ouverture circulaire *o*.

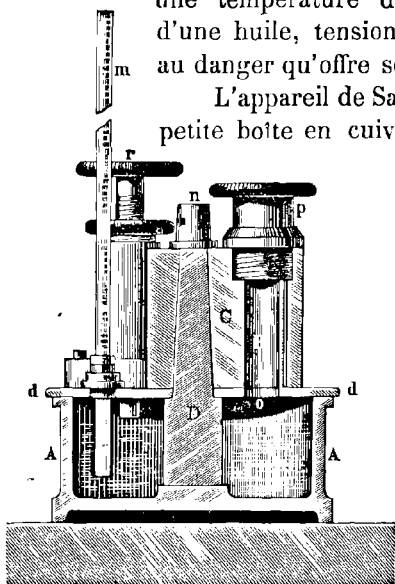


Fig. 32.
Appareil de Salleron et Urbain.

chambre B, ménagée dans la pièce C, en faisant glisser un peu cette dernière à droite ou à gauche sur le couvercle. On fait mouvoir C par une rotation autour du prolongement conique de la colonne D servant d'axe. L'écrou *n* permet de presser fortement C contre le couvercle afin d'assurer la fermeture. Tous les joints sont enduits de graisse.

MM. Salleron et Urbain ont mesuré à l'aide de cet appareil la

tension de vapeur entre 0° et 35° d'un échantillon de pétrole reconnu exempt de produits de densité inférieure à 0,755 et de produits dont la densité dépassait 0°,820.

Le tableau suivant reproduit les résultats de leurs expériences :

Température en degrés centigrades.	Tension de la vapeur en millimètres d'eau.	Température en degrés centigrades.	Tension de la vapeur en millimètres d'eau.
0.	34,5	18.	73
1.	36	19.	76
2.	37,5	20.	79
3.	39	21.	82,5
4.	41	22.	86
5.	43	23.	90
6.	45	24.	95
7.	47	25.	100
8.	49	26.	105
9.	51	27.	110
10.	53	28.	116
11.	55	29.	122
12.	57	30.	129
13.	59	31.	136
14.	61,5	32.	144
15.	64	33.	155
16.	67	34.	163
17.	70	35.	174

2° Dans les appareils de la seconde catégorie, on chauffe l'huile dans un réservoir, jusqu'au point où les gaz accumulés au-dessus puissent être allumés ou faire explosion au contact d'un corps en ignition ; on se rapproche ainsi des conditions de l'éclairage.

Ces appareils doivent satisfaire aux conditions suivantes : la production et l'inflammation des gaz doivent se faire dans des conditions identiques, de sorte qu'il faut toujours opérer sur la même quantité d'huile ; l'échauffement de la masse doit être graduel, réparti uniformément et autant que possible indépendant de la dimension de la flamme. Dans tous les essais, la petite flamme qui communique l'inflammation aux vapeurs doit être placée à la même distance de la surface de l'huile, avoir la même

longueur et la même intensité. Il va de soi que les circonstances dans lesquelles se forment les vapeurs à l'intérieur des lampes doivent être réalisées autant que possible, afin que dans ces essais on se trouve dans les conditions les plus favorables pour la formation des vapeurs et l'explosion.

Les appareils de cette catégorie diffèrent entre eux par le principe même de leur construction et le mode d'inflammation des vapeurs : les uns indiquent la température à laquelle l'huile émet des vapeurs inflammables ; ce sont les appareils avec *réceptacle à pétrole ouvert*, dont le meilleur est celui de Saybolt ; les autres indiquent la température à laquelle les vapeurs émises font explosion : ce sont les appareils avec *réceptacle à pétrole fermé*. Ces derniers fournissent des résultats plus exacts, en ce sens qu'ils se rapprochent davantage de nos lampes à pétrole et que certaines causes de perturbation sont écartées, par exemple, le mouvement ascensionnel de l'air chaud. Les résultats sont, par conséquent, plus concordants. Nous décrirons seulement un des appareils à réceptacle fermé, celui d'Abel, au moyen duquel les pétroles expédiés en Angleterre doivent être essayés, conformément aux termes d'une convention passée entre les négociants anglais et américains.

L'appareil d'Abel (fig. 33 et 34) se compose d'un réceptacle cylindrique à huile A, en laiton étamé intérieurement, mesurant 58 millimètres de hauteur et 51 millimètres de diamètre. A 10 millimètres au-dessous de sa partie supérieure se trouve un rebord annulaire ; une tige en fer *a*, dont la pointe, dirigée vers le haut, sert de repère, est soudée à la partie du réceptacle à 38 millimètres du fond. La fermeture est assurée par un couvercle muni d'un thermomètre *b* et de la lampe *c*. Cette dernière peut tourner autour d'un axe horizontal. Le réservoir du thermomètre plonge entièrement dans l'huile et se trouve à une distance de 38 millimètres du milieu du couvercle. Ce dernier est muni de trois ouvertures rectangulaires : une au milieu (mesurant 13×10 millimètres), et deux plus petites, vis-à-vis l'une de l'autre et près des côtés (mesurant $7,5 \times 5$ mil-

limètres). On peut les fermer ou les ouvrir 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, et l'extrémité de son orifice touche exactement la surface du couvercle; elle reprend alors sa position primitive par le mouvement de retour de la coulisse.

La distance entre l'orifice du bec de la lampe et l'ouverture moyenne est de 8 millimètres et le diamètre du bec de la lampe de $1^{\text{mm}},6$.

Le bain-marie qui sert à chauffer se compose de deux cylindres en cuivre; l'un BB, placé à l'intérieur, mesure 76 millimètres de hauteur et $53^{\text{mm}},5$ de hauteur; l'autre CC, extérieur, mesure 146 millimètres de hauteur sur 140 millimètres de diamètre. Ils sont reliés à une plaque de cuivre

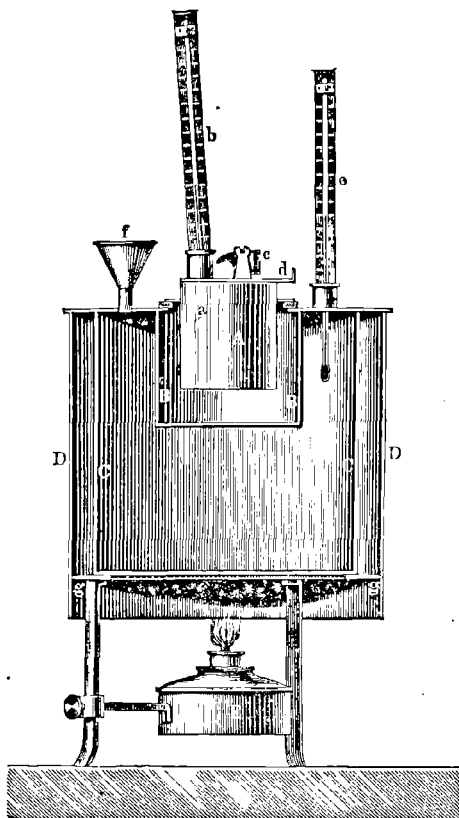


Fig. 33. — Appareil d'Abel.

percée d'une ouverture destinée à recevoir le récipient à huile. Pour éviter la transmission de chaleur, le récipient à huile repose par son rebord annulaire, non sur la plaque de cuivre, mais sur un anneau d'ébène vissé sur le rebord de cette dernière; et, bien

entendu, les vis de serrage ne dépassent pas la surface supérieure de l'anneau.

Le thermomètre *e* donne la température de l'eau, et 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 de cuivre DD formant enveloppe. La lampe est disposée sur un des trois pieds du support à l'aide d'un bras mobile, et la distance du porte-mèche au fond du bain-marie est de $25^{\text{mm}},4$. On peut substituer un bec à gaz à la lampe à alcool ordinairement en usage.

Si l'essai porte sur des huiles légères, le bain-marie doit être rempli primitivement d'eau froide; on mettra tout d'abord de l'eau chauffée à 49° centigrades, si l'essai porte sur des huiles lourdes.

POUVOIR ÉCLAIRANT. — La mesure de l'intensité lumineuse s'exprime ordinairement en fonction de la lampe carcel. Cette lampe brûle à l'heure 42 grammes d'huile de colza épurée et a les dimensions suivantes, qui ont été proposées par MM. Dumas et Regnault :

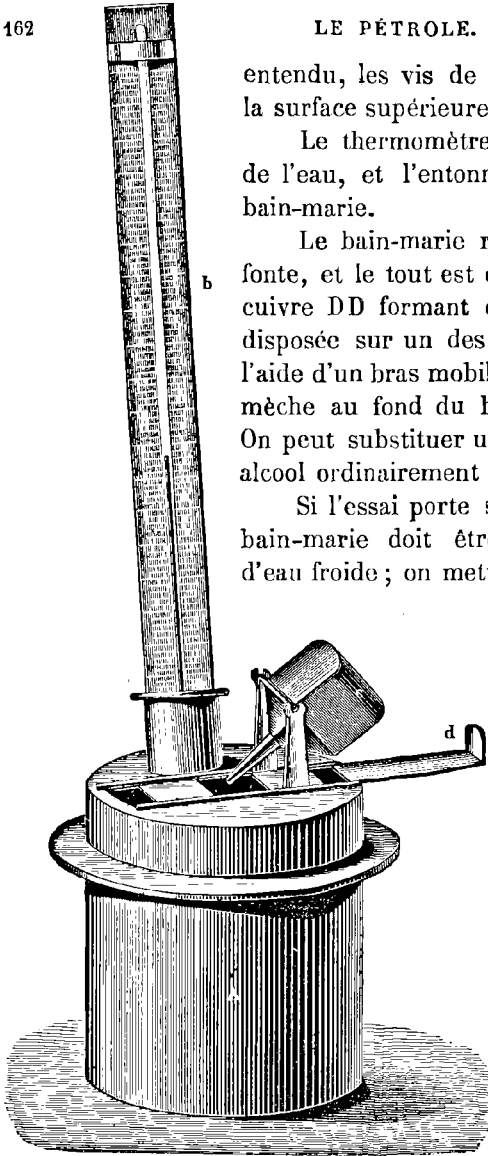


Fig. 34. — Appareil d'Abel.

	Millimètres.
Diamètre extérieur du bec.	23,5
— du courant d'air intérieur	17
— — extérieur	45,5
Hauteur totale du verre.	290
Distance du coude à la base du verre.	61
Diamètre extérieur du niveau du coude.	47
— — du verre pris du haut.	"
— — de la cheminée.	34
Épaisseur moyenne du verre.	2

La consommation d'une lampe à huile végétale se détermine en observant le temps nécessaire à la combustion de 10 grammes. On en déduit la consommation correspondante pour une heure et la valeur éclairante de la lampe comparativement à celle de la carcel normale brûlant 42 grammes par heure.

Les appareils photométriques au moyen desquels on compare les pouvoirs éclairants de deux sources lumineuses sont basés sur certaines définitions et lois qu'il est bon de rappeler.

Deux sources lumineuses ont des intensités égales quand, placées de la même manière, par rapport à une même surface, elles l'éclairent de la même façon, c'est-à-dire quand elles produisent sur l'œil la même sensation lumineuse.

L'intensité d'une source lumineuse I est double, triple, etc., de celle d'une source I' quand elle produit sur une même surface le même éclairement que 2, 3, etc., sources égales à I' et placées de la même façon.

Si l'on fait varier la distance d'une source lumineuse à la surface éclairée, les quantités de lumière reçues par la même surface sont inversement proportionnelles aux carrés des distances de la source à la surface.

Si deux sources lumineuses S et S', ayant des intensités I et I' et placées à des distances d et d' d'une même surface, produisent le même éclairement, les intensités sont proportionnelles aux carrés des distances, c'est-à-dire qu'on a l'égalité :

$$\frac{I}{I'} = \frac{d^2}{d'^2}$$

Telles sont les lois qui régissent l'emploi des appareils photométriques. Pour comparer deux lumières, on compare les éclaircissements qu'elles produisent sur un même écran.

Mais, comme il est très difficile de juger du rapport qui existe entre deux sensations lumineuses différentes, on s'arrange pour que ces sensations soient pareilles, ce qui est plus facile à reconnaître. On fait donc varier les distances des lumières à l'écran, de façon à avoir le même éclaircissement, et la loi des distances permet de calculer les intensités lumineuses.

Les photomètres actuellement proposés sont déjà assez nombreux ; nous nous contenterons de décrire ceux de Foucault et de Bunsen, qui sont d'un usage assez simple et fournissent des résultats suffisamment exacts.

Photomètre de Foucault. — Le photomètre de Foucault, imaginé d'après celui de Bouguer, se compose d'un cadre en bois auquel est adapté un écran transparent en papier mince ou en verre dépoli. Une cloison opaque, des deux côtés de laquelle se trouvent les deux sources que l'on veut comparer, est placée perpendiculairement à cet écran et peut en être éloignée ou rapprochée à volonté, au moyen d'une vis de rappel manœuvrée à la main, de manière à faire disparaître la ligne d'ombre produite sur l'écran par le bord de la cloison.

Pour exécuter l'expérience, on éloigne plus ou moins de l'écran les deux lumières étudiées jusqu'à ce que l'on ait obtenu le même éclaircissement de l'écran. On mesure alors la distance de ce dernier aux deux sources lumineuses et on applique la formule que nous avons donnée ci-dessus.

Photomètre de Bunsen. — Cet appareil consiste essentiellement en un disque de papier blanc poreux, au centre duquel on a tracé une petite raie avec un corps gras comme la cire ou la stéarine. Ce papier, éclairé et regardé par réflexion, paraît sombre au centre et blanc sur le reste de sa surface. Regardé par transparence, il présente l'aspect contraire ; il est blanc au centre et sombre partout ailleurs.

La figure 35 indique la disposition de l'appareil. Le disque de papier est porté par un curseur qui peut se déplacer le long d'une règle divisée. De chaque côté du disque on met les deux sources lumineuses à comparer, et l'on déplace le disque jusqu'à

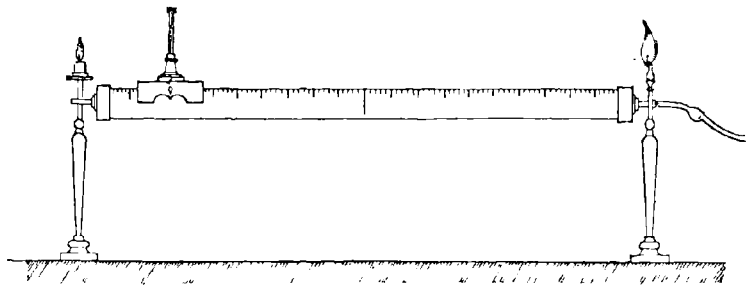


Fig. 35. — Photomètre de Bunsen.

ce que son centre soit également éclairé sur ses deux faces et que la raie sombre ait complètement disparu.

ESSAI DES HUILES POUR MACHINES.— Les huiles destinées au graissage peuvent avoir une action nuisible sur les organes des machines, quand elles ont été mal préparées. Il y a donc lieu de les essayer d'une façon approfondie avant de les livrer à la consommation. Les conditions que doit remplir une bonne huile de graissage sont les suivantes : elle doit avoir une densité et une fluidité convenables ; elle ne doit contenir ni produits légers ou hydrocarbures faisant prise sous l'action du froid, ni substances résineuses, ni acides organiques ou inorganiques, ni parties insolubles ou mucilagineuses ; elle ne doit s'acidifier ni se résinifier à aucune température.

On réalise chacun de ces essais de la façon suivante :

1° Détermination de la densité. — L'emploi de l'aréomètre Baumé suffit à tous les cas. Pour une huile d'origine russe, la densité sera comprise entre 0,890 et 0,920, bien que l'on en rencontre dont le poids spécifique est plus élevé. Si l'huile est d'origine

américaine, la densité devra être comprise entre 0,805 et 0,915.

2° *Détermination de la fluidité.* — Nous nous sommes occupé de cette question page 154.

3° *Recherche des produits légers.* — Dans un récipient de verre, chauffé sur un bain de paraffine, on place une certaine quantité de l'huile à essayer; un thermomètre y plonge et indique la température à laquelle pourront être enflammées les vapeurs qui se dégagent.

Brenken préfère l'emploi d'un creuset en porcelaine chauffé au bain de sable; cet essai est analogue à la détermination du point d'inflammation des huiles d'éclairage.

4° *Détermination du point de solidification.* — On doit rechercher si, à des températures assez basses, l'huile laisse déposer des hydrocarbures solides ou si elle se solidifie entièrement. Les huiles lubrifiantes, de bonne qualité, sont encore très fluides à 0°; elles prennent la consistance d'un onguent épais entre —2° et —10° et ne se solidifient généralement qu'entre —10° et —12°. Les huiles russes résistent fort bien à l'action du froid; pour quelques-unes d'entre elles, la prise en masse ne s'effectue qu'à —30°.

ESSAI RELATIF A LA DIMINUTION DE FROTTEMENT. — La détermination du coefficient de frottement permet de mesurer directement l'action lubrifiante; on arriverait, mais indirectement, au même résultat, en mesurant l'échauffement d'un coussinet graissé avec l'huile essayée, après un certain nombre de rotations.

Parmi les appareils destinés à mesurer l'influence d'une huile lubrifiante sur la valeur du coefficient de frottement, quelques-uns fournissent des renseignements complémentaires d'une haute importance, tels que la propension de l'huile à l'épaississement ou à la résinification, la quantité de matière dépensée, la variation du pouvoir lubrifiant avec la température.

Dans cet ordre d'idées il n'existe pas d'unité; les résultats obtenus ne sont que comparatifs, c'est-à-dire qu'ils indiquent la supériorité ou l'infériorité de l'huile essayée sur telle ou telle autre reconnue bonne et prise comme type.

Les principaux appareils permettant d'effectuer cette comparaison sont les suivants :

1° *Appareil de Mac-Naught* (de Glasgow). — Au moyen de cet appareil on apprécie le pouvoir lubrifiant par l'observation directe de la diminution du frottement. Il se compose d'une broche verticale A fixée sur une table au moyen d'un support B et d'une

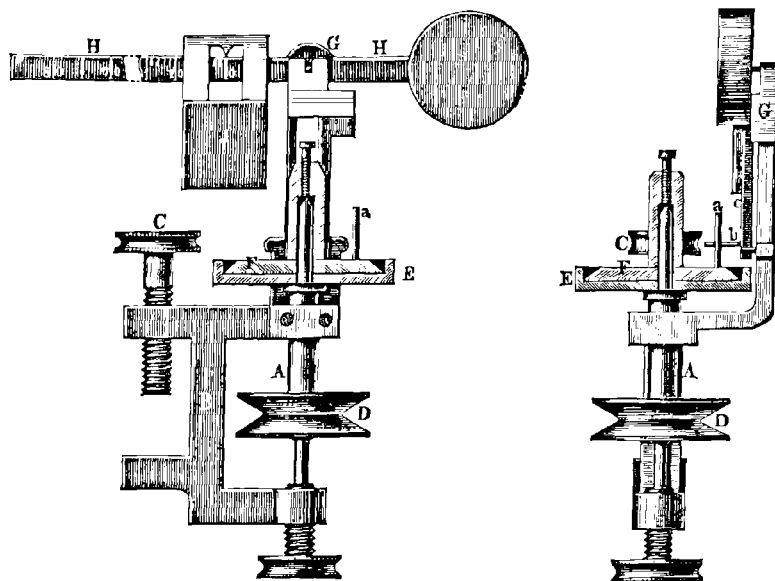


Fig. 36 et 37. — Appareil de Mac-Naught.

vis. Cette broche peut être mise en mouvement au moyen d'une poulie D. Au-dessus se trouve un disque E, dont les bords relevés forment une cuvette destinée à recevoir l'huile à essayer ; un autre disque F, parfaitement rodé et concentrique, lui est superposé. Au centre de ce dernier est fixé un canon terminé par une vis qui s'applique sur l'extrémité de la broche et lui sert de pivot. Cette vis permet de régler la distance qui sépare les deux disques, distance qui doit être aussi petite que possible. Le disque F porte une

goupille *a* placée excentriquement; elle vient buter contre une autre goupille *b* fixée à la tige *c* du levier *G*, qu'elle fait ainsi dévier; ce levier *G* est formé de deux bras inégaux *H*, *H* : le plus long est muni d'une échelle et d'un contrepois mobile *J*.

Pour faire un essai, on fait tomber quelques gouttes de l'huile

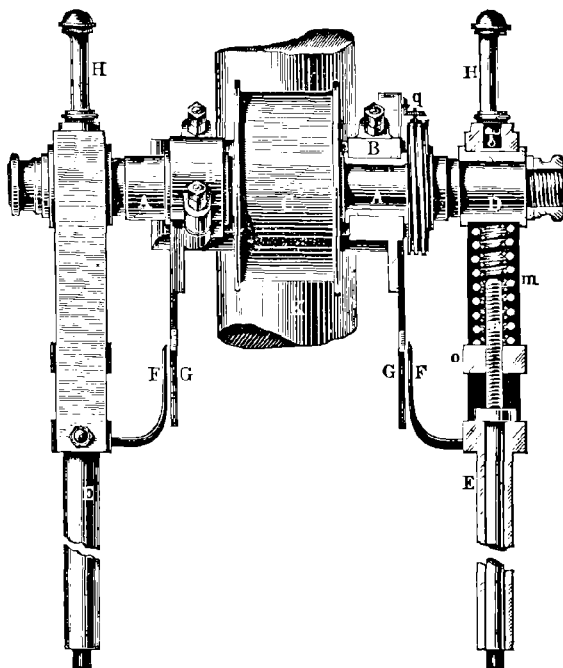


Fig. 38. — Appareil de Thurston-Henderson.

sur le disque *E* et on donne à la broche une vitesse de rotation de 500 tours par minute.

Le disque *F*, entraîné, presse d'autant plus fortement sur la goupille *b* que l'action lubrifiante est plus faible, et dérange ainsi le levier de sa position d'équilibre, à laquelle on le ramène au moyen du contrepois *J*. Les vitesses et la durée de l'expérience

étant les mêmes, les pouvoirs lubrifiants de deux huiles sont en raison inverse des distances du contrepoids au zéro de la graduation.

Cet appareil est excellent pour apprécier le pouvoir lubrifiant sous une faible pression. *Durke* lui a fait subir quelques modifications qui le rendent propre aux essais sous de fortes pressions.

Appareil de Thurston-Henderson. — Cet appareil permet de mesurer simultanément le pouvoir lubrifiant d'une huile et la diminution de l'échauffement des tourillons.

Nous le décrivons avec les perfectionnements que lui apporta Westhoven. Un arbre A supporté par deux tourillons qu'il dépasse, B, B, peut être animé d'un mouvement de rotation, au moyen de la poulie C.

Il est muni à chaque extrémité d'une capsule en laiton D, qu'un ressort à boudin *m*, commandé par une vis *n*, presse plus ou moins contre l'arbre A. Un index fixé à l'écrou *o* marque sur l'échelle *p*, en kilogrammes par centimètre carré, la pression du ressort sur le coussinet. Le bras EE, qui contient le ressort, est fixé à la capsule à la façon d'un pendule.

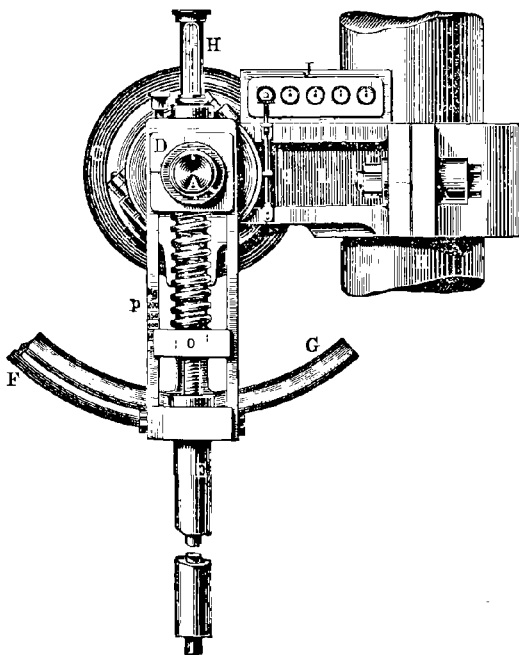


Fig. 39. — Appareil de Thurston-Henderson.

Lorsque l'arbre A est animé d'un mouvement de rotation, les bras EE sont déviés dans le sens du mouvement, et l'index F marque sur le cadran G le degré de la déviation.

Chacune des capsules DD est munie d'un thermomètre H pour la détermination de la chaleur de frottement; et la petite roue à vis *q* commande un compteur J destiné à indiquer la vitesse de rotation de l'arbre A.

On verse l'huile au moyen d'une pipette sur le coussinet, on note la température des thermomètres H, et on donne à l'arbre une vitesse de 300 tours à la minute; de 500 en 500 rotations, on note la température du coussinet et la déviation du bras E. L'huile qui, pour un égal échauffement des tourillons, donne la plus petite déviation du pendule et permet d'obtenir le plus grand nombre de tours, est la meilleure.

Les résultats suivants ont été obtenus à l'atelier central des chemins de fer du Palatinat à Ludwigshafen sur le Rhin. La pression était de 50 kil. par centimètre carré :

NOMS DES HUILES.	DÉVIATION du PENDULE en degrés d'arc.	ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	NOMBRE DE TOURS.
Huile de colza brute	6,50	38	8 000
— épurée	5,75	38	9 300
Huile minérale de mauvaise qualité	7,00	20	4 700
<i>Lubricating oil</i> de moyenne qualité	5,80	37,5	8 000
— première qualité	4,50	37,5	13 750
Oléonaphte russe n° 0	1,00	37	11 250
— n° 8	7,80	37	7 200
$\frac{1}{3}$ d'huile de colza + $\frac{2}{3}$ de <i>lubricating oil</i>	5,50	38	13 000

Les annales de *Steven's Institute of technology* ont publié

les résultats suivants où les déviations sont exprimées en coefficient de frottement :

NOMS DES HUILES.	DURÉE EN MINUTES.	ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE en degrés.	COEFFICIENTS de FROTTEMENT.
Huile de spermaceti d'hiver sous 4 kilog. de pression. .	111	230 110	0,13
— — — 8 — . .	29	225 107,23	0,10
— — — d'été 4 — . .	165	170 076,67	0,13
— — — 8 — . .	33	215 101,67	0,11
— de pied de bœuf 4 — . .	106	205 096,11	0,15
— — — 8 — . .	31	275 135	0,10
— d'olive 4 — . .	33	170 076,67	0,13
— — — 8 — . .	41	245 118,34	0,10
— minérale 4 — . .	129	105 131,25	0,10
— — — 8 — . .	97	285 140,56	0,10
— de saindoux 4 — . .	77	175 079,45	0,16
— — — 8 — . .	27	250 121,11	0,12

Appareil des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

— Cet appareil, qui figura à l'exposition de 1878, fournit des renseignements précis sur le pouvoir lubrifiant des huiles destinées au graissage des coussinets et des essieux lourdement chargés des wagons de chemin de fer, des locomotives, etc. Il indique le nombre de tours des essieux, la vitesse de rotation, l'échauffement des coussinets pour les différentes charges et vitesses.

Il est essentiellement constitué par un bâti en fonte A, de chaque côté duquel se trouvent des paliers destinés à l'arbre B, qui porte les deux roues de friction CC. Les bandes des deux roues, éloignées l'une de l'autre de la largeur d'une voie de chemin de fer, supportent deux roues ordinaires de wagon DD, dont l'essieu est relié de chaque côté aux deux boîtes à graisse *mm*, analogues à celles en service, et destinées à recevoir la matière lubrifiante.

De forts ressorts *nn* reposent de chaque côté sur les boîtes *mm*. Ils sont actionnés par deux poids FF suspendus aux leviers *oo*. On peut faire varier leur action sur l'essieu E en ajoutant ou en enlevant des poids supplémentaires. Au milieu de chacun des deux ressorts est une vis *p* qui peut être soulevée avec eux,

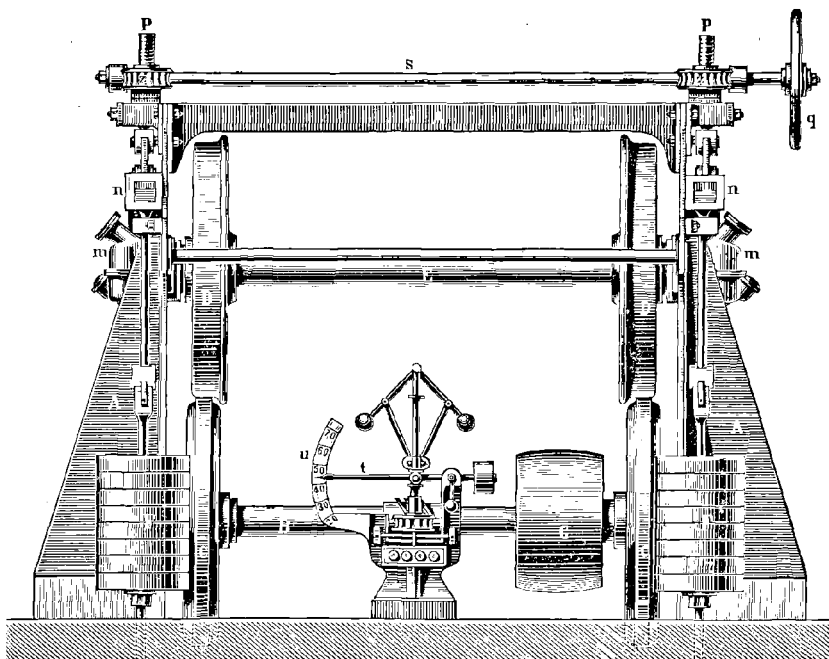


Fig. 40. — Appareil des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

au moyen de la roue *q*. De cette façon, on peut complètement décharger les boîtes à huile. L'arbre B porte une poulie motrice G et transmet son mouvement à un compteur. Ce dernier indique, en outre, par l'aiguille *t*, la vitesse approximative à la périphérie des roues, évaluée en kilomètres par heure.

L'arbre des deux roues CC est excentré de 25 millim., afin

d'imiter le mouvement d'oscillation qu'éprouvent les wagons sur les rails.

L'huile la meilleure est celle qui supporte la charge la plus forte avec la vitesse maxima, sans échauffement des boîtes.

Appareil Deprez et Napoli. — Cet appareil consiste essentiellement en deux plateaux mobiles, l'un autour d'un axe vertical, l'autre sollicité par le frottement du premier, mais retenu en place par la tension d'un ruban d'acier, qui équilibre l'effort exercé par le frottement et permet d'enregistrer le travail de cette force. L'huile à essayer est répandue entre les deux surfaces frottantes; l'évaluation du travail donne, quand on prolonge suffisamment l'expérience, une mesure numérique de la valeur relative des différentes huiles employées.

Le plateau mobile reçoit par l'intermédiaire d'une roue d'angle le mouvement d'une poulie. Le plateau supérieur, que nous appellerons aussi plateau fixe, porte sur le premier par trois lames frottantes en cuivre de 10 centimètres de long sur 3 centimètres de large, dont la grande dimension est dirigée dans le sens du rayon du plateau. Un levier formant romaine appuie sur le centre du plateau et permet d'exercer, à l'aide d'un poids, une pression aussi grande que l'on veut, sur les lames frottantes.

A la circonférence extérieure du plateau fixe est attaché, au moyen d'un encliquetage, le ruban d'acier qui retient le plateau, en faisant équilibre au frottement, et qui commande l'appareil dynamométrique.

Ce dernier se compose d'un pendule à lentille massive, dont la tige fait corps avec un cylindre enveloppant son axe de suspension. Le ruban s'attache à demeure au pourtour du cylindre; sa tension t , s'exerçant à sa circonférence, produit pour le pendule un écart angulaire, dont le sinus est proportionnel à la force t . La tige du pendule porte, en un certain point, un galet mobile dans une coulisse verticale, à laquelle il communique des déplacements horizontaux proportionnels à l'angle d'écart, c'est-à-dire à la tension t . La coulisse guide enfin un chariot sur lequel est

tendue une feuille de papier quadrillé où un crayon trace une courbe. Les ordonnées de la courbe sont donc proportionnelles à la tension t , c'est-à-dire au frottement développé entre les deux plateaux. Le crayon reçoit, de son côté, un déplacement proportionnel au chemin décrit, de manière que les abscisses de la courbe qu'il dessine représentent l'espace décrit par le point d'application de la force et que l'aire de la courbe est proportionnelle au produit des deux facteurs, c'est-à-dire au travail.

La transmission s'opère à l'aide d'une chaîne Galle qui prend son mouvement sur l'arbre moteur et qui commande une vis dans laquelle s'engage un ergot de porte-crayon. Si donc on met en mouvement l'appareil, l'épure tracée par le crayon fera connaître à chaque instant par ses ordonnées la valeur du frottement développé et la quadrature de la courbe donnera la valeur du travail produit. Au moyen d'un régulateur à boules, où la force centrifuge est équilibrée par la flexion des ressorts, les circonstances du mouvement sont maintenues identiques d'une épreuve à l'autre, et elles restent sans variations sensibles dans le courant d'une même épreuve ; cela est indispensable pour que les indications de l'appareil demeurent comparables. Un dispositif particulier permet de maintenir la vitesse constante pendant toute la durée des essais.

Pour faire une expérience, on introduit 5 grammes d'huile entre les plateaux, et on met l'appareil en mouvement. Il est essentiel de prolonger l'essai, et rien ne serait plus trompeur que le résultat donné par une huile qui n'aurait pas encore eu le temps de subir les altérations qui sont les conséquences mêmes de son emploi.

Les appareils d'Ingram et Stapfer, de Bayley, de Crossley, de Waltjen et des chemins de fer de l'Est français n'étant que des variantes de ceux qui précèdent, nous les passons sous silence.

VÉRIFICATION DE LA PERSISTANCE DE L'ACTION LUBRIFIANTE. — Il ne suffit pas qu'une huile minérale de graissage ait au début une action lubrifiante, il faut aussi qu'elle conserve cette propriété

pendant un temps suffisant ; on peut se rendre compte, en suivant la méthode très simple de Nasmith, quelle est celle d'entre les huiles dont on dispose qui possède cette propriété au plus haut degré.

L'appareil de Nasmith est des plus rudimentaires : une plaque de fer, mesurant 2 mètres de long sur 1^m,20 de large, est inclinée à raison de 2 centimètres par mètre ; à sa surface sont tracées six rigoles parallèles destinées à recevoir les diverses huiles. Au même moment, on verse une même quantité de chacune d'elles, et on abandonne l'appareil à lui-même.

Les huiles commencent à couler en même temps dans leur rigole respective, mais bientôt l'une s'arrête en faisant un bourrelet, puis une autre, etc.

Les mauvaises coulent très bien au début, mais s'arrêtent après quarante-huit heures. Les meilleures ne s'épaississent que graduellement et ne s'arrêtent qu'après huit ou dix jours.

ESSAI RELATIF A LA NEUTRALITÉ. — Il peut arriver que l'huile retienne une faible quantité des acides qui servirent à la préparer. Wiederhold indiqua un moyen fort commode, en même temps que précis, d'en découvrir la présence.

Sur une plaque de cuivre on laisse tomber séparément quelques gouttes de l'huile, et on place le tout dans une étuve chauffée à 40°, pendant vingt-quatre heures ; une trace d'acide communie à l'huile une coloration verte caractéristique.

ESSAI RELATIF A LA CONSISTANCE. — On mesurera la consistance d'une huile lubrifiante par l'un des procédés indiqués pour l'huile d'éclairage. L'appareil Coleman, analogue à celui de Fischer, est généralement employé ; l'essai doit être fait à la température de 50° centigrades.

CHAPITRE II

Technologie du pétrole.

PROBLÈME INDUSTRIEL. — Les pétroles ne sauraient être livrés aux raffineries tels qu'ils se présentent à la sortie des puits. Les conditions mêmes de leur existence dans le sol introduisent des matières étrangères liquides et solides, de l'eau, des sables, des parcelles terreuses, qui sont entraînées, soit par le jet de l'huile, soit par l'aspiration de la pompe. Une première décantation est donc nécessaire pour que ces éléments, plus gênants que nuisibles, se séparent naturellement en vertu de leur densité et se déposent au fond des réservoirs aménagés à côté des puits. Après repos, les huiles brutes, retenant encore une certaine proportion d'eau et d'impuretés dissoutes, sont expédiées pour être distillées dans le pays même d'origine, ou embarquées à destination de l'étranger.

Les pétroles bruts sont des mélanges d'hydrocarbures qui peuvent être séparés et recueillis en profitant de leurs différences de volatilité. Le traitement industriel se borne donc à l'application de la chaleur dans des appareils qui permettent d'obtenir le meilleur rendement possible en produits commerciaux. Les seules difficultés rencontrées dans le travail des raffineries de pétrole tiennent à la nature même de la matière première et aux quantités considérables sur lesquelles on opère. Nous allons voir comment on est parvenu à organiser la fabrication de manière à prévenir les accidents dans la mesure du possible, à obtenir des catégories de produits possédant les mêmes propriétés, malgré leurs différences d'origine, enfin à utiliser tous les éléments qui, à des titres divers, prennent naissance ou interviennent au cours des opérations industrielles.

BUT DU RAFFINAGE. — Le travail des raffineries se résume, en principe, dans les opérations suivantes :

- 1° Réception, emmagasinage et distribution des huiles brutes;
- 2° Distillation par chauffage direct ou par chauffage à la vapeur;
- 3° Condensation des produits de la distillation;
- 4° Épuration des produits de la distillation;
- 5° Extraction de la paraffine.

Le fractionnement, sous l'action de la chaleur, des huiles brutes, donne naissance à des produits commerciaux différenciés par leur densité, leur volatilité et leur fluidité, savoir :

Huiles de pétrole ou gazoline : densité de 0,645 à 0,650;

Essences minérales : densité de 0,680 à 0,730;

Huiles d'éclairage : densité de 0,795 à 0,800;

Huiles lourdes de graissage : densité de 0,895 à 0,910;

Goudrons et coke de pétrole (résidus).

Les raffineries ne sont pas en général organisées pour procéder à un traitement complet des pétroles bruts. Le travail est divisé suivant la nature du produit final : ainsi telle usine s'occupera exclusivement de la préparation des huiles d'éclairage ; telle autre des huiles de graissage ; telle autre ne préparera que des essences, ou de la paraffine, ou de la vaseline, etc. Ce qui est résidus pour le raffineur d'huiles d'éclairage devient matière première pour le fabricant d'huiles de graissage. Ce qui est sous-produit, comme la benzine, et vendu pour tel par le fabricant d'huiles d'éclairage, devient matière première pour le fabricant de gazoline.

Il y a toutefois de grands établissements où plusieurs de ces fabrications distinctes, sinon toutes, se trouvent réunies. Jointes ou séparées, les opérations du raffinage sont toujours les mêmes. Nous allons voir comment elles se succèdent pour arriver à la séparation des produits utilisés dans l'industrie et dans les arts.

§ 1^{er}. — TRAITEMENT DES PÉTROLES AMÉRICAINS.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES RAFFINERIES. — L'expérience ne semble pas avoir indiqué aux États-Unis qu'il y ait un plan uni-

forme à adopter pour la distribution des divers ateliers dont se compose une raffinerie, ni même pour les détails de leur construction. Si les machines à vapeur et les pompes sont généralement à l'abri, on installe tantôt dans des bâtiments couverts, tantôt à l'air libre, le reste du matériel.

La pratique courante est de placer les chaudières, qui seules présentent du danger, le plus loin possible de tous les autres bâtiments. Les produits de la distillation sont reçus dans un petit bâtiment à un seul étage, en briques ou en fer, établi à bonne distance des chaudières et éclairé pendant la nuit, soit au moyen de lampes électriques, soit au moyen de lampes ordinaires, mises à l'extérieur pour éviter tout accident. Les réservoirs de réception sont presque toujours placés sous le sol et recouverts par un plancher. Les appareils de condensation sont entièrement à l'air libre. Les appareils d'épuration (agitateurs), construits la plupart du temps en fer et posés sur des massifs en briques ou en pierre, sont recouverts d'une légère toiture en tôle.

Les générateurs de vapeur de l'usine sont, d'ordinaire, renfermés dans un bâtiment en briques, en pierre ou en fer.

Les produits prêts à livrer sont réunis dans des réservoirs simplement recouverts d'un toit en planches.

Les magasins et les ateliers d'embarillage sont mis en communication avec les réservoirs par des conduites souterraines.

RÉCEPTION ET EMMAGASINAGE DES PÉTROLES BRUTS. — Le pétrole est amené dans les raffineries, soit par les conduites de distribution (pipe-lines), soit par des wagons-citernes appartenant aux Compagnies de transport. Dans ces deux cas, il est écoulé ou aspiré au moyen de pompes et emmagasiné dans de vastes réservoirs ayant chacun une capacité variable de 10 000 à 36 000 barils.

Les wagons-citernes ont à la partie inférieure des vannes ou robinets auxquels on peut attacher un boyau de raccord, qui sert à mettre le véhicule en communication avec des prises ménagées sur une grande conduite établie dans le sol. Le pétrole se rend ainsi des wagons-citernes dans un premier réservoir, d'où il est pris

ensuite par des pompes et conduit à d'autres réservoirs de décan-tation avant de se rendre aux appareils distillatoires. Dans ces réservoirs, il se dépose 1 à 2 pour 100 d'eau qui peut être soutirée par un robinet spécial. Au moyen de pompes très puissantes du système Worthington ou Drake, on peut vider en moins d'une heure le contenu de tout un train de wagons-citernes dans des réservoirs construits en tôle et d'une capacité de 30 000 à 40 000 barils.

Les grandes raffineries voisines de New-York et celles de Point-Breeze (Philadelphie), de Pittsburg, de Cleveland et de quelques autres localités reçoivent directement le pétrole par les canalisations des pipe-lines.

CHAUDIÈRES. — Les deux types de chaudières en usage en Amérique sont connus sous le nom de *chaudière cylindrique* et de *chaudière à 16 foyers*. La question de savoir lequel des deux types l'emporte sur l'autre a été longtemps discutée. La chaudière cylindrique est peut-être celle qui consomme le moins de combustible et se répare le plus facilement. Par contre, on attribue aux chaudières à 16 foyers l'avantage de fournir des produits distillés plus légers, de plus belle nuance et une proportion plus considérable d'huile d'éclairage; mais les frais de réparation de leurs massifs en briques et de leurs fonds sont si considérables qu'on tend à les abandonner.

La capacité des chaudières cylindriques dépasse rarement 600 barils, tandis que celle de certaines chaudières à 16 foyers a atteint jusqu'à 3500 barils.

Chaudières cylindriques. — On les dispose souvent par batterie de deux et plus. Elles ont 12 pieds 6 pouces (3^m,75) de diamètre et 30 pieds (9 mètres) de longueur. Leur capacité est de 600 barils.

On place d'ordinaire au centre de la partie supérieure de la chaudière un dôme en forme de tambour où prend naissance une conduite en fer forgé de 15 pouces (375 millimètres) de diamètre qui met la chaudière en communication avec le condenseur décrit plus loin.

Les massifs en briques ne vont guère que jusqu'à mi-hauteur

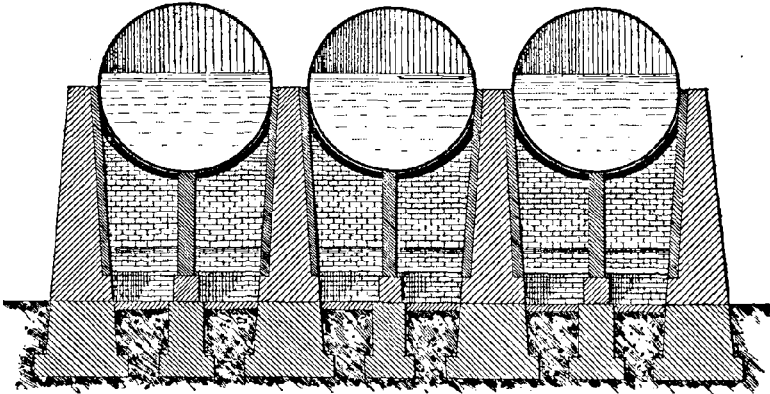


Fig. 41. — Chaudière cylindrique (section horizontale).

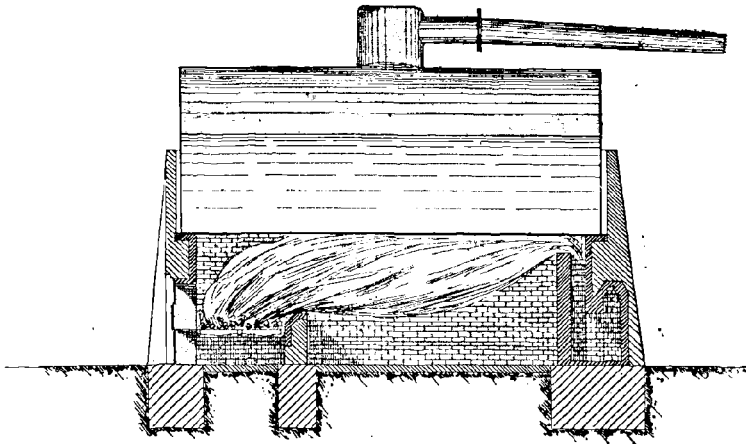


Fig. 42. — Chaudière cylindrique (section verticale).

de la chaudière ; la moitié supérieure reste entièrement libre ou bien on la recouvre d'une enveloppe légère en tôle.

Chaudières à 16 foyers. — Les figures 43 et 44 représentent des diagrammes de ce type de chaudière. Elle a 30 pieds (9 mètres) de diamètre sur 10 pieds (3 mètres) de hauteur. Elle repose sur un massif circulaire en briques où sont ménagées dix-sept arches dont seize reçoivent des foyers et la dix-septième sert au

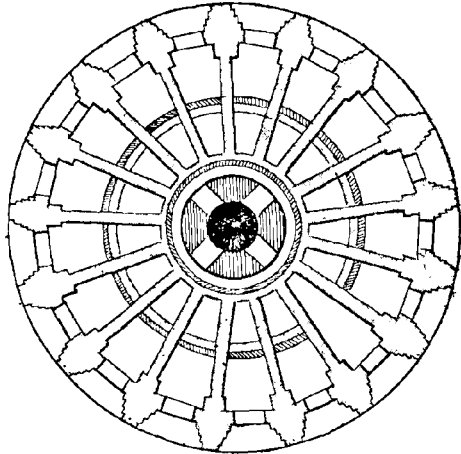


Fig. 43. — Chaudière à seize foyers (section horizontale).

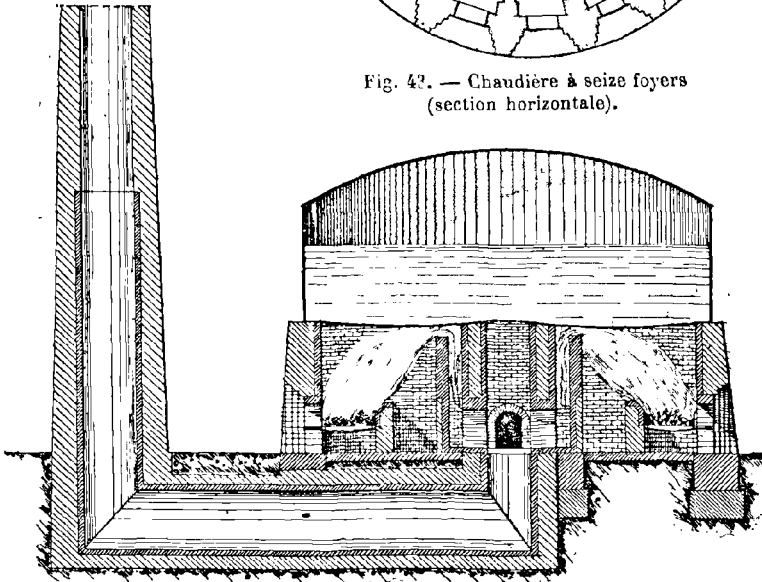


Fig. 44. — Chaudière à seize foyers (section verticale).

passage du tuyau de vidange. Le fond est à double courbure.

La conduite d'écoulement de la chaudière est fixée sur le côté.

De la partie supérieure de cette chaudière partent trois conduites qui sont chacune en communication avec un tambour s'étendant sur toute la largeur de la chaudière. De ce tambour partent quarante conduites de 3 pouces (75 millimètres) de diamètre allant aux condenseurs.

Sur un certain nombre de chaudières des deux types, on ajoute à l'intérieur du dôme ou du tambour une conduite percée de trous pour l'introduction de la vapeur d'eau, lorsqu'on veut pousser la distillation à fond et déterminer la dissociation des carbures saturés, comme nous le verrons plus loin.

Les deux types de chaudières sont munis de trous d'homme ; l'un est placé à la partie supérieure de l'appareil ; le second, pratiqué près de la plaque de fond, permet d'enlever commodément le coke formé pendant la distillation. Les couvercles sont généralement fixés au moyen de boulons filetés et d'écrous. Les chaudières de grandes dimensions sont établies en tôle de chaudière de première qualité ayant 10 millimètres ou 7^{mm},5 d'épaisseur. Les fonds sont en tôle d'acier de même épaisseur. L'excédent de dépense qu'entraîne l'emploi de l'acier pour les fonds est largement compensé par l'augmentation de solidité et de sécurité.

Le chauffage des chaudières se fait au moyen de menus de houille ou de coke, avec addition du coke de pétrole. Les gaz incondensables qui se dégagent, soit naturellement dans les réservoirs, soit au début et au cours de la distillation, sont en général recueillis et amenés dans les foyers des chaudières où ils sont brûlés.

DISTILLATION DANS LE VIDE. — On a constaté, dès l'origine, que la chaleur élevée nécessaire à la vaporisation des parties les plus lourdes des pétroles rendait le produit distillé nauséabond et de mauvaise nuance. Pour obvier à cet inconvénient, on a cherché à opérer la distillation avec la moindre élévation possible de température. Dans ce but, on a garni les bassins d'évaporation de couvercles hermétiques, avec une conduite de dégagement, sur laquelle on monte une pompe à vide et un appareil de condensation. Cette

méthode n'a encore été appliquée avec succès aux États-Unis que

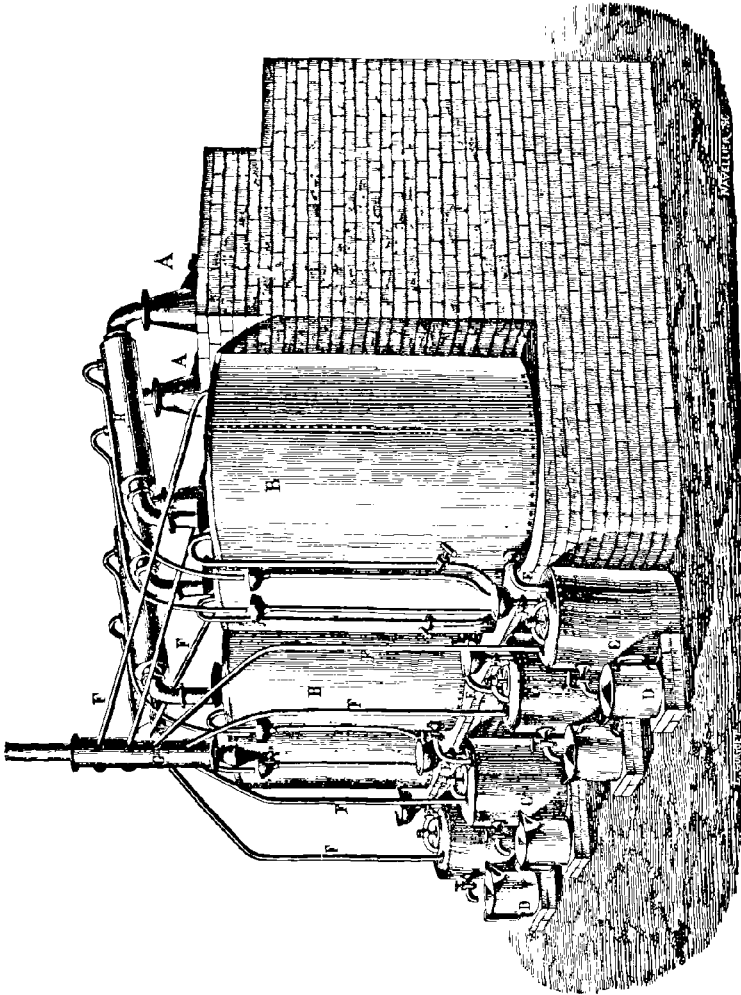


Fig. 45. — Ancienne batterie de chaudières à distiller le pétrole.

dans un seul établissement appartenant à la Compagnie de fabrication de pétrole par le vide de Rochester, à New-York, qui reven-

dique pour ses produits une supériorité due à la faible température à laquelle est effectuée la distillation.

CONDENSEURS. — Ce serait dépasser absolument les limites et le but de cet ouvrage que de décrire en détail les types multiples de condenseurs employés pour la fabrication du pétrole. On voit rarement en usage le col de cygne en fer, ancien type qui a été remplacé par un grand collecteur en fer forgé, ou bien encore par le système consistant à mettre directement en communication avec la chaudière un grand nombre de tuyaux, 40, 50 et plus, en fer, de 50 ou 75 millimètres de diamètre, que l'on fixe sur le dôme. Ces conduites forment parfois, dans le condenseur, autant de serpentins séparés continus qui se réunissent près du fond de cet appareil dans une grande conduite d'échappement, ou bien encore elles ne s'étendent qu'à la partie supérieure du condenseur avant de se rattacher à une grande conduite générale ayant à peu près 300 millimètres de diamètre et qui va en se rétrécissant au fur et à mesure qu'elle approche du fond du condenseur.

Quel que soit le type de condenseur en usage, il y a deux particularités importantes dont on doit tenir compte. Il ne faut pas vouloir restreindre ni la longueur, ni les dimensions des serpentins, ni la quantité d'eau que l'on fait arriver dans le réservoir. On a constaté que chaque fois qu'on augmente la capacité de l'appareil de condensation, on obtient un pétrole de meilleure qualité. Une chaudière de 600 barils demande au minimum une longueur de 300 mètres de tuyaux de 150 millimètres de diamètre ou une longueur équivalente de conduites de diamètre moins considérable.

Les condenseurs sont établis en fer ; leur forme est généralement oblongue, mais parfois encore circulaire, et ils reposent toujours sur un massif en maçonnerie. Les serpentins de condensation sont aussi fréquemment constitués par des tuyaux en fonte dont le diamètre varie entre 100 et 250 millimètres, et la longueur entre 1^m,80, 2^m,40 et 3 mètres. Ces tuyaux sont réunis par des brides boulonnées.

L'alimentation d'eau n'a pas moins d'importance que la capa-

cité du serpentín de condensation. Une alimentation d'eau abondante est surtout nécessaire en été, et jamais le produit distillé ne doit être plus chaud, à la sortie, que l'eau d'alimentation du condenseur. Un produit distillé chaud, quand il s'agit de grandes quantités, conserve longtemps sa chaleur, et sa couleur devient rapidement foncée. Dans cet état, il est violemment attaqué au moment du traitement par les acides, et le produit est généralement de mauvaise nuance. Pour éviter cet inconvénient, il faut refroidir le pétrole avant de le soumettre au traitement par les acides. Aussi est-il réellement plus économique de ne pas regarder à la dépense d'installation des condenseurs.

Les différents tuyaux de condensation se réunissent tous par leurs extrémités, et quand ils entrent dans le local de réception, ils ne sont plus qu'à quelques centimètres de distance les uns des autres. Chaque conduite se termine par un siphon précédé d'un tuyau pour le départ des vapeurs et gaz non condensables et suivi d'un regard pour recueillir des échantillons de la distillation.

EXTRACTION DES HUILES LAMPANTES. — *Conduite de la distillation.* — Les chaudières bien nettoyées et soigneusement vérifiées au point de vue des communications avec les condenseurs, on les remplit suivant leur capacité nominale. Pour économiser du temps, la pompe à pétrole doit être de grandes dimensions. Une chaudière ayant une capacité de 1200 barils doit pouvoir être remplie en trente minutes au maximum. Après l'allumage des feux, le distillateur et le chauffeur doivent rester en communication constante par téléphone ou tout autre moyen, de manière à assurer la bonne marche de la distillation. On active le feu, et le distillateur, que les nécessités de son emploi forcent à se tenir exclusivement dans la chambre de réception, est informé par le signal convenu que telle chaudière est en marche.

Les produits peu denses connus sous le nom générique de benzines ne tardent pas à faire leur apparition. La diversité des systèmes en usage dans les raffineries se manifeste dès cette phase

primitive du procédé. Tantôt le raffineur trouve dans sa région l'écoulement facile des produits légers, et recueille toute la benzine d'un jet; tantôt il est appelé à fournir plusieurs catégories de benzines destinées à des applications spéciales, et il règle alors, suivant la densité, la séparation des premiers produits.

Le moment où le distillateur arrête la production de la benzine et fait passer les produits dans les réservoirs à pétrole varie selon la catégorie d'huile qu'il fabrique. Quand il s'agit d'une huile dont le point d'éclair est peu élevé, par exemple, 110° Fahrenheit (44° centigrades), quelques raffineurs s'arrêtent quand le liquide marque 64° Baumé. Mais généralement on regarde comme plus sûr de s'arrêter dès que la densité est de 62° Baumé. Les benzines qui sont comprises entre 70° et 62° Baumé renferment une certaine proportion d'huile d'éclairage. Quelques raffineurs qui tiennent à extraire la plus grande quantité possible d'huile à brûler mettent de côté pour une nouvelle distillation le jet de benzine dont la densité varie entre ces deux limites, et séparent les parties les plus lourdes qu'ils renvoient dans les pétroles. Quand on veut fabriquer une huile dont le point d'éclair soit supérieur à 120° Fahrenheit (50° centigrades), il est dangereux de dépasser 62° Baumé. Pour préparer une huile ayant son point d'éclair à 150° Fahrenheit (65° centigrades) et une couleur blanc d'eau, on sépare les produits légers jusqu'au moment où l'aréomètre Baumé marque 56°. On obtient par ce procédé une grande quantité de pétrole d'une densité variant entre 62° et 56° Baumé, que l'on peut renvoyer dans le réservoir à benzine ou employer à la préparation d'une huile ayant son point d'éclair à 110° Fahrenheit (43° centigrades).

Après avoir réparti les jets de benzine suivant la catégorie d'huile que l'on veut fabriquer, on envoie l'huile lampante dans son réservoir spécial. Il faut alors élever la température de la chaudière, mais non trop brusquement, car il y aurait des entraînements de pétrole brut et même engorgement du condenseur.

Dans cette partie de l'opération, le distillateur est presque exclusivement guidé par la couleur du produit.

Après écoulement des deux tiers environ du contenu de la chaudière, la densité du produit distillé augmente et sa couleur se fonce. A ce moment, le distillateur a besoin de toute son expérience pour bien conduire les feux et achever la distillation par la méthode de dissociation.

Dissociation. — Lorsque, après avoir obtenu, par une première distillation, le cœur de l'huile, on veut augmenter le rendement en huile d'éclairage, on a recours à la méthode qui porte en Amérique le nom de *cracking* et est en réalité une dissociation par la chaleur de certains carbures saturés en carbures inférieurs de la même famille. Envisageons, par exemple, l'hydrocarbure saturé $C^{13}H^{28}$ dont la densité est 0,792 et le point d'ébullition 424° Fahrenheit (220° centigrades). Si, à la suite d'une distillation, les vapeurs de cet hydrocarbure se condensent et se trouvent à nouveau soumises à une température supérieure à celle de son point d'ébullition, il se produit la décomposition suivante :

Un hydrocarbure liquide de la même famille et répondant à la formule $C^{10}H^{22}$ prend naissance en même temps qu'un hydrocarbure gazeux répondant à la formule C^2H^6 et du carbone libre, comme l'indique l'équation : $C^{13}H^{28} = C^{10}H^{22} + C^2H^6 + C$.

La portion d'huile $C^{10}H^{22}$ a une densité de 0,757 et son point d'ébullition à 320° Fahrenheit (160° centigrades). Elle est d'une bonne couleur et peut être introduite dans l'huile d'éclairage.

Le gaz se rend par la conduite spéciale aux foyers où il est brûlé et le carbone reste dans le fond de la chaudière sous forme de coke.

Cette méthode de distillation appliquée aux huiles américaines permet d'en retirer jusqu'à 80 pour 100 d'essences et d'huiles d'éclairage.

ÉPURATION. — TRAITEMENT CHIMIQUE. — On constate que tous les produits distillés exhalent une odeur spéciale, tout à fait étrangère au pétrole brut et due, évidemment, à l'emploi de la chaleur. Pour faire disparaître cette odeur et pour décolorer encore davantage le produit distillé, on le traite par l'acide sulfurique, après

quoi on le soumet à plusieurs lavages dans une solution de soude caustique et d'eau.

Pour avoir une couleur blanche normale, quand le pétrole est complètement distillé, il faut que le produit soit couleur de paille blanche. Quand la distillation a été trop rapide, le pétrole prend une teinte verdâtre que le traitement à l'acide fait difficilement disparaître.

L'épuration s'exécute dans un appareil appelé *agitateur*, cylindre en tôle revêtu intérieurement de plomb. Les dimensions sont proportionnées à l'importance de l'usine, et sa capacité varie entre 100 et 2000 barils. L'agitateur est, en général, plus haut que large. Le fond est en forme d'entonnoir et finit par un tuyau muni d'un robinet destiné à l'entraînement des déchets acides et des lavages à la soude. Il repose presque toujours sur un massif circulaire en maçonnerie. On fait entrer le pétrole par une conduite spéciale, en employant une pompe à vapeur.

La température que doit avoir l'huile pour subir le traitement chimique est un point important qu'il ne faut jamais négliger. Quand le produit distillé a passé par le serpentín de condensation à une température élevée, il est non seulement possible que sa nuance s'altère d'elle-même considérablement, mais il est encore impropre à être traité, si l'on veut avoir, par exemple, une huile de couleur blanche. Il faut faire refroidir ce produit distillé en le laissant reposer, en garnissant le réservoir de glace, en faisant passer de l'air froid dans le pétrole, ou bien en le faisant circuler dans des conduites plongeant dans l'eau froide.

L'huile, quand sa température est ramenée à 60° Fahrenheit (17° centigrades), est bonne à traiter. La première chose à faire est de retirer très soigneusement toute l'eau qui a pu rester incorporée au pétrole. La seconde consiste à introduire l'acide sulfurique. Cet acide arrive aux usines dans des réservoirs recouverts intérieurement de plomb et très hermétiquement clos, desquels on le fait passer dans d'autres réservoirs établis dans les mêmes conditions. On introduit la quantité voulue d'acide dans un résér-

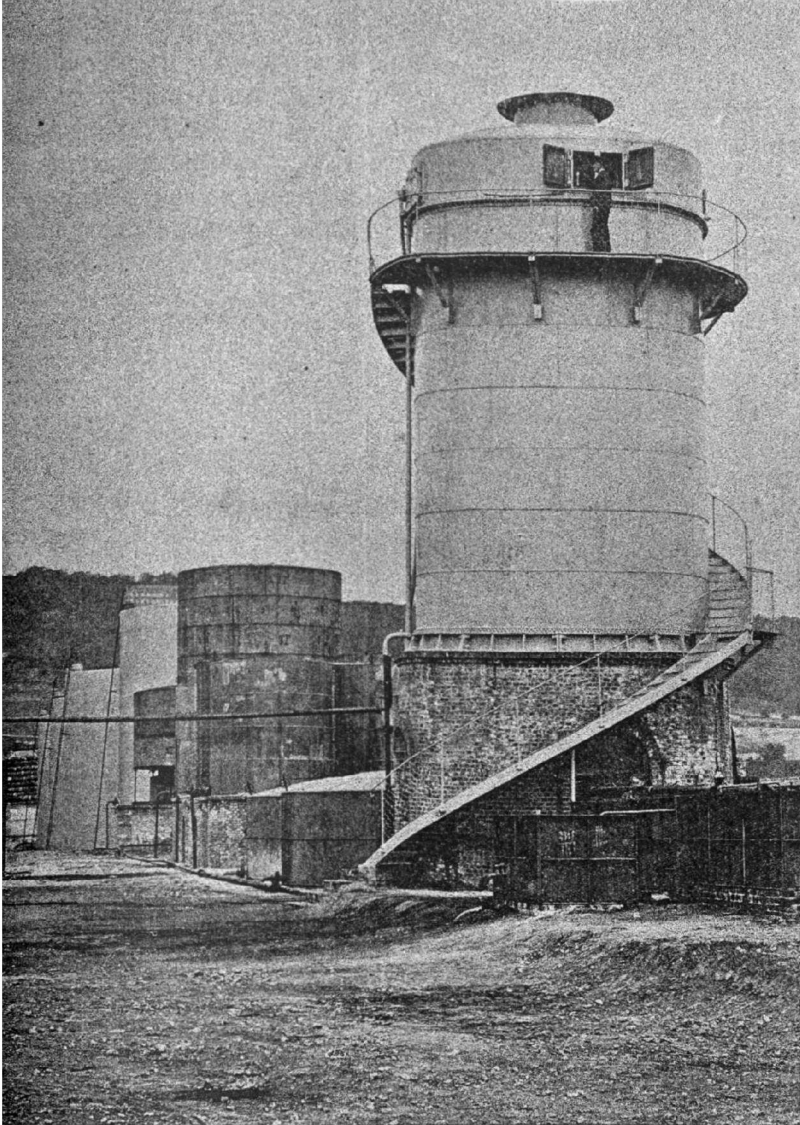


Fig. 46. — Vue extérieure d'un appareil de 100 000 litres pour l'épuration chimique des pétroles.

voir moins grand pouvant recevoir la charge d'acide nécessaire pour une seule opération. Ces transports d'acide s'effectuent au moyen d'une pompe à air comprimé.

L'acide est introduit dans le récipient par une ouverture spéciale et, quand il atteint un certain niveau, on ajuste hermétiquement le couvercle. On refoule l'air à haute pression par une conduite qui pénètre dans le récipient en un point situé au-dessus de la surface du liquide. La pression exercée par l'air refoule l'acide par une conduite dans l'agitateur. Celui-ci est alimenté en trois fois successives.

Il va de soi que la quantité d'acide nécessaire varie suivant la couleur et la densité du produit distillé. Quand on veut fabriquer de l'huile blanche type avec un bon produit distillé, il suffit de 1 1/2 pour 100 d'acide. On introduit d'abord une petite quantité d'acide après avoir préalablement mis en marche la pompe à air et produit une agitation complète de l'huile. Il suffit de quelques minutes pour séparer la faible quantité d'eau que l'huile détient mécaniquement en suspension. On la laisse déposer au fond de l'agitateur, et on la fait écouler par le robinet de vidange. Après avoir mis de nouveau en mouvement la pompe à air, on introduit environ la moitié de la charge d'acide, et c'est alors que commence véritablement l'épuration. On s'aperçoit aussitôt, à la couleur de l'huile et à l'élévation de sa température, qu'elle subit l'influence chimique de l'acide.

L'agitation doit être prolongée pendant environ quarante-cinq minutes et même au delà, si les agitateurs ont de grandes dimensions et une capacité de 1100 à 1500 barils. Quand la température ne s'élève plus et que l'action chimique de l'acide sulfurique semble épuisée, on cesse d'agiter et on laisse tomber au fond l'acide noirci. Le temps que demande cette opération dépend des dimensions du réservoir et de la quantité d'huile que l'on traite. Il faut quelquefois une heure et même au delà. Quand l'acide est complètement déposé, on le soutire dans le réservoir à résidus. On ajoute alors la dernière portion d'acide et l'on agite de nouveau

à fond l'huile, à peu près aussi longtemps que la première fois. Puis on laisse tomber et l'on retire l'acide. Il faut avoir grand soin de retirer jusqu'à la dernière trace d'acide noirci. Vers la fin de cette opération, il peut arriver qu'une petite portion d'huile

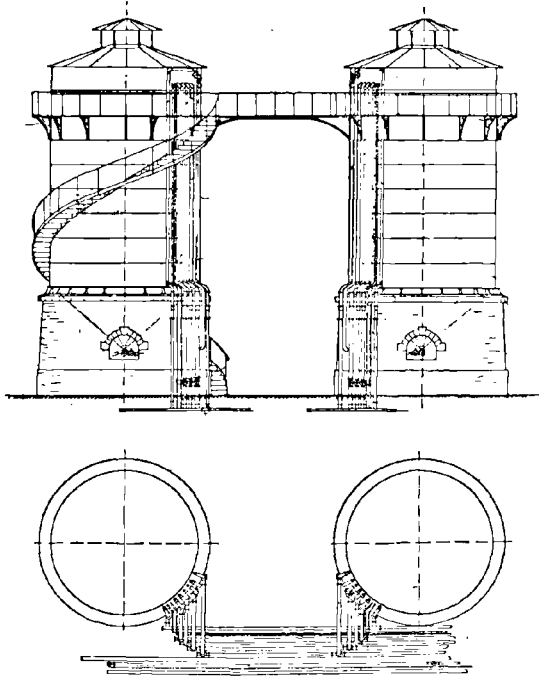


Fig. 47. — Appareil pour l'épuration des huiles et essences de pétrole.

s'échappe en même temps que l'acide par la conduite ; on la laisse amasser dans un petit réservoir et on la reprend pour un traitement ultérieur.

Après que les dernières parties d'acide ont disparu, on commence le lavage à l'eau. Celle-ci est amenée dans l'agitateur au-dessus de la surface de l'huile par des conduites percées de trous

et disposées suivant la circonférence ou l'axe de l'agitateur. On refoule l'eau sous pression à travers ces conduites dans l'huile, et à mesure qu'elle passe dans la masse, l'acide disparaît peu à peu. L'opération complète peut durer de quatre à cinq heures. On enlève par le fond l'eau de lavage et on recommence en faisant intervenir cette fois la pompe à air.

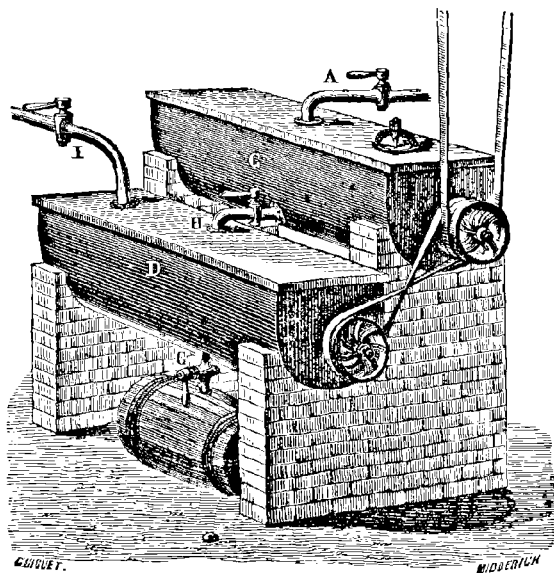


Fig. 48. — Ancien appareil pour l'épuration chimique des huiles et essences de pétrole.

Cette agitation peut durer une heure et au delà. Quand elle est terminée, on évacue les eaux de lavage. On ajoute ensuite une solution de soude caustique d'environ 1 pour 100, à 12° Baumé ; on effectue une nouvelle agitation qui dure environ trente minutes et on soutire la lessive alcaline.

Quelques fabricants d'huile terminent ici l'épuration ; d'autres exécutent encore un lavage à l'eau destiné à faire disparaître toutes les traces de soude caustique.

RÉSERVOIRS DE REPOS. — Ces réservoirs, établis en tôle de chaudière, sont assez grands pour contenir la charge d'un agitateur. Dans quelques raffineries importantes, ils ont 12 mètres de diamètre et 3 mètres à 3^m,60 de profondeur. Avant de les employer, on y passe souvent deux ou trois couches de peinture blanche. Ils sont munis, dans le nord des États-Unis, d'un serpentin à eau chaude destiné à chauffer convenablement l'huile pendant les grands froids. Enfin, ils sont souvent entièrement exposés à l'air de tous les côtés et protégés uniquement par un toit contre la pluie.

L'huile abandonnée pendant très peu de temps à l'air et au soleil gagne en limpidité et en couleur. Pour faciliter cette amélioration, les réservoirs sont munis d'une conduite mise en communication avec la pompe à vapeur, qui permet de faire passer l'huile d'un réservoir dans un autre ayant la même destination; cette conduite, placée au fond du réservoir, va de la circonférence au centre, puis s'élève verticalement suivant l'axe. De son sommet partent un certain nombre de tuyaux rayonnants qui sont tous percés de trous, de manière que l'huile, à sa sortie, se trouve en contact intime avec l'air.

Il arrive parfois que quand l'huile a été amenée à l'état de produit d'une nuance irréprochable, aussi brillante et étincelante qu'on peut le désirer, elle a un point d'éclair trop bas de 2° à 3°. Un écart plus considérable serait dû à une négligence du distillateur; mais lorsque la différence n'est pas plus grande, on la fait disparaître au moyen de l'appareil ci-dessus indiqué. Toutes les molécules de l'huile se trouvent exposées à l'action de l'air divisé en petits jets, la faible quantité de benzine qu'elle peut renfermer se volatilise rapidement et le point d'éclair est proportionnellement relevé. On fait subir à l'huile un nouvel essai et, quand elle a atteint le degré réglementaire, il n'y a plus qu'à la livrer à la consommation.

MISE EN FUTS ET EN CAISSES. — La livraison de toutes les catégories de pétroles qui sont fabriqués aux maisons de gros dissémi-

nées dans les États-Unis se fait dans des wagons-citernes qui s'expédient par trains complets et se remplissent au moyen d'une conduite spéciale.

Pour la vente au détail, on se sert tantôt de fûts ou barils en bois, tantôt de bidons en fer-blanc.

Les barils actuellement en usage contiennent de 48 à 50 gallons (le gallon américain vaut 3^l,78 et le baril est compté ordinairement pour 180 litres).

Les bidons en fer-blanc ont chacun une contenance de cinq gallons et sont renfermés deux par deux dans des caisses en bois.

Dans les grands établissements, le remplissage se fait au poids, car le volume du pétrole varie suivant la température et la densité du liquide. On remplit les bidons de 5 gallons sur une table carrée tournante. On place l'un près de l'autre dix de ces bidons sur chacun des côtés de la table et on les amène sous dix entonnoirs qui y versent du pétrole jusqu'au moment où le poids arrête automatiquement l'alimentation, en faisant basculer un balancier et fermant un robinet d'arrêt.

On donne un quart de tour à la table pour éloigner les dix bidons pleins et en amener dix nouveaux vides. Pendant le remplissage de ceux-ci, on ferme les premiers en soudant sur l'ouverture un bout de tuyau auquel s'adapte un bouchon à vis.

DES DIFFÉRENTES HUILES D'ÉCLAIRAGE. — Les procédés ci-dessus décrits donnent l'huile blanche type, qui est le principal article d'exportation. Mais, en se reportant à la suite des opérations, on comprend que le fabricant peut former une variété de mélanges qui présentent les caractères apparents de l'huile d'éclairage de premier choix.

Les essais de densité, de couleur et même d'inflammabilité ne suffisent pas pour distinguer les produits véritablement supérieurs désignés sous le nom de cœur de l'huile, et les combinaisons d'huiles légères et d'huiles lourdes. Le moyen le plus simple de mettre en évidence l'infériorité de ces dernières est de les faire brûler dans une lampe ordinaire.

Les parties légères sont consommées d'abord et la flamme ne tarde pas à s'affaiblir, parce qu'elle est mal alimentée, tandis que l'huile de bonne qualité donne un éclairage régulier jusqu'à épuisement du liquide contenu dans le réservoir.

On fabrique aussi sous le nom d'huile de spermaceti minéral un pétrole qui convient spécialement à l'éclairage des phares et des feux d'avant des locomotives. C'est une huile dense, d'une couleur jaune clair, marquant environ 36° Baumé, et dont le point d'éclair est à 300° Fahrenheit (150° centigrades).

Pour l'obtenir, on met à part les produits de distillation qui marquent de 40° à 36° Baumé. On les traite comme d'ordinaire, à l'acide sulfurique, à raison de 4 onces (112 grammes) d'acide par gallon (3^l,78) d'huile. On lave ensuite avec une solution de soude caustique et on redistille sur une lessive de soude.

TRAITEMENT DE LA BENZINE. — La distillation de la benzine donne de 1 à 3 pour 100 de gazoline bouillant à 115° Fahrenheit (47° centigrades) et marquant de 85° à 88° Baumé et 0,1 pour 100 de rhigolène et de cymogène, ce dernier pouvant être séparé par le passage dans un mélange réfrigérant de glace et de sel marin. Ces deux derniers produits sont à l'état de gaz à la température ordinaire.

La distillation de tous les produits de la benzine s'opère par l'introduction d'un serpentín à vapeur près du fond de la chaudière. Dans les raffineries importantes où la production de la benzine est considérable, un appareil de distillation à colonnes serait insuffisant, et on emploie des chaudières analogues à celles que nous avons précédemment décrites. Elles sont généralement établies pour une contenance de 1000 barils.

Les produits de la distillation sont ensuite classés et recueillis en une seule opération dans trois réservoirs différents. Les parties les plus lourdes, dont la densité est inférieure à 62° Baumé, sont renvoyées au réservoir à pétrole.

La désinfection de la benzine s'effectue d'après les mêmes principes généraux que celle des huiles lampantes, sauf que l'épu-

ration s'opère dans un agitateur à palettes. On ne peut pas, dans ce cas, faire usage d'une machine soufflante, par suite de la perte considérable de matières occasionnée par la volatilisation. La proportion d'acide sulfurique employée est également beaucoup moins considérable, il suffit de 0,5 pour 100.

RÉSIDUS DE LA PREMIÈRE DISTILLATION. — Après qu'on a retiré toutes les essences et les huiles d'éclairage, et au moment indiqué par la coloration de plus en plus accentuée des produits de la distillation, on éteint d'ordinaire les feux sous la chaudière et on se dispose à enlever le résidu liquide et solide. Le liquide, soutiré au moyen d'une pompe et d'une conduite qui forme serpentín de refroidissement dans une bache pleine d'eau, se rend dans un vaste réservoir de repos où on le laisse pendant plusieurs jours, afin que toutes les parcelles de coke de pétrole entraînées puissent se déposer. Le réservoir est muni d'une conduite de sortie placée à 12 pouces (30 centimètres) environ du fond et destinée à la vidange du produit clarifié. Quant aux matières solides, on les enlève par une large ouverture ou trou d'homme pratiquée sur le côté et dans le fond du réservoir. Elles sont employées comme combustible pour le chauffage des chaudières, après avoir été mélangées avec du poussier de houille ou avec du coke menu.

Le résidu liquide est vendu ou traité directement pour la paraffine, les huiles de graissage, etc.

TRAITEMENT DU RÉSIDU LIQUIDE. — Le résidu est envoyé, au moyen de pompes, dans des chaudières, en général du type cylindrique, d'une capacité maxima de 260 barils. Elles sont disposées par batteries de trois. On peut employer les types ordinaires de condenseurs. Mais les réservoirs qui renferment l'eau de refroidissement sont munis d'une conduite de vapeur destinée à maintenir dans les grands froids l'eau à une température suffisante pour que l'huile lourde de paraffine demeure à l'état liquide. Faute de cette précaution, il peut se produire des engorgements suivis même d'explosions.

Dans un certain nombre d'usines d'huile de paraffine, la con-

densation s'opère uniquement à l'air au moyen de tuyaux en fonte ou en fer de 8 à 10 pouces de diamètre (200 à 250 millimètres). La conduite s'élève en pente douce à la sortie de la chaudière. Elle est munie, par intervalles, d'issues destinées à l'écoulement des huiles denses, qui se condensent avec le plus de rapidité et de facilité.

Une fois la chaudière chargée et le feu en train, on commence la distillation. Les premiers jets qui représentent de 20 à 25 p. 100, si le résidu a une densité de 20 à 21° Baumé, seront reconnus comme étant assez légers pour pouvoir être renvoyés au réservoir d'huile brute et distillés comme tels. A partir de ce moment jusqu'à la fin, l'huile de paraffine ne cesse de sortir du condenseur; sa nuance devient de plus en plus foncée et sa densité va toujours en augmentant.

Si l'on veut vendre l'huile de paraffine sans autre manipulation, on opère généralement la distillation complète dans un seul réservoir, en laissant le soin d'une nouvelle manipulation aux fabricants de paraffine et d'huiles de graissage.

Mais si le distillateur de résidus a l'intention de traiter le produit, il procède de la manière suivante.

TRAITEMENT DES HUILES A PARAFFINE. — Les huiles recueillies jusqu'à ce qu'elles marquent 32° Baumé sont pompées dans l'agitateur à paraffine.

Cet appareil est construit sur le même type que l'agitateur employé pour l'huile d'éclairage, sauf qu'il est muni de dispositions spéciales pour le maintien à l'état liquide de l'huile dense facilement congelable. Ce résultat est obtenu en entourant l'agitateur d'une chemise de vapeur, qui non seulement permet de faire intervenir la chaleur au moment voulu, mais encore protège le réservoir contre la gelée pendant l'hiver.

Sans cette disposition, il serait presque impossible, pendant les grands froids, de traiter l'huile de paraffine, par suite de sa solidification à la surface intérieure du réservoir.

Il ne faut pas chauffer à une température supérieure à celle

qui est nécessaire pour maintenir le contenu du réservoir à l'état liquide et la paraffine en complète fusion.

On applique les mêmes principes généraux de traitement chimique que pour l'huile d'éclairage. Mais on emploie une quantité d'acide bien plus considérable, dont la consommation se règle d'après la densité et la couleur du produit distillé. On emploie 3, 4 et même 5 pour 100 en volume. L'action de l'acide sur l'huile est très énergique et accompagnée d'un dégagement abondant de vapeur d'acide sulfureux et du dépôt d'un résidu acide très dense, pour l'écoulement duquel il faut ménager des conduites de dégagement et des robinets ayant un diamètre plus considérable que ceux que l'on emploie ordinairement.

Le traitement chimique est suivi d'un lavage ordinaire dans une solution alcaline. Il faut toujours avoir soin d'entretenir une température convenable pour que la paraffine reste bien fluide. Après le lavage, on laisse écouler l'huile naturellement ou bien on la pompe dans des réservoirs garnis d'un serpentín de vapeur destiné à en maintenir le contenu dans un état de liquidité parfaite qui permet à l'eau de se déposer. Après que celle-ci s'est séparée par un robinet fixé au fond du réservoir, on amène l'huile dans un autre récipient refroidi artificiellement.

L'huile de paraffine, après être restée exposée pendant quarante-huit heures à cette température, est réduite en une masse absolument solide. On l'introduit dans des sacs en coton et on soumet le tout à l'action d'une presse hydraulique très puissante. La masse est comprimée lentement et progressivement. Quand la pression est trop rapide et trop forte, surtout au début, une proportion considérable de cristaux de paraffine sort par les interstices du sac, qui finit sans doute aussi par crever, et l'huile qui est déjà passée au dehors se mêle à des substances étrangères. Quand cette opération n'est pas habilement conduite, la quantité de cristaux de paraffine qui passe à travers le sac, même en parcelles très fines, peut être assez considérable pour qu'un abaissement de température amène la congélation de l'huile; il faut alors filtrer celle-ci

sur un gros tissu de mousseline, pour enlever toute trace de paraffine solide.

On a ainsi divisé les produits de la distillation en trois portions :

1° Les huiles les moins lourdes qui ont été renvoyées dans le réservoir à pétrole brut ;

2° La paraffine brute que nous laissons pour le moment sous les presses ;

3° L'huile lourde raffinée qui, dans sa forme actuelle, peut être vendue pour le graissage, ou soumise à un nouveau traitement pour des applications spéciales.

Sa densité doit être d'environ 32° Baumé, son point d'éclair à 325° Fahrenheit (162° centigrades) et son point de congélation à 30° Fahrenheit (— 1° centigrade).

Il faut une température très élevée pour chasser toutes les parties volatiles du résidu. Avant que le résidu final soit complètement transformé en coke, le fond de la chaudière rougit et des vapeurs jaunes s'échappent de la conduite de derrière. Au moment où l'opération touche presque à sa fin, le produit se redistille en donnant une substance dense et résineuse jaune clair, absolument consistante, même par une température moyenne, et qui devient tout à fait cassante dans les temps froids. Elle s'amollit facilement dans l'eau, et sa densité est d'environ 1,25. Elle présente, dans une mesure très notable, les nuances irisées du pétrole, au point même de faire supposer qu'elle renferme le composé qui donne au pétrole ces reflets. M. le professeur Morton, de l'Institut de technologie Stevens, qui a fait, il y a quelques années, des recherches sur les propriétés de cette substance, en a obtenu deux corps très fluorescents qu'il a proposé d'appeler thallène et pétrolucène. Comme elle se dissout facilement dans l'huile de paraffine, on en met dans ces huiles pour augmenter la densité de celles qui sont employées au graissage.

Revenons maintenant au raffinage de la paraffine.

Avec l'huile de paraffine raffinée, préparée et refroidie, on peut

obtenir environ trois quarts de livre de paraffine brute par gallon d'huile (environ 100 grammes par litre). Sa couleur et son aspect dépendent beaucoup de la nature de l'huile dont on l'a extraite. Quand on la retire des sacs dans lesquels elle a été comprimée, elle présente des teintes assez variées : quelques parties sont couleur citron clair; d'autres ont une nuance complètement verdâtre. La disposition cristalline a entièrement disparu en raison de l'énorme pression employée. On jette alors le contenu des sacs dans un réservoir où il entre en fusion sous l'action de la vapeur, on ajoute 1 pour 100 de lessive de soude, on fait ensuite écouler l'eau de condensation et, quand la masse est assez refroidie, on ajoute environ 25 pour 100 de benzine. On agite alors vigoureusement le tout, jusqu'au moment où l'on a un mélange homogène. On verse, au moyen de grandes cuillers, le contenu du réservoir dans des chaudrons en étain offrant une grande surface et ayant chacun une capacité de 5 à 10 gallons (20 à 40 litres), et on laisse le tout pendant trois ou quatre jours dans la chambre réfrigérante. On comprime ensuite de nouveau le produit dans des sacs propres. On obtient ainsi de la paraffine sous forme de larges cristaux qui gardent une légère teinte grisâtre et dont le point de fusion, qui est d'environ 130° Fahrenheit (55° centigrades), est beaucoup plus élevé que celui du produit brut dont il a été question plus haut. La « liqueur mère » exprimée pendant cette seconde opération est ou bien renvoyée dans le réservoir à résidus, ou bien dans le réservoir à benzine, pour être traitée une seconde fois. Quand le contenu du réservoir à résidus forme un approvisionnement assez considérable, on le pompe dans une chaudière généralement tenue en réserve dans ce but, et les produits distillés qui en proviennent sont répartis suivant leur nature. Quand la densité le permet, on peut en introduire une partie dans le réservoir qui renferme de l'huile d'éclairage.

On a encore employé, pour le raffinage de la paraffine brute, un procédé peut-être plus expéditif et même plus économique, mais dont les résultats ne sont pas tout à fait aussi satisfaisants. Il con-

siste à réunir la benzine et la paraffine en un magma que l'on soumet ensuite à la pression accoutumée. Cette opération est répétée jusqu'à ce que la masse comprimée soit assez blanche pour les applications ordinaires.

Pour raffiner encore davantage la paraffine, on la met dans un réservoir approprié et chauffé à une température douce, en ajoutant de 3 à 5 pour 100 de noir animal. On agite le tout pendant plusieurs heures, en injectant de l'air au moyen d'une machine soufflante. On laisse déposer les plus gros morceaux de charbon et l'on filtre à chaud la paraffine en fusion dans un filtre en tissu métallique recouvert de flanelle, d'où sort un liquide aussi incolore que l'eau distillée.

D'autres raffineurs emploient l'acide sulfurique comme agent de raffinage, pour obtenir un produit de couleur blanche. Ils choisissent pour cela une paraffine partiellement raffinée par une seconde cristallisation avec de la benzine et par pression. On amène cette paraffine par un chauffage doux jusqu'à son point de fusion. Puis on ajoute petit à petit environ 5 pour 100 d'acide sulfurique en agitant vivement. L'action de l'acide sur la cire de paraffine est encore plus énergique que sur l'huile de paraffine, et il est nécessaire d'adopter une disposition quelconque pour faire échapper les vapeurs abondantes d'acide sulfureux qui se dégagent. On obtient ce résultat en recouvrant l'agitateur d'une hotte par laquelle ces vapeurs suffocantes se rendent dans une cheminée. Après un traitement d'une demi-heure, l'acide lourd se sépare et tombe au fond, et l'on ajoute une solution chaude de lessive de 5 pour 100 de soude marquant 2° Baumé. On remet l'agitateur en mouvement et l'on traite complètement la cire de paraffine; on fait écouler la lessive de soude par le fond du réservoir, que l'on maintient chaud jusqu'à ce que le liquide ait complètement déposé et soit clair et brillant. La cire de paraffine est retirée en larges gâteaux plats qui, une fois refroidis, ont l'éclat des perles et sont presque incolores.

C'est le procédé de décoloration par l'action du noir animal qui semble donner les meilleurs résultats. Mais il n'est employé que

pour la paraffine qui a été partiellement blanchie, soit par une cristallisation réitérée, soit par l'acide, soit enfin à l'aide de ces deux actions réunies.

On a imaginé une foule de méthodes permettant d'obtenir ce résultat. Le plus complet de tous les appareils de ce genre est assurément le *filtre Ramdohr*, établi pour filtrer environ 2500 livres de paraffine par jour. Comme il est très peu coûteux à construire et se remplace facilement, il semble résoudre complètement le problème. Nous empruntons au « Journal de Dingler » la description suivante :

1° Le mélange de la paraffine et du noir animal ne s'opère ni à la main ni au moyen d'un agitateur mécanique, mais par l'action d'un courant d'air chaud préalablement injecté par un souffleur dans l'appareil.

2° La paraffine traitée au noir animal coule d'elle-même dans le filtre en papier disposé dans un entonnoir en verre, et, une fois que la vitesse du filtrage a été réglée, l'opération se poursuit sans exiger une surveillance spéciale de la part de l'ouvrier. Même dans l'hypothèse où le filtre serait quelquefois en papier peu perméable, par suite d'une négligence de l'opérateur, la paraffine ne déborderait que difficilement, car l'ouvrier peut reconnaître pendant la première demi-heure que son papier est plus ou moins perméable et régler en conséquence le débit net du robinet d'alimentation.

3° Tout l'appareil est chauffé au moyen de la vapeur d'échappement de la machine de l'atelier.

4° Les appareils de mélange et de filtrage tiennent peu de place.

HUILES DE GRAISSAGE. — Après la séparation des huiles légères et de la paraffine, les distillateurs de résidus partagent ordinairement leurs produits en trois catégories :

1° Huile ayant une densité de 38° Baumé environ et constituant une proportion de 23 pour 100 ;

2° Huile ayant une densité de 31° à 33° Baumé environ et constituant une proportion de 25 pour 100 ;

3° Huile ayant une densité d'environ 22° à 24° Baumé, en proportion de 41 pour 100.

Perte en gaz et coke, 11 pour 100.

Le premier de ces produits distillés est renvoyé dans le réservoir à pétrole brut.

Le deuxième produit est ou bien distillé à nouveau, afin de former de nouvelles catégories, ou bien employé comme base pour l'huile neutre dont nous parlerons bientôt.

Le troisième produit constitue l'approvisionnement servant à la fabrication des huiles à broches et à pièces mécaniques.

Quand l'huile séparée de la paraffine par pression a été convenablement traitée, au moyen des agents chimiques, elle est presque inodore et d'une nuance rouge orange clair; sa densité est de 22° Baumé environ; le point de congélation à l'essai à froid est à 30° Fahrenheit et le point d'éclair à 360° Fahrenheit environ.

On peut en améliorer l'aspect et la qualité par le traitement suivant: le filtrage au travers du noir animal en éclaircit beaucoup la nuance; l'exposition à l'air, dans des réservoirs peu profonds, augmente la densité, abaisse le point d'éclair et fait perdre la fluorescence spéciale. En ne négligeant pas ces détails, on obtient une huile de graissage excellente pour les arbres destinés à tourner à grande vitesse et sous une faible pression.

HUILES DE MACHINES. — Pour le graissage des pièces destinées à tourner avec une vitesse moins considérable et sous une pression plus élevée que la broche ordinaire, il faut une huile plus dense. On l'obtient en modifiant la marche de la chaudière entre les deux derniers produits, en augmentant le rendement de l'huile n° 3. Par cette modification, on obtient une huile très dense, marquant de 21 à 20° Baumé, avec une viscosité proportionnellement supérieure et un point d'éclair plus élevé. On peut fabriquer une huile de machine de qualité supérieure, de densité considérable et absolument inodore, en prenant l'huile obtenue par pression et marquant, par exemple, 30° Baumé, en la mettant dans une chaudière parfaitement propre et en la ramenant à la densité voulue au moyen de la vapeur

surchauffée. Ce procédé a pour résultat de faire disparaître toute trace d'odeur empyreumatique. Après que la réduction est achevée, on fait passer l'huile dans l'appareil de blanchiment, où on la maintient à une température douce au moyen de serpentins à vapeur, jusqu'au moment où l'eau s'est déposée jusqu'à la dernière goutte et où l'huile est devenue tout à fait blanche.

HUILES NEUTRES. — Ce sont des huiles de paraffine raffinées dont la densité varie entre 32° et 38° Baumé. La destination donnée à ces huiles exige qu'elles soient entièrement désinfectées. On les emploie beaucoup mélangées avec des huiles animales ou végétales. Quand elles ont été soumises au procédé réfrigérant ordinaire pour en extraire les cristaux de paraffine, elles ne font pas prise à un essai à froid de 20° à 25° Fahrenheit, et, après avoir passé par les cylindres à noir animal, elles sont presque inodores et incolores. On les expose, d'ordinaire, pendant quelques jours dans des réservoirs découverts, peu profonds, pour faire disparaître la fluorescence. Si l'on ne les associe pas à des produits plus lourds, elles sont en général trop peu consistantes pour pouvoir être employées comme huiles à broches ou à pièces mécaniques; mais mélangées dans les proportions voulues, elles forment des composés excellents pour le graissage de toutes les pièces qui ne doivent pas fonctionner à une vitesse trop considérable.

DESCRIPTION D'UN ÉTABLISSEMENT DE DISTILLATION. — Nous ne saurions mieux résumer les détails de fabrication relatifs aux huiles américaines que par un exemple emprunté à un établissement monté pour la distillation complète et l'extraction de tous les produits commerciaux.

Le matériel comprend des réservoirs d'approvisionnement pour le pétrole brut; des chaudières chauffées à feu nu, à la vapeur et à la vapeur surchauffée; des épurateurs, une chambre de refroidissement pour la paraffine; des chaudières, des machines, des pompes, un laboratoire et des ateliers de tonnellerie et de ferblanterie. Le pétrole, amené par des conduites ou par des wagons-citernes, est versé dans les réservoirs généraux d'approvisionne-

ment, où on le laisse déposer. Il s'en sépare de 1 à 2 pour 100 d'eau. On envoie 300 barils environ de ce pétrole dans une chaudière, où l'on fait arriver de la vapeur à 100° centigrades, et la distillation s'effectue jusqu'au moment où le pétrole marque 60° Baumé. Avec du pétrole brut marquant 45° Baumé, on recueille de 12 à 15 pour 100 de produits distillés répartis de la manière suivante :

A. <i>Premier jet.</i> — 1° Gazoline brute, marquant 80° B, environ	1/2 pour 100
2° Essence C, marquant de 80° à 68° B, environ	10 —
3° Essence B, marquant de 68° à 64° B, environ	2 à 2 1/2 —
4° Essence A, marquant de 64° à 60° B, environ	2 à 2 1/2 —

En redistillant la gazoline brute à la chaleur sèche, on recueille de la gazoline marquant de 90° à 83° Baumé; la partie qui marque de 83° à 80° Baumé est renvoyée à la gazoline brute.

L'essence C est traitée avec 4 onces d'acide sulfurique par gallon et lavée à la soude caustique, le tout à froid, puis redistillée à la vapeur. Sa densité moyenne est de 70° Baumé; elle est connue dans le commerce sous le nom de *City naphta*.

On traite également les essences B et A à l'acide et à la soude caustique. La densité moyenne de l'essence B est de 65° à 66° Baumé et celle de l'essence A est de 62° Baumé.

Il reste dans la chaudière de 88 à 85 pour 100 de produits qui marquent moins de 60° Baumé. On les transporte dans des chaudières cylindriques en fer où on les distille à feu nu; les produits de cette nouvelle distillation se répartissent de la manière suivante :

B. <i>Deuxième jet.</i> — 1° Pétrole d'éclairage brut, marquant de 58° à 40° B, environ	50 pour 100
2° Pétrole B, marquant de 40° à 36° B, environ	20 —

B. <i>Deuxième jet.</i> — 3° Pétrole C, marquant 36° B et au-dessous, environ	25	pour 100
4° Résidus	3	—
5° Pertes	2	—

On traite le pétrole d'éclairage brut avec 4 onces d'acide sulfurique par gallon et on agite pendant une demi-heure. On le sépare ensuite des résidus goudronneux et, après lavage à l'eau, on agite encore pendant une heure, puis on le tire à clair; on le lave le lendemain à grande eau et on l'aspire au moyen d'une pompe dans une chaudière à feu nu, et on distille tant que la couleur est bonne. La quantité ordinairement obtenue est de 80 pour 100. La densité de ce produit distillé est de 45° Baumé et son point d'éclair est de 135° Fahrenheit (57°,5 C.).

Sur les 20 pour 100 qui restent, la partie marquant plus de 36° Baumé est renvoyée au pétrole brut d'éclairage, et la partie qui marque au-dessous de 36° Baumé est renvoyée à l'huile pour machines; elle donne, par refroidissement et pression, de la paraffine.

On distille le pétrole B comme le pétrole brut d'éclairage. La partie du produit distillé qui marque plus de 36° Baumé est renvoyée au pétrole brut d'éclairage, et la partie qui marque moins de 36° Baumé est renvoyée à l'huile pour machines.

La partie qui marque 36° Baumé et au-dessous est renvoyée à l'huile de graissage et se traite avec 4 onces d'acide par gallon sur de l'eau à 100° centigrades pendant une heure. On la distille ensuite avec une solution de soude à 2 pour 100. La partie du produit distillé qui marque plus de 40° Baumé va au pétrole brut; la partie qui marque de 40° à 36° Baumé va au au pétrole B du deuxième jet, et la partie qui marque 36° Baumé et au-dessous est renvoyée, tant que la couleur est bonne, à l'huile de graissage des machines.

Les résidus sont envoyés dans les réservoirs à résidus.

C. — *Troisième jet.* — Huile pour machines marquant 36° Baumé et au-dessous.

On distille deux fois ce pétrole, qui est ensuite refroidi dans des barils enfermés pendant une semaine dans une glacière formée d'un mélange de glace et de sel à 26° Fahrenheit (—3° à —4° centigrades). Le magma cristallin est ensuite comprimé à la presse hydraulique et donne :

1° De la paraffine brute en écailles E ;

2° De l'huile de graissage ayant une densité de 32° Baumé et dont on vend une partie comme huile à broches ;

3° La partie qui n'est pas vendue comme huile à broches est placée dans une chaudière munie d'un serpentín à vapeur surchauffée au milieu même de l'huile. Cette chaudière est chauffée à feu nu jusqu'à ce qu'il y règne une température de 250° à 300° Fahrenheit (120° à 125°).

On fait ensuite passer la vapeur dans un serpentín plongé au milieu du pétrole, et on la laisse barboter dans le pétrole par un autre serpentín à jour, de sorte que la vapeur est distribuée dans toute la masse du pétrole à la température même de ce dernier. On enlève de la chaudière, au moyen de la vapeur, une portion de 20 à 25 pour 100 des produits les moins denses, ainsi que tous ceux qui ont une odeur nauséabonde et dont la densité varie entre 50° et 32° Baumé. La partie du produit distillé qui marque entre 50° et 40° Baumé est séparée et celle qui marque entre 40° et 32° Baumé va au *spermaceti minéral* brut D. La densité du pétrole qui reste dans la chaudière est de 29° Baumé. On emploie l'acide chromique, au lieu de l'acide sulfurique, pour faire disparaître la fluorescence.

D. — Spermacéti minéral pour l'éclairage. — On désigne sous ce nom, dans le commerce, un pétrole lourd ayant une densité de 36° Baumé, sans mauvaise odeur et spécialement destiné à l'éclairage des phares et des locomotives. On traite d'abord tout le produit distillé brut marquant de 40° à 32° Baumé avec 4 onces d'acide sulfurique par gallon ; on lave ensuite avec une solution de soude caustique et l'on redistille à feu nu sur une lessive de soude. Le spermacéti a un point d'éclair de 300° Fahrenheit

(450° C.) et n'émet qu'une faible odeur. Sa densité est de 40° à 34° Baumé. La partie marquant au-dessous de 34° Baumé est renvoyée à l'huile pour machines.

E. — Paraffine brute en écailles. — Pour raffiner cette paraffine brute en écailles, on la fait fondre en réservoir découvert à la vapeur injectée avec 1 pour 100 de lessive de soude caustique, d'où on l'extrait avec soin. On la mélange ensuite intimement avec 25 pour 100 d'essence C, et on la met de côté pendant trois ou quatre jours dans des cuves métalliques peu profondes, mais larges, dans un local froid. On la coupe de nouveau, on la met en sacs et on la fait passer à la presse.

Résidus et résidus de lavage. — Nous ne dirons rien ici de la manière dont on traite ces résidus dans les établissements américains, nous réservant d'indiquer plus loin le parti qu'on en tire en Europe.

RAFFINAGE DU PÉTROLE ET DE SES DÉRIVÉS DANS UN ÉTABLISSEMENT EUROPÉEN. — Le travail de raffinage du pétrole brut, d'origine américaine, s'effectue en Europe dans des conditions à peu près identiques à celles d'Amérique pour ce qui concerne la distillation et l'épuration des essences et huiles légères; mais il en diffère sensiblement au sujet du traitement des produits lourds ou résidus.

Ces derniers sont en Europe presque exclusivement transformés en huiles légères et traités à part dans des appareils secondaires en fonte appelés blackpots, ou diables, dans lesquels s'effectue, à des températures très élevées, la décomposition ou la transformation des huiles lourdes en huiles légères, en gaz et en coke.

Le fractionnement des gazolines, essences, benzines, huiles légères à la distillation, se fait, comme en Amérique, par la densité; mais on n'emploie pas la graduation Baumé, on se sert de densimètres centésimaux dont la graduation a pour base la densité de l'eau distillée ou 1000 grammes au litre.

Ces densimètres (Salleron, Alvergniat, etc.) se composent de différentes branches, de façon à comprendre plusieurs catégories

de produits entre la densité de 600 grammes au litre jusqu'à 950 environ.

Ainsi une branche comprend la catégorie des gazolines ou essences légères de 600 à 680; une autre de 680 à 750 sert à la vérification des essences et benzines de pétrole; une troisième va de 750 à 825; c'est la catégorie des huiles légères; une quatrième de 825 à 900 pour les huiles intermédiaires et lourdes, et enfin une cinquième de 900 à 950 pour les produits lourds et résidus.

Il existe d'autres catégories dont la division varie suivant les nécessités des usines ou les exigences du commerce.

Les produits obtenus dans les principales usines européennes sont classés en catégories comme suit :

1° <i>Essences.</i> — Éthers et gazolines, de	625 à 660
Essences pour dissolvants, nettoyages, etc., de	660 à 680
Essences minérales pour l'éclairage des lampes à éponge, de	680 à 725
Essences lourdes ou benzines (ligroïnes) pour le dégraissage, la dissolution du caoutchouc, de	725 à 740

Ces produits sont classés en deux ou trois parties à la distillation de premier jet, séparés ensuite par la rectification à vapeur indirecte jusqu'à la densité de 725 et directe de 725 à 740, puis traités séparément avec 3 pour 100 d'acide sulfurique à 66° et 1 pour 100 de lessive de soude à 36°.

Le rendement en essence se décompose ainsi suivant la richesse des pétroles bruts :

Éther, gazoline jusqu'à 660	1 à 2 pour 100
Essences de 660 à 725	9 à 10 —
Benzines de 725 à 740	5 à 7 —
Ensemble	<u>16 à 19</u> pour 100

2° *Huiles légères de premier jet.* — Les huiles légères s'obtiennent en rectifiant la partie des essences lourdes passant de 730 à 750 à la distillation de premier jet, toutes les huiles passant

entre 750 et 820, et les huiles lourdes intermédiaires de 810 à 825 environ.

Ces huiles, traitées par 3 à 4 pour 100 d'acide sulfurique et 1 à 2 pour 100 de lessive de soude, donnent :

Huile légère provenant de la rectification, de. . .	3 à 4 pour 100
Huile légère passant de 750 à 810.	<u>57 à 58</u> —
Soit ensemble.	60 à 62 pour 100

Le résidu laissé dans les grandes chaudières est d'environ 18 pour 100.

On le décante dans les blackpots et l'on distille ensuite jusqu'au coke.

Ces 18 pour 100 donnent environ 15 pour 100 d'huile lourde, qui est renvoyée dans le brut et soumise de nouveau à une distillation.

On évalue à 12 pour 100 environ la quantité d'huile légère décomposée.

Cette huile légère produite par la décomposition est éminemment inflammable. Elle est soumise à la rectification à vapeur de façon à lui enlever les parties volatiles, cause de son inflammabilité.

Les 12 pour 100 obtenus se trouvent par suite ramenés à 11 pour 100 environ, lesquels, traités par l'acide sulfurique et la soude et réunis à la masse d'huiles légères, augmentent de 9 à 10 pour 100 environ le rendement total.

On a donc :

Huiles légères, densité 795 environ et 30° d'inflammabilité.	60 à 62 pour 100
Huiles de décomposition, densité 810 environ et 35° d'inflammabilité.	<u>9 à 10</u> —
Ensemble.	69 à 72 pour 100

d'huile commerciale à 33 pour 100 d'inflammabilité.

Le rendement total d'une huile brute américaine obtenu dans les établissements européens est donc le suivant :

Essences.	16	à	19	pour	100
Huiles lampantes.	69	à	72	—	
	85	à	91	pour	100
Paraffine.	$\frac{1}{2}$	à	1	—	
	86	à	92	pour	100

Moyenne 89 pour 100

Toutes les matières provenant de la distillation du pétrole brut étant ainsi extraites, le reste est du coke variant dans la proportion de 2 à 3 pour 100.

RENDEMENTS INDUSTRIELS. — Cette question du rendement des pétroles bruts américains a été si souvent controversée, et notamment en France, où elle a donné lieu de tout temps à des discussions infinies entre les industriels et l'Administration au sujet de la perception des droits de douane, qu'il nous paraît nécessaire de compléter ces renseignements par des informations sûres provenant de résultats pratiques et ne pouvant donner lieu à aucune controverse.

Le pétrole brut acheté en Amérique aux sources concurrentement avec les raffineries indigènes est embarqué dans les grands ports américains, soit en barils, soit en navires-citernes, et il arrive dans les raffineries du continent européen dans les mêmes conditions que dans les raffineries du littoral américain.

Le rendement des huiles brutes américaines en produits propres à l'éclairage (huiles lampantes et essences) varie suivant leurs provenances de tel ou tel district de la Pensylvanie, de 83 à 92 pour 100 après distillation, redistillation et épuration.

Les huiles de Bradford donnent.	83	à	85	pour	100
— Middle district.	85	à	88	—	
— Parkers, Clarendon, Foxburgh.	89	à	91	—	
— Washington (claires).	91	à	92	—	

Le reste est du coke et de la perte; perte par distillation et épuration et perte en gaz.

Le rendement que nous avons constaté d'une huile brute en huiles lampantes et essences était presque exactement en concordance avec sa densité, ce qui nous a amené à déterminer la règle suivante : que la richesse d'une huile brute quelconque en produits lampants était inversement proportionnelle à sa densité à 15°; en d'autres termes, les huiles brutes les plus légères sont les plus riches en produits lampants, et les densités les plus élevées indiquent un rendement plus pauvre.

Ainsi les huiles de Washington les plus riches des États-Unis, dont la couleur ambrée claire a donné lieu à des soupçons de mélange d'huile raffinée (dont un examen plus approfondi et un peu d'expérience ont eu promptement raison), ont une densité variant de 775 à 785, tandis que les plus pauvres, les huiles de Bradford et les huiles sulfureuses de Lima, ont une densité de 820 et de 860.

Prenant pour base le travail des huiles de bonne qualité moyenne de Pensylvanie, les huiles brutes de Parkers-Foxburgh, celles qui sont le plus généralement importées dans les raffineries françaises, voici, d'après des données certaines et une longue expérience, le rendement moyen obtenu dans les plus importantes usines :

RENDEMENT :	
	Pour 100 kilogrammes de brut.
Eau et sédiments	0,50
Évaporation au dépôtage	0,17
Déperdition par pompage, circulation et séjour en réservoirs	0,50
<i>1^{re} distillation :</i>	
Pertes en gaz non condensables	2,25
<i>2^e distillation :</i>	
Déchets de la distillation des résidus	0,90
<i>A reporter</i>	4,32

	Pour 100 kilogrammes de brut.
<i>Report.</i>	4,32
<i>3^e distillation :</i>	
Travail de décomposition :	
Déchets de redistillation des huiles lourdes.	2,25
Rectification des essences et benzines provenant de la distillation du brut.	0,65
Traitement chimique à l'acide sulfurique, la soude caustique, l'eau, agitation par l'air.	1,78
Déchets pour 100 kilogrammes de brut.	<u>9,00</u>
Perte en coke.	<u>2,00</u>
Total des déchets et perte. . .	11,00 p. 100

Ce rendement des huiles américaines de bonne qualité moyenne peut être considéré comme un rendement type.

Aux assertions fantaisistes qui ont été formulées qu'on obtenait des huiles brutes américaines des rendements supérieurs à 93, 95 et même 98 pour 100, on peut opposer le démenti le plus formel.

L'huile raffinée elle-même, soumise aux différentes phases du raffinage par la distillation et l'épuration, ne donnerait pas un rendement en poids et en produits commerciaux supérieurs à 93 ou 94 pour 100.

Il est à remarquer d'ailleurs que, pour déterminer le rendement d'une huile, il ne suffit pas de la distiller et d'en épurer les produits obtenus par les réactifs chimiques, il faut séparer ces divers produits, soumettre les uns et les autres à des distillations successives, les rectifier et les épurer tous par les agents chimiques, afin de les rendre propres aux usages commerciaux auxquels ils sont destinés et les mettre en harmonie avec les règlements administratifs concernant la condition d'inflammabilité imposée par l'Administration.

§ II. — TRAITEMENT DES HUILES RUSSES.

FABRICATION DES HUILES LAMPANTES AU MOYEN DU NAPHTHE DE BAKOU. — Les deux opérations principales que comporte la fabrication des huiles lampantes sont la distillation fractionnée de l'huile brute et le raffinage chimique du produit distillé.

La distillation s'effectue dans des chaudières rivées en tôle d'une capacité variable, depuis 20 hectolitres jusqu'à 250. Les petites chaudières sont toujours verticales et les grandes presque toujours horizontales. L'appareil de condensation est établi au moyen de tubes en fonte ou en fer, disposés ordinairement en serpents.

Distillation. — La distillation s'effectue au moyen de l'action simultanée du feu et de la vapeur surchauffée ; c'est là le point différentiel entre le travail européen et les procédés suivis en Amérique. La chaudière étant remplie aux trois quarts de pétrole brut, on chauffe rapidement jusqu'à ce que le couvercle commence à devenir chaud. On ralentit alors le feu et on laisse les choses en l'état ; on entend bientôt à l'intérieur de la chaudière un bruit causé par le bouillonnement tumultueux du liquide, et on voit apparaître les premières gouttes du produit distillé au bout de la conduite d'échappement du condensateur. La quantité va en croissant, et il ne tarde pas à sortir un jet continu. Quand la distillation bat son plein, le jet fournit, avec une chaudière de grande dimension, un débit de 900 à 1000 litres par heure.

La température suit une marche ascendante du commencement à la fin de l'opération. La densité et le point d'éclair des produits recueillis varient avec la température. Ainsi, pour une température de distillation de 125° centigrades, la densité est de 0,767 et le point d'éclair 69°,8, tandis qu'à 250° la densité est 0,850 et le point d'éclair 208°.

ÉPURATION CHIMIQUE. — Dans le raffinage, on fait agir successivement l'acide sulfurique et la soude, en les mélangeant aussi inti-

mement que possible à l'huile lampante brute de distillation. Comme l'acide et la soude sont beaucoup plus lourds que l'huile et qu'ils tendent à se déposer au fond des récipients de mélange, il faut établir ces derniers dans des conditions telles que cet inconvénient soit évité. On a imaginé, dans ce but, plusieurs types de mélangeurs qui peuvent être classés en deux catégories : les *mélangeurs mécaniques* et les *mélangeurs à injection d'air*, qui conviennent mieux que les premiers pour le traitement en grand des huiles.

Ces derniers se composent d'une caisse recouverte intérieurement de plomb et d'une conduite d'air qui en atteint le fond et affecte parfois la forme d'une étoile ou d'un serpentín ; l'air s'échappe par de petits trous.

On verse dans l'appareil l'huile à raffiner et, après avoir fait écouler l'eau qui peut s'être déposée, on ouvre le robinet de la conduite d'air. Aussitôt que l'huile lampante est vigoureusement agitée, on fait venir l'acide sulfurique en petit jet d'un récipient en plomb fixé au-dessus du mélangeur. Pour raffiner 1800 kilogrammes d'huile brute, il faut de 15 à 18 kilogrammes d'acide sulfurique ayant une densité de 66° Baumé. Peu de temps après l'addition de l'acide, la couleur de l'huile lampante passe au rouge et en même temps une odeur pénétrante se fait sentir.

Au bout d'une demi-heure environ, on prélève un échantillon qu'on essaye après l'avoir laissé reposer pendant quelques minutes; on le tire soigneusement à clair dans un cylindre en verre et on l'agite vigoureusement, après avoir ajouté quelques gouttes de lessive de soude. L'huile lampante doit alors présenter un aspect laiteux et sa nuance doit être d'un blanc éclatant, sans mélange de teinte jaunâtre. Quand ce résultat est obtenu, on peut arrêter l'opération. Dans le cas contraire, il faut ajouter environ le tiers de la quantité d'acide employée la première fois et continuer le mélange. Si un nouvel échantillon recueilli ne perd pas sa teinte jaunâtre, on interrompt l'opération et, après avoir enlevé l'acide qui a déjà servi, on reprend le traitement. L'épuration à l'acide s'exécute en général en une seule fois, à moins que l'huile lampante n'ait été

traitée encore chaude, ou que l'acide sulfurique contienne de l'acide nitrique.

- Après avoir laissé l'huile lampante acide déposer pendant quelque temps, on la verse dans le mélangeur à soude où sont étagés des agitateurs et on la traite avec une lessive de soude marquant de 30° à 33° Baumé, dans la proportion de 9 à 10 kilogrammes par 1800 kilogrammes d'huile. Au moment du mélange de l'huile lampante avec la lessive de soude, le liquide se trouble, et on y voit apparaître des bulles quand on continue l'agitation pendant dix ou quinze minutes environ; puis des flocons blancs viennent flotter au-dessus de l'huile, qui devient alors incolore et limpide. Cette réaction indique la fin de l'opération. Après avoir laissé déposer, on fait écouler le résidu alcalin et on amène l'huile lampante dans les cuves de lavage.

L'épuration chimique ne donne pas de l'huile lampante absolument pure, quelque soin qu'on apporte à la décantation. Si l'on essaye de brûler l'huile dans une lampe, la mèche durcit et se recouvre d'une croûte qui diminue l'intensité lumineuse. Cet inconvénient est dû à la présence d'une faible quantité de soude qui est restée dans l'huile et qui, pendant la combustion, transforme en carbonate de soude l'acide carbonique des produits de la combustion.

Il faut donc faire subir à l'huile des lavages, d'abord au moyen d'une dissolution faiblement acide marquant de 6° à 8° Baumé, puis avec de l'eau pure.

UTILISATION DES PRODUITS LÉGERS DISTILLÉS. — Les produits légers de la distillation n'étaient pas utilisés au début de l'industrie du raffinage; on s'en débarrassait comme on pouvait, même en les jetant à la mer. Dans ces derniers temps, un certain nombre de raffineurs se sont mis à les traiter pour en obtenir de la gazoline et de la benzine. Mais il faut préalablement les épurer à l'acide sulfurique, puis dans une lessive de soude et, enfin, les rectifier.

Cette rectification s'effectue dans des chaudières en tôle dont le chapiteau est légèrement incliné pour ramener dans la chaudière

les parties non distillées qui ont été entraînées avec la vapeur. Après que ces huiles sont rectifiées, on a dans la chaudière un produit représentant environ 40 pour 100 de la matière primitive et dont la densité est comprise entre 0,812 et 0,815. On l'ajoute à l'huile lampante brute pour augmenter le rendement d'huile raffinée.

FABRICATION DES HUILES DE GRAISSAGE AU MOYEN DU NAPHTHE DE BAKOU. — On utilise les résidus du traitement du naphthe brut pour la fabrication des huiles de graissage, qui comprend deux opérations principales : 1° la distillation partielle des résidus ; 2° l'épuration chimique des produits distillés.

Il se présente ici une différence caractéristique dans la méthode de traitement.

La distillation des résidus ne peut pas s'effectuer par le chauffage à feu nu ; il faut faire intervenir la vapeur surchauffée et employer des séparateurs ou déflegmateurs. La vapeur d'eau surchauffée est absolument nécessaire, car, d'une part, les vapeurs qui se forment au cours de la distillation sont si denses qu'elles ont grand-peine à s'élever au-dessus de la surface du liquide en ébullition pour arriver par le chapiteau de la chaudière dans le réfrigérant, et, d'autre part, elles se décomposeraient si elles demeuraient trop longtemps dans la chaudière, où règne une température très élevée variant entre 250° et 300° centigrades.

Avec la distillation sèche, on obtiendrait, non pas de l'huile de graissage, mais des produits secondaires nauséabonds, n'ayant presque aucune propriété lubrifiante. La vapeur surchauffée entraîne rapidement les vapeurs d'huile et, en se mélangeant intimement avec elles, elle le protège contre l'action destructive des parois métalliques à haute température de la chaudière et du chapiteau. On comprend que, dans ces conditions, il faut surchauffer la vapeur de manière à ne pas refroidir le liquide dont le point d'ébullition est très élevé.

En ce qui concerne l'épuration chimique de l'huile de graissage, le traitement est le même que pour l'huile lampante ; mais il faut

employer en plus grandes quantités les mêmes produits chimiques et opérer à chaud.

DISTILLATION. — Un appareil complet de distillation comprend un surchauffeur de vapeur, une chaudière, des séparateurs, un réfrigérant et un récepteur. La vapeur surchauffée passe par la conduite et dans la chaudière, où elle doit traverser quatre bouts de conduites coudés avant de pénétrer dans le contenu de la chaudière par de petits trous percés dans les trois derniers de ces bouts de conduite. Les huiles qui ont été condensées dans les séparateurs arrivent par des conduites dans le récepteur, d'où elles passent enfin dans le réservoir d'emmagasinage.

Pour la distillation des résidus de naphte, il faut surchauffer la vapeur à trois températures différentes, savoir à 150°, 240° et 300° centigrades approximativement.

Voici comment on opère la distillation : après avoir chauffé la chaudière à un degré assez élevé pour voir apparaître les premières gouttes du produit distillé à l'extrémité de la conduite de sortie du réfrigérant, on commence à introduire la vapeur surchauffée.

Les premiers produits distillés accusent une densité de 0,850 à 0,860, suivant que l'on emploie des résidus légers ou denses. Ils ont une nuance jaune paille clair et sont troubles comme tous les produits distillés obtenus par la vapeur surchauffée. Quand on active le feu sous la chaudière, la densité augmente rapidement et atteint 0,885 au bout de quelques heures. Alors commence la seconde période de la distillation. A la fin de cette période, c'est-à-dire jusqu'au moment où la densité du produit distillé atteint 0,905, il faut chauffer la vapeur à la température de 240° centigrades. On fait arriver le produit distillé ainsi obtenu dans un compartiment séparé du récepteur et de là dans le réservoir d'emmagasinage proprement dit. Le mélange de tous les produits distillés obtenus dans cette période a, en règle générale, une densité de 0,895 à 0,897 et une nuance citron.

Pendant la troisième et dernière phase, au commencement de

laquelle la densité du produit distillé est de 0,905, la température de la vapeur s'élève jusqu'à 300° centigrades. On conduit à ce moment le feu de manière qu'il ne fasse qu'aider l'action de la vapeur, en prenant soin que la température de cette dernière ne s'élève pas au-dessus de 300° centigrades. On peut regarder la distillation comme terminée quand le produit a une nuance rouge brunâtre foncé, ou bien lorsqu'il se forme, à la surface d'un échantillon soumis à un refroidissement de 6° à 8° centigrades, une pellicule qui indique que la paraffine commence à distiller. Bien que le naphte de Bakou ne renferme qu'excessivement peu de paraffine, il faut éviter avec soin de la mélanger avec de l'huile de graissage.

Le réservoir à eau du réfrigérant porte trois conduites d'écoulement. Les conduites branchées sur les deux séparateurs servent à l'écoulement d'huiles inodores, dont la nuance varie entre le jaune et l'orange sans aucun mélange d'eau de condensation. Cette dernière s'écoule, avec une faible quantité de produits nauséabonds qu'elle entraîne par la conduite.

Le point d'ébullition des huiles qui ne se décomposent pas est si élevé que le léger refroidissement subi au passage dans les séparateurs suffit pour qu'elles se condensent, tandis que les produits volatils de la décomposition et la vapeur employée dans la distillation se condensent en dernier lieu dans le réfrigérant à eau. Du premier séparateur qui a la température la plus haute, parce qu'il est le plus rapproché de la chaudière, s'échappent les huiles les plus lourdes qui ont les points d'ébullition les plus élevés, tandis qu'une catégorie d'huile moins dense s'écoule du second séparateur. La différence entre les densités est de 0,002 à 0,004.

ÉPURATION. — L'épuration de l'huile est accompagnée ou non d'une distillation destinée à la rectifier. Dans le premier cas, on traite d'abord le mélange des huiles légères et denses à l'acide sulfurique, on neutralise par la chaux, et la rectification fournit alors les différentes catégories d'huiles séparées l'une de l'autre.

Quand on ne passe pas par une seconde distillation, on traite

séparément chaque catégorie d'huile, d'abord par l'acide sulfurique, puis par une lessive de soude, et enfin on lave deux ou trois fois à l'eau chaude.

La quantité d'acide sulfurique et de lessive de soude nécessaire varie de 4 à 12 pour 100, suivant la densité des huiles.



QUATRIÈME PARTIE

APPLICATIONS

CHAPITRE PREMIER

Éclairage.

PRODUITS ET SOUS-PRODUITS EMPLOYÉS A L'ÉCLAIRAGE. — Les produits et les sous-produits obtenus dans le traitement des huiles minérales sont employés à l'éclairage dans différentes conditions qui peuvent se résumer de la manière suivante :

Pour les produits raffinés,

1° A l'état liquide (essence et huile de pétrole brûlées dans des lampes à l'air libre).

2° A l'état de vapeurs (gaz de pétrole produit à froid par le mélange de l'air et des carbures volatils à la température ordinaire et enrichissement du gaz d'éclairage par son passage dans des carburateurs).

Pour les sous-produits,

3° A l'état de gaz (gaz riche provenant de la distillation des huiles lourdes et gaz à l'eau carburé dans lequel les gaz provenant de la décomposition des pétroles à très haute température sont mélangés à l'oxyde de carbone et à l'hydrogène du gaz à l'eau).

4° A l'état liquide (huiles lourdes pulvérisées à l'air libre).

5° A l'état solide (bougies de paraffine).

ÉCLAIRAGE A L'ESSENCE MINÉRALE. — L'essence minérale est

vendue dans le commerce à la densité de 0,70 à 0,71. Elle émet des vapeurs inflammables à la température ordinaire et demande, par conséquent, certaines précautions.

Pour l'employer à l'éclairage, il a été créé des brûleurs à verre donnant des intensités lumineuses de 8 à 15 bougies, avec fermetures hermétiques; mais la dépense de l'unité de lumière étant double de celle obtenue avec le pétrole, ce système avait l'inconvénient d'être coûteux et dangereux.

L'emploi de l'essence comme agent d'éclairage a donc été réservé aux lampes brûlant sans verre et donnant une lumière d'une à deux bougies.

Pour éviter tout danger, le récipient doit être garni d'un corps spongieux, éponge, bourre ou coton, etc., qui absorbe l'essence et alimente la mèche par contact, suivant les besoins de la consommation, qui est de 7 grammes par bougie de lumière et par heure.

Il ne faut pas que l'essence soit en excès dans le récipient; ce dernier doit pouvoir être renversé sans que le liquide s'échappe. Aucune explosion n'est à craindre dans ces sortes de lampes et une allumette peut même être présentée au-dessus du brûleur dévissé; l'essence brûlera légèrement, et il suffira de boucher l'ouverture pour obtenir l'extinction, ce qui prouve l'innocuité des petites lampes à éponge.

Une lampe de dimension moyenne peut brûler pendant douze à quinze heures consécutives sans qu'on ait besoin de la remplir d'essence; on s'en sert quelquefois comme veilleuse de nuit. La maison Besnard, de Paris, a fabriqué divers modèles de ces lampes: *bougeoir à essence* avec verrine surmontée du chapiteau; *lampe en cuivre* pour usages domestiques; *lampe d'atelier*, avec brûleur à coulisseau en fer pour régler la lumière. On peut adapter des réflecteurs à chacun de ces modèles.

Un litre d'essence donne un éclairage de dix heures et coûte 70 centimes; la lumière étant égale à celle d'une bougie, le prix de revient de la bougie-heure est de 0 fr. 007.

ÉCLAIRAGE A L'HUILE DE PÉTROLE. — DES LAMPES EN GÉNÉRAL.
— La composition des huiles de pétrole, dans lesquelles il entre à peine quelques traces d'oxygène, permet de comprendre qu'il importe surtout, dans la construction des lampes, de produire un courant d'air pénétrant dans le brûleur avec une rapidité suffisante, et de diriger ce courant sur la flamme, de façon à assurer la combustion parfaite du liquide. Cette condition a été réalisée au moyen d'un bec et d'une cheminée convenablement étudiés.

Dans les formes les plus simples de brûleurs à mèche plate, le dôme métallique qui couvre le sommet du porte-mèche sert à produire le courant d'air; la base du brûleur est munie d'un disque métallique perforé, ayant pour but de modérer la rapidité du mouvement. Dans les meilleurs brûleurs ronds, le même résultat est obtenu par l'emploi d'un disque métallique ou d'un cône couvrant le porte-mèche, ou par l'emploi d'un tube intérieur traversant le réservoir. Il faut en outre, pour assurer le fonctionnement régulier du brûleur, alimenter constamment la flamme.

Dans les appareils destinés à brûler les huiles végétales, ce résultat est obtenu par des procédés artificiels, tels que la pression d'un piston soumis à l'action d'un ressort à boudin, ou celle d'un soufflet commandé par un mouvement d'horlogerie.

Avec l'huile de pétrole, ces différents mécanismes deviennent inutiles, et l'alimentation de la flamme s'effectue par la capillarité des fibres qui constituent la mèche. Aussi la fabrication de cette dernière présente-t-elle une grande importance.

Le coton employé à la fabrication des mèches doit être de bonne qualité, à longs brins. La longueur des brins est une condition indispensable, car elle détermine en grande partie l'attraction capillaire du tissu. Les fibres du coton doivent former un tissu lâche, car un tissu trop serré entraverait le mouvement ascendant de l'huile; il faut aussi que la filure ne contienne que le nombre de cordes absolument nécessaire à l'achèvement du tissu. A ce point de vue aussi, le coton à longs brins est avantageux comme pouvant donner un tissu de même force avec un minimum de cordes. Enfin,

il est très utile de sécher les mèches avant de les employer, parce qu'elles absorbent souvent de 4 à 6 pour 100 de leur poids d'humidité, ce qui réduit leur action capillaire.

Il y a d'ailleurs deux points différents à observer lorsqu'on étudie l'ascension de l'huile dans une mèche : la hauteur et la rapidité de l'ascension. La première augmente avec la capillarité de l'huile ; la seconde diminue au contraire avec elle, et, suivant M. Zalaziecki, elle dépend en outre, quand la lampe est allumée, de l'intensité de la combustion.

Il ressort d'expériences nombreuses que plus les huiles contiennent d'hydrocarbures bouillant au-dessus de 300°, plus l'ascension en est lente dans la mèche ; l'expérience a montré d'ailleurs que la rapidité de l'ascension est plus grande avec les huiles caucasiennes qu'avec les huiles américaines, malgré la plus grande densité des premières.

Les mèches employées dans les lampes à pétrole ont des dispositions très variables. Comme nous le verrons plus loin en décrivant les appareils les plus répandus, elles sont : ou *plates* (lampe ordinaire, lampe Hincks), ou *rondes et annulaires* (lampe sépulchre, lampes Peigniet-Changeur), ou *rondes et pleines* (lampe mitrailleuse). Nous devons ajouter qu'on a essayé à plusieurs reprises des mèches incombustibles ; la première idée en est due à MM. Gourdon qui, en 1822, proposèrent d'ajouter au tissu ordinaire des fils de platine, d'or, d'argent et de cuivre ; plus tard, M. Roberts prit un brevet pour des mèches dans la composition desquelles entrait l'amiante. Ces tentatives ont été répétées à plusieurs reprises ; mais, jusqu'à présent, elles ne paraissent pas devoir conduire à la suppression de la mèche de coton.

La mèche est ordinairement déplacée dans le porte-mèche au moyen d'un pignon dont l'axe aboutit à un bouton ; c'est en agissant sur celui-ci qu'on détermine l'ascension ou la descente de la mèche.

Les cheminées en verre adoptées pour les lampes à huile de pétrole ont une forme particulière qui s'explique suffisamment par

la grande quantité d'air nécessaire à la combustion de l'huile minérale et la forme de la mèche qui force la flamme à s'épanouir en éventail. De cette forme que prend la flamme, il résulte que les parois du verre sont inégalement chauffées, ce qui a conduit, pour diminuer le nombre des ruptures, à employer des cheminées aplaties à la hauteur du renflement.

Le récipient, placé à la partie inférieure de la lampe est généralement en verre ou en porcelaine ; mais ces substances sont exposées à se briser sous l'action d'un choc, ce qui est un grave défaut pour des appareils destinés à être souvent transportés. On emploie aussi des réservoirs métalliques ; mais un autre inconvénient se présente alors. En raison de sa conductibilité, le métal s'échauffe assez vite, et il peut se produire des vapeurs dont la présence est dangereuse ; toutefois cet échauffement, lorsqu'il est maintenu dans des limites convenables, est plutôt favorable à la bonne combustion de l'huile. Il dépend d'ailleurs de la nature de celle-ci. L'expérience a prouvé, en effet, qu'une lampe contenant de l'huile à point d'éclair élevé s'échauffe plus vite qu'une lampe contenant de l'huile relativement plus légère et plus volatile. La raison en est que, dans le premier cas, la température développée par la combustion est très élevée et que l'huile lourde est conduite très lentement. Il en résulte que la sûreté des lampes à pétrole n'est pas garantie par le seul emploi des huiles lourdes et peu volatiles, et que celles-ci présentent des dangers dont les huiles légères sont à peu près exemptes.

Dans tous les cas, il est nécessaire que le réservoir soit muni d'une fermeture étanche, afin que les vapeurs qui viendraient à se former ne puissent donner lieu à des accidents. Nous verrons plus loin les différentes dispositions qui permettent d'obtenir ce résultat, soit par la combustion de ces vapeurs dans le brûleur, soit par leur échappement au dehors, comme dans la lampe Sépulchre.

Les vapeurs de pétrole ont un autre inconvénient ; c'est, lorsqu'elles ne sont pas complètement brûlées, de retomber sur le corps de la lampe et de s'y condenser. De là les suintements que l'on

reproche à un certain nombre d'appareils et qui sont, en réalité, fort désagréables. Ces suintements, que l'on avait d'abord attribués à la perméabilité du réservoir par le liquide, ont pour cause unique celle que nous venons d'indiquer, et ils ne se présentent dans aucune lampe possédant une fermeture absolument étanche.

Le récipient est ordinairement de forme aplatie, de manière à diminuer autant que possible la hauteur d'ascension du liquide dans la mèche, lorsque le niveau de celui-ci vient à baisser. Cette forme n'est cependant pas absolue, et l'on s'en écarte souvent sans grand inconvénient. Pourvu, toutefois, que l'on n'exagère pas la hauteur du réservoir par rapport à ses dimensions transversales, on peut très bien lui substituer, par exemple, un récipient cylindrique. Quelle que soit d'ailleurs la forme adoptée, on peut presque toujours constater une diminution dans l'intensité de la lumière au moment où la provision d'huile commence à s'épuiser. Cet effet est d'autant moins sensible, il est vrai, que la profondeur du réservoir est moins grande ; il dépend aussi de la nature de l'huile employée. Le seul moyen de l'éviter complètement est de construire des appareils à niveau constant : c'est pour ce motif que les lampes ordinaires ont en général des formes peu gracieuses ; dans certains types, l'appareil Peigniet-Changeur, par exemple, des dispositions spéciales ont été adoptées à cet effet.

L'abaissement du niveau dans le récipient offre encore un défaut : l'espace vide situé au-dessus du liquide se remplit de vapeurs, surtout quand on agite la lampe, et, s'il existe une communication entre le réservoir et l'air extérieur, il se forme un mélange de vapeurs d'huile et d'air auquel la flamme du brûleur peut mettre le feu. Le même fait peut se produire lorsqu'un courant d'air rapide pénètre dans le réservoir en y entraînant la flamme, lorsque, par exemple, on souffle dans la cheminée de verre pour éteindre la lampe. Pour parer à ce dernier inconvénient, un certain nombre d'appareils sont munis d'éteignoirs.

Le docteur Kellner a émis l'avis que les lampes doivent être construites de façon que la flamme ne puisse pas se communiquer

au contenu des réservoirs. Ce but peut être atteint en enfermant la mèche dans un cylindre de gaze de fil métallique pareil à celui employé dans les lampes de sûreté des mineurs.

Cette disposition a été adoptée dans la lampe « Duplex » de M. Hincks, ainsi que dans la lampe Sépulchre. Des expériences ont démontré que si la petite quantité de mélange de vapeur de pétrole et d'air contenue dans le *cylindre de sûreté* est enflammée, le feu ne se communique pas au même mélange contenu dans la partie supérieure du réservoir, de sorte que ce dernier se trouve à l'abri d'une explosion.

Les différentes conditions que nous venons d'indiquer pour la construction des lampes peuvent se résumer dans les instructions suivantes, rédigées par MM. Abel et Boverton-Redwood à la suite d'une longue série d'expériences :

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 trop comprimée.

4° Une mèche fraîche doit être séchée devant le feu avant d'être placée dans la lampe. Sa longueur ne doit pas dépasser la longueur du réservoir ni lui être trop inférieure.

5° Le réservoir doit être à peu près plein avant que la lampe soit allumée, parce que l'espace libre dans le réservoir engendre les dangers indiqués plus haut.

6° Les lampes, qui ne sont pas munies d'éteignoirs, doivent être éteintes ainsi qu'il suit : on baisse la mèche jusqu'à ce qu'une petite flamme vacillante reste dans le brûleur et on souffle fortement dans la cheminée de verre.

7° Aucune lampe ne brûle bien si les ouvertures pour l'entrée de l'air sont obstruées.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'EMPLOI DES HUILES A PÉTROLE.

— Il est de tradition de mettre sur le compte du pétrole tous les accidents qui se produisent dans l'emploi des huiles minérales à l'éclairage. L'ignorance où l'on est, en général, de la composition des pétroles commerciaux a toujours fait confondre sous le terme de pétrole les hydrocarbures quels qu'ils soient, et a donné naissance à un préjugé contre lequel nous devons mettre le lecteur en garde.

Les détails que nous avons donnés sur la composition et l'épuration des huiles de pétrole font suffisamment comprendre que la qualité des huiles livrées au commerce est éminemment variable. Suivant le procédé employé pour la distillation et l'épuration, le plus ou moins de soin apporté à ces deux opérations, le mode de séparation adopté par le fabricant pour les différents produits, on rencontrera des huiles plus ou moins légères, plus ou moins inflammables, laissant ou ne laissant pas de résidu par l'évaporation. Or non seulement ces propriétés influenceront sur la puissance éclairante des huiles, mais c'est de là que dépendra également la plus ou moins grande sécurité avec laquelle on pourra en faire usage. Ajoutons à cela qu'il se rencontrera des cas où l'on aura affaire non plus seulement à des huiles naturelles, plus ou moins mal préparées, mais à des mélanges frauduleux dont l'emploi ne peut manquer de présenter de véritables dangers, et contre lesquels le public doit être mis en garde.

Ces considérations nous amènent à examiner les caractères que doit présenter une huile d'éclairage de bonne qualité.

La couleur d'une bonne huile à brûler doit être aussi pâle que possible, une forte coloration étant presque toujours l'indice d'une mauvaise opération ; mais il ne faut pas que ce résultat soit obtenu aux dépens de la densité de l'huile par l'addition d'une certaine proportion d'essences, comme cela se rencontre dans beaucoup de cas. La densité de l'huile d'éclairage ne doit pas, en effet, descendre au-dessous d'une certaine limite, et cette limite est habituellement fixée à 0,800. Ce chiffre moyen peut être obtenu assez

régulièrement avec les pétroles de Pensylvanie, en réunissant dans un même groupe, ainsi que nous l'avons vu précédemment, tous les carbures dont la densité se trouve comprise dans les limites extrêmes de 0,715 à 0,810. Il n'y aurait aucun inconvénient cependant, dans certains cas, à faire usage de liquides d'une densité moyenne inférieure, variant de 0,800 à 0,790, par exemple. Le seul obstacle qui s'oppose, en effet, d'une manière sérieuse, à l'emploi des hydrocarbures plus légers, c'est leur trop grande inflammabilité; mais un liquide marquant 0,790 peut fort bien être employé sans danger, s'il n'entre pas dans sa composition une trop forte proportion de carbures plus légers, tandis qu'un liquide à 0,800 ou même 0,810 et 0,820, formé d'un mélange d'hydrocarbures légers et d'huiles lourdes, sera toujours d'un emploi dangereux.

En un mot, ce n'est pas la densité, mais la composition du mélange employé, qui influe principalement sur l'innocuité de son emploi; et s'il existe, il est vrai, un rapport constant entre la densité et l'inflammabilité de chacun des hydrocarbures pris en particulier, il n'en est plus de même lorsque l'on considère le mélange dont on fait usage comme huile à brûler, mélange dont on peut régler la densité à volonté, en faisant varier la proportion de ses éléments constituants. Or, pour obtenir la densité moyenne 0,79, il faudrait augmenter dans de trop fortes proportions la quantité de carbures légers. Il est d'ailleurs incontestable que la densité 0,8 est celle qui correspond le mieux au degré de capillarité nécessaire pour obtenir un bon éclairage, à moins qu'il ne s'agisse d'*huiles de cœur* dont la densité varie entre 0,78 et 0,79, parfaites comme qualité; telles sont les huiles de luxe employées en France sous le nom de *luciline* ou *securitas*.

Nous considérons donc la densité 0,8 comme l'indice d'une bonne huile de pétrole, à cela près qu'elle ne soit pas le résultat d'un mélange frauduleux.

Afin de mieux faire comprendre l'importance de cette question, nous donnerons ici quelques exemples de mélanges d'huiles

lourdes et d'essences empruntés à la brochure de MM. Barzol, Chevalier et Réveil :

1^{er} mélange :

Huile lourde, densité 0,847. . .	60 pour 100	} Densité des mélanges 0,796.
Essence légère, densité 0,732. . .	40 —	

2^e mélange :

Huile lourde, densité 0,840. . .	62 pour 100	} Densité des mélanges 0,790.
Essence légère, densité 0,720. . .	38 —	

3^e mélange :

Huile lourde, densité 0,858. . .	67 pour 100	} Densité des mélanges 0,800.
Essence légère, densité 0,700. . .	33 —	

Or ces mélanges, tout en présentant une densité égale, ou à peu près, à celle de l'huile d'éclairage de bonne qualité, ne laissent pas que de répandre des vapeurs à la température ordinaire, et prennent feu à l'approche d'un corps enflammé.

L'examen du degré d'inflammabilité est donc le point essentiel. Ce degré a été fixé par l'Administration française à 35° centigrades comme limite inférieure. Voici, d'ailleurs, une partie des prescriptions arrêtées par le conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine :

« L'huile de pétrole ne doit pas peser moins de 800 grammes le litre. Elle ne prend pas feu immédiatement par le contact d'un corps enflammé. Pour constater cette propriété indispensable, on verse du pétrole dans une soucoupe et l'on y jette une allumette enflammée; celle-ci doit s'y éteindre. Toute huile minérale destinée à l'éclairage qui ne soutient pas cette épreuve doit être rejetée comme pouvant donner lieu, par son usage, à des dangers sérieux.

« L'huile de pétrole, alors même qu'elle ne renferme plus les essences légères dites naphtes qui lui communiquent la faculté de s'allumer au contact d'une flamme, n'en est pas moins une des ma-

tières les plus combustibles que l'on connaisse. Si l'on en imbibe des tissus de lin, de coton ou de laine, son inflammabilité est singulièrement exaltée ; aussi son emmagasinage et son débit exigent-ils une grande circonspection. L'huile de pétrole doit être conservée ou transportée dans des réservoirs ou dans des vases en métal. Les dépôts doivent être éclairés par des lampes placées à l'extérieur ou des lampes de sûreté.

« Avant d'allumer une lampe, on doit la remplir complètement et ensuite la fermer avec soin. Lorsque l'huile est sur le point d'être épuisée, il faut éteindre et laisser refroidir la lampe avant de l'ouvrir pour la remplir. Dans le cas où l'on voudrait introduire l'huile dans la lampe éteinte avant son premier refroidissement, il est indispensable de tenir éloignée la lumière avec laquelle on s'éclaire pour procéder à cette opération. »

En France, les règles fixées par l'administration et le soin apporté par les distillateurs au raffinage et à l'épuration de leurs produits ont eu cette conséquence que les accidents attribués au pétrole sont presque uniquement dus à l'emploi de l'essence. Il n'en est pas de même dans les pays où la vente des huiles minérales est soumise à une surveillance moins stricte.

Nous ne saurions mieux justifier les observations précédentes qu'en résumant les conclusions toutes récentes de MM. Spencer, B. Newbury et W.-P. Cutter, sur l'inexplosibilité des huiles lampantes américaines.

Dans un travail exécuté au laboratoire de l'Université Cornell, ces chimistes ont cherché à établir la relation qui existe entre le point d'éclair des huiles et leur faculté de produire de violentes explosions avec l'air, en vue de déterminer ce que valent les indications du point d'éclair comme garantie de sécurité. Les questions qu'ils ont étudiées peuvent être brièvement énoncées comme il suit :

1° Tous les hydrocarbures dont se composent les huiles combustibles, étant diffusés dans l'air en proportions convenables, formeront-ils des mélanges nettement explosifs? S'il en est ainsi,

à quelle température cela aura-t-il lieu pour chacun de ces hydrocarbures ?

2° Quels sont les constituants les plus volatils de l'huile lampante ordinaire, et comment les proportions de chacun de ces hydrocarbures plus légers affectent-elles le point d'éclair de l'huile ?

Il nous est impossible d'entrer dans le détail des expériences; nous devons nous contenter d'en indiquer les conclusions, que nous pouvons résumer de la manière suivante :

1° Toutes les paraffines jusqu'au décane, et probablement aussi jusqu'à des membres plus élevés de cette série, peuvent, à des températures convenables, former des mélanges explosifs avec l'air.

2° Les huiles dont le point d'éclair est notablement au-dessus de ce qu'exigent les règlements peuvent, dans des circonstances spéciales, produire de violentes explosions à leur température d'éclair.

L'essai de combustion qui détermine la température à laquelle un échantillon d'huile peut être enflammé et brûlé dans un vase ouvert a généralement été contesté comme incapable de fournir des indications à l'égard de la sécurité que peuvent présenter ces huiles.

Une huile peut brûler à une température très élevée, quoique en ayant un très bas point d'éclair et en étant, par suite, extrêmement dangereuse. C'est ce qui a lieu spécialement pour les huiles qui consistent en un mélange d'hydrocarbures très lourds et d'hydrocarbures très légers. Plus une huile se rapprochera de l'homogénéité de composition, plus le point d'éclair et le point d'ébullition se rapprocheront l'un de l'autre. Par exemple, les fractions correspondant au nonane et au décane employés dans les expériences décrites ci-dessus prennent feu à une température qui n'est guère supérieure à leurs points d'ébullition. Le nonane donne un éclair à 79° Fahrenheit (26°,12 C.); il brûle à 110° Fahrenheit (43°,34 C.). Le décane donne un éclair à 104° Fahrenheit (40° C.); il brûle à 136° Fahrenheit (57°,78 C.).

Le point d'éclair d'une huile dépend donc, comme on le sait bien, non seulement de la proportion de constituants lumineux présents, mais aussi de la nature de cette huile considérée dans son ensemble. On peut ramener au type normal une huile exploisible en y ajoutant une quantité suffisante d'huile lourde lubrifiante, mais un tel mélange hétérogène est de qualité médiocre pour l'éclairage.

Les observations précédentes conduisent donc à cette conclusion qu'une huile de pétrole devient dangereuse lorsqu'elle est chauffée au-dessus de son point d'éclair, que celui-ci soit élevé ou non. C'est là une condition d'une grande importance à laquelle on ne saurait apporter trop d'attention.

Les expériences dont nous venons de parler ont une autre conséquence immédiate, c'est que l'on peut éviter tout accident au moyen de certaines précautions très faciles à prendre. Cela justifie pleinement notre opinion que le pétrole de bonne qualité ne présente pas par lui-même plus de danger que tout autre mode d'éclairage.

DESCRIPTION DES LAMPES A PÉTROLE. — *Lampes à mèche plate.* — Les premières lampes à pétrole ont été copiées sur celles inventées en France par Ménage, en 1843, pour brûler les huiles de schiste. Ces lampes, fabriquées couramment de 1850 à 1860 par la maison Guillemont et la maison Maris, à Paris, furent achetées par des Américains vers 1858, afin de brûler le pétrole dont on n'avait tiré jusqu'alors aucun parti. La démonstration une fois faite de l'emploi du pétrole à l'éclairage, on chercha tout d'abord à fabriquer des lampes à très bon marché, et, dans ce but, on créa des becs plats à des prix excessivement bas, 0 fr. 25 la pièce.

Les becs plats furent perfectionnés par MM. Maris et Besnard, il y a plus de vingt ans. L'extrémité supérieure du porte-mèche est recouverte d'une capsule par la fente de laquelle passe la flamme. Une collerette, qui permet l'accès de l'air à l'intérieur de la capsule, intercepte en outre toute communication entre celle-ci et le récipient.

Le porte-verre réunit la capsule au bec au moyen d'une charnière que l'on peut ouvrir pour le nettoyage des mouchures tombées dans l'intérieur du bec et obstruant les courants d'air. Ce nettoyage est très important pour la bonne marche de la lampe, car si l'air n'arrivait plus en quantité suffisante, la combustion serait incomplète et la lampe répandrait une odeur désagréable.

Enfin des molettes, bien abritées de la chaleur, font monter ou descendre la mèche lorsqu'on agit sur le bouton.

Le bec ordinaire à mèche plate répond à de nombreux besoins par sa simplicité, son bas prix et la facilité avec laquelle il s'adapte à toute espèce de récipient en verre ou en porcelaine. Il remplace avantageusement la bougie et la lampe modérateur, mais il devient insuffisant dès qu'on a besoin d'un pouvoir éclairant supérieur : c'est l'éclairage du petit consommateur.

Lampes à mèche ronde. — Les lampes à mèche ronde permettent de mieux utiliser la puissance éclairante du pétrole, grâce à la forme circulaire de la mèche au centre de laquelle arrive un courant d'air. Il faut d'ailleurs que ce courant d'air soit combiné avec le tirage de la cheminée, pour obtenir une flamme fixe, très blanche et sans odeur. Si la flamme est trop blanche, le bec s'échauffe, la mèche se carbonise, sèche et n'alimente plus suffisamment de pétrole la partie supérieure; de là, diminution de la lumière et odeur empyreumatique des gaz non brûlés. Si la flamme est trop rouge, il se produit du noir de fumée et le pétrole est dépensé sans donner son maximum de lumière.

Il n'est pas inutile de rappeler ici qu'il est nécessaire dans toutes les lampes à pétrole de les faire brûler à plein feu; on ne peut baisser la lumière à demi-feu, sans que la lampe répande une odeur désagréable.

Les becs ronds à disques, tout en donnant une très belle lumière, avaient un grave inconvénient : la difficulté du remplacement des mèches. Cette difficulté a été en partie surmontée par le bec rond dit *allemand*, à mèche plate, s'arrondissant à la partie supérieure et brûlant au moyen d'un verre spécial à col rétréci. Ce

bec donne une lumière allongée qui a eu son moment de succès dû en grande partie au bas prix auquel l'appareil était livré.

Ces becs ont reçu en France divers perfectionnements, dont le plus important est celui qui permet l'emploi de mèches cousues.

Dans la lampe française, la mèche cousue sur une longueur de 0^m,03 monte toujours droit et donne l'éclairage maximum sans pointe fuligineuse, tandis que, dans les becs allemands, la mèche plate forme des points où la combustion incomplète rend la lumière inégale.

Le montage du porte-globe attenant au porte-verre permet de bien assujettir les globes ou tulipes que l'on veut placer sur ces brûleurs ; des dispositions spéciales suppriment tout suintement et tout danger d'explosion, en cas d'emploi de pétroles de qualité inférieure ; des cheminées en cristal à col rétréci, parfaitement calibrées, améliorent le rendement lumineux en assurant la régularité du tirage.

Ces types de brûleurs donnent une lumière de douze bougies, qui a été jugée insuffisante à partir du moment où se sont produits les foyers électriques et les becs intensifs à gaz.

Les Allemands fabriquèrent alors un bec dit *mitrailleuse*, qui avait été innové autrefois à Paris par la maison Girardin. Ce bec se compose d'une douzaine ou d'une vingtaine de tubes parallèles, disposés sur une circonférence, dans lesquels passent de petites mèches rondes et pleines, de 5 à 6 millimètres de diamètre. Il brûle assez bien à blanc et donne une lumière de dix-huit à vingt bougies ; mais il ne resta pas longtemps en faveur, par suite de la difficulté du réglage des mèches multiples.

A la même époque, on avait adopté le bec Rochester et le bec *Duplex* ; ce dernier, perfectionné par Hincks, donne une lumière d'environ vingt bougies. Ce bec comprend

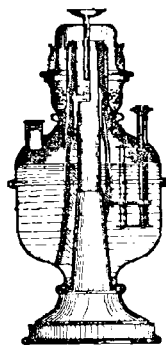


Fig. 49. — Bec système Rochester.

deux mèches plates, placées parallèlement à côté l'une de l'autre et que l'on peut lever ou baisser séparément au moyen d'un bouton

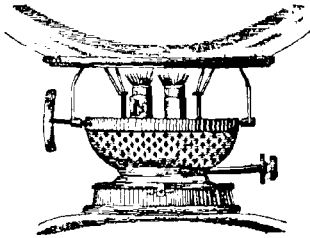


Fig. 50.
Bec système Hincks.

double à deux molettes, correspondant respectivement aux deux mèches ; l'une de ces molettes est portée par une tige creuse à l'intérieur de laquelle est l'axe de l'autre.

Les deux porte-mèche sont placés dans le brûleur de manière à former une flamme plate, circulaire ou elliptique. Ils sont munis d'un extincteur, enveloppe mobile qui, lorsqu'elle est

soulevée, intercepte l'accès de l'air et produit l'extinction. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la mèche est entourée d'un cylindre de sûreté en toile métallique. Enfin on peut allumer la lampe sans ôter le verre en imprimant un petit mouvement de rotation à la clef du levier qui fait monter le porte-globe et le verre.

Le désir manifesté par les consommateurs d'obtenir des lumières de plus en plus intenses fit travailler tous les fabricants de lampes à pétrole. Les lampes à schiste à disque furent modifiées par Doty, qui, le premier, y adapta une capsule dépassant le niveau supérieur de la mèche pour former chambre de chaleur conjointement avec un disque de métal superposé. Cette disposition fut adoptée en France par l'administration des phares et appliquée en 1872.

Le prix élevé du pétrole retarda quelques années encore l'introduction de ces forts brûleurs, et c'est seulement en 1885, en Belgique, où le pétrole ne coûtait que 0 fr. 15 le litre, que des lampes basées sur le même système commencèrent à être appréciées du public et à faire une concurrence sérieuse au gaz.

Il existe aujourd'hui une telle variété de ces lampes que nous devons nous borner à citer les plus répandues, après avoir rappelé celle qui a servi de type et dont les dispositions essentielles sont empruntées à un brevet de M. Maris, pris en 1882.

Dans cette lampe, qui convenait aux huiles de schiste et aux pétroles de densité supérieure à 0,800, on retrouve, entre autres détails, l'alimentation d'air à l'intérieur et à l'extérieur de la flamme, par les passages BA et CD, et l'emploi d'un disque horizontal pour produire l'épanouissement de la flamme.

Les lampes *Phares* sont construites sur les mêmes principes; elles se font suivant cinq grandeurs courantes. Le bec de 66 millimètres à courant d'air coudé a le même pas de vis que les becs allemands ordinaires et peut remplacer ces derniers sur les lampes en service sans travail particulier. Il consomme à l'heure 54 grammes et donne dix-huit bougies.

Les autres becs sont à courant d'air central traversant la lampe; ils sont de 14, 18, 24 et 36 lignes, et consomment respectivement à l'heure 75, 110, 130 et 200 grammes de pétrole en produisant 26, 35, 45 et 70 bougies. En moyenne, il faut

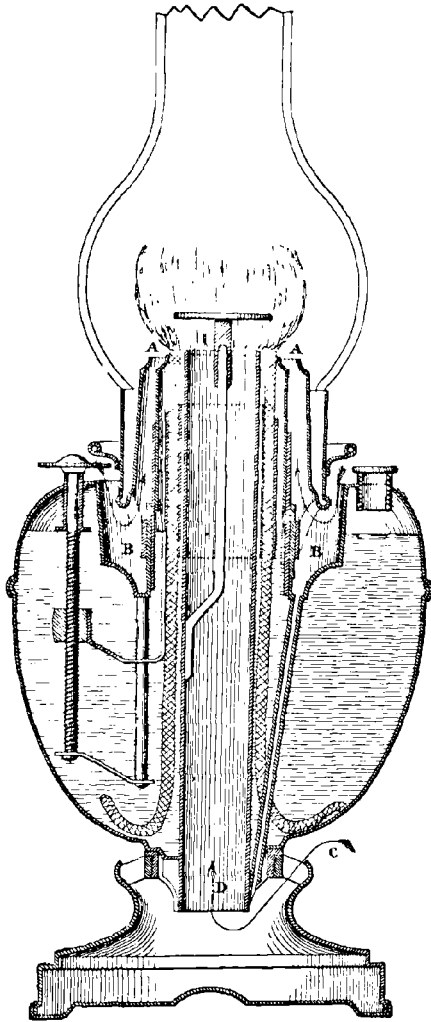


Fig. 51. — Coupe de la lampe Maris.

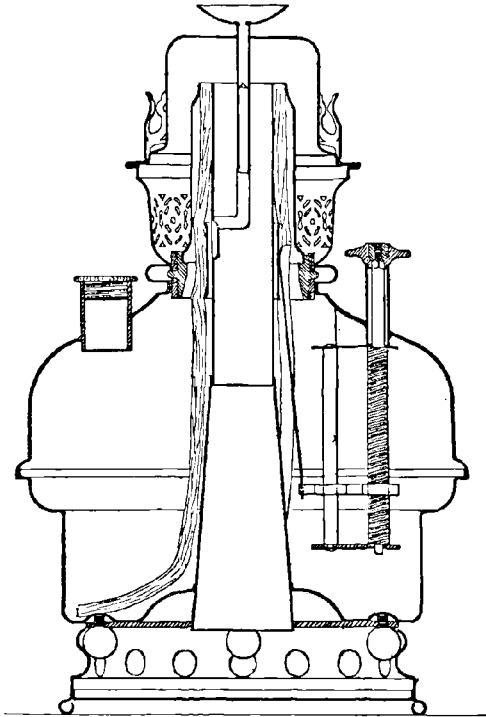


Fig. 52. — Lampe Phare.

lindre en toile métallique qui empêche la flamme du bec d'arriver jusqu'au liquide contenu dans le récipient.

Enfin, entre le brûleur et le réservoir existe une chambre intermédiaire M, qui diminue l'échauffement de ce dernier, recueille les vapeurs de pétrole et les laisse s'écouler dans l'atmosphère, quand elles sont devenues trop abondantes, par l'axe du bouton creux qui commande le déplacement de la mèche.

compter avec ces lampes sur une consommation de trois grammes d'huile par bougie.

La lampe *Sépulchre*, d'origine belge, présente un certain nombre de dispositions communes avec l'appareil Maris, parmi lesquelles l'existence des deux courants d'air arrivant, l'intérieur par A et l'extérieur par B. Le diffuseur D sert à répartir le courant d'air intérieur dans la flamme et à faire épanouir cette dernière.

La mèche est montée sur le tube central et recouverte d'un cy-

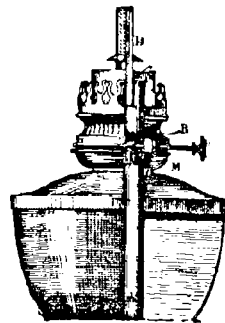


Fig. 53. — Bec système Sépulchre.

La lampe *Peigniet-Changeur* (fig. 54) est destinée à éviter l'inconvénient qui résulte de l'abaissement du niveau du liquide dans le récipient. A cette effet, la mèche trempe dans un petit réservoir placé près du bec, qui communique avec le grand récipient par un tube très étroit, au sommet duquel est un petit flotteur en liège. Lorsque le réservoir supérieur est plein, ce flotteur ferme le tube; quand il s'est vidé en partie, par suite de la combustion, le flotteur se soulève et une pompe foulante élève l'huile; cette pompe est actionnée par un ressort que l'on monte au moyen de la clef C.

Cette disposition présente en outre l'avantage de placer le réservoir principal assez loin du bec, ce qui diminue les dangers d'explosion, et de pouvoir s'adapter à toutes les formes de lampes.

L'action de la mèche proprement dite est, dans cet appareil, renforcée par un garde-mèche qui consiste en un tissu épais et lâche attaché au-dessus du brûleur et trempant, en contact avec la mèche, dans l'huile.

Dans les différents modèles d'appareils dont nous venons de parler, on ne trouve pas d'ouverture à bouchon par laquelle, sans éteindre la flamme, on puisse verser du pétrole dans la lampe. Il faut au contraire dévisser le bec pour remplir le réservoir : on évite ainsi de nombreux accidents auxquels bien des personnes imprudentes ne manqueraient pas de s'exposer en faisant cette opération sans éteindre préalablement la lampe.

ÉCLAIRAGE DES VILLES. — En dehors des diverses applications du pétrole aux usages domestiques et industriels, nous dirons quelques mots de l'emploi qui en a été fait pour l'éclairage des petites villes.

Les lampes à pétrole ont sur le gaz de houille l'avantage de ne pas dégager de gaz sulfureux. On peut leur adjoindre des réflecteurs paraboliques ayant pour foyer commun le centre de

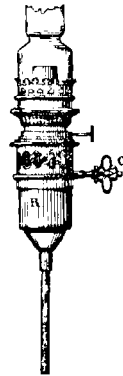


Fig. 54.
Lampe
Peigniet-Changeur.

la flamme de la lampe, de sorte qu'une même source lumineuse peut éclairer plusieurs rues.

M. Besnard a imaginé une lampe d'allumage possédant une tige flexible garnie d'une mèche qui s'introduit dans le courant d'air central de la lampe du réverbère et vient allumer cette dernière sans avoir besoin de lever la cheminée de cristal. Avec ce système, on peut éclairer une ville dans des conditions assez économiques. Le prix de revient peut s'établir ainsi :

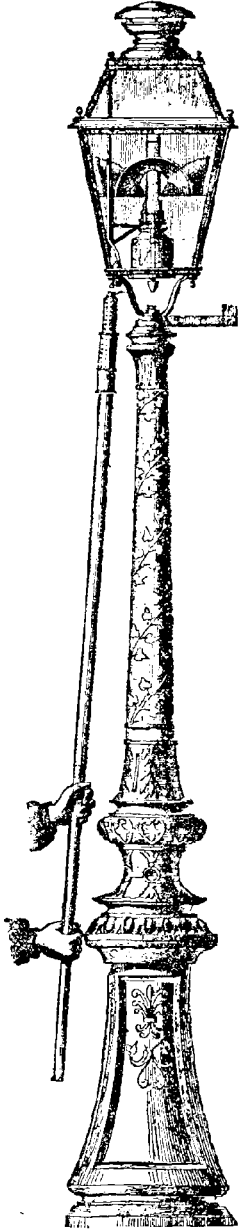


Fig. 55. — Tige d'allumage.

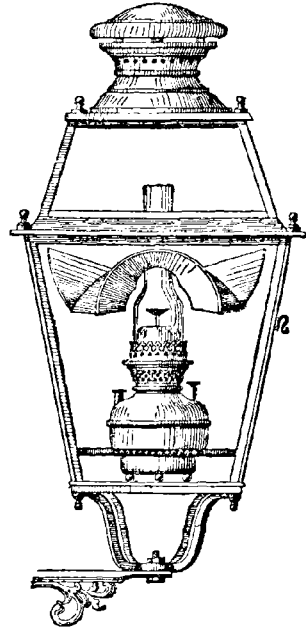


Fig. 56.
Réflecteur parabolique.

Pétrole brûlé à l'heure, 50 grammes	
à 40 francs.	0 fr. 02
Manutention et service.	0 fr. 02
Amortissement du matériel.	0 fr. 02
Dépense à l'heure.	0 fr. 06

La lumière directe émise par la lampe est de quatorze bougies, et l'effet utile, à

50 mètres de la lanterne, est quadruplé par l'usage des réflecteurs paraboliques. On peut augmenter l'intensité de la lumière en adoptant comme brûleurs des becs-phares consommant 60, 80 ou 100 grammes de pétrole.

COMPARAISON DE L'ÉCLAIRAGE AU PÉTROLE ET DES AUTRES MODES D'ÉCLAIRAGE. — La comparaison de l'éclairage au pétrole et de l'éclairage aux corps gras a été étudiée par MM. Barral, Chevalier et Reveil; nous indiquons ci-dessous les résultats qu'ils ont obtenus et consignés dans leurs réponses aux questions posées par les fabricants d'huile minérale.

Pour les huiles minérales, la dépense moyenne d'un grand nombre d'heures avec plusieurs échantillons, dans une lampe ordinaire à mèche plate (dimension 9 millimètres) et à réservoir métallique, a été de 23 grammes par heure.

Pour l'huile de colza, avec une lampe modérateur à mèche cylindrique d'un diamètre de 19 millimètres, la dépense par heure a été de 21 grammes.

Pour la bougie (bougie de l'Étoile, six à la livre, soit 485 grammes), la dépense a été de 11 grammes par heure.

Pour la chandelle de suif (six à la livre), mouchée trois fois à l'heure, la dépense a été de 11 grammes.

Les intensités lumineuses, déterminées à l'aide de dix essais comparatifs au photomètre de Rumford, peuvent être représentées en moyenne par les nombres suivants :

	Intensité lumineuse.
Bougie.	4,00
Huile de pétrole. Lampe à mèche plate de 9 millimètres.	6,06
Huile de colza épurée. Lampe modérateur à mèche cylindrique de 19 millimètres.	7,06
— Lampe modérateur à mèche cylindrique de 12 millimètres.	6,01
Chandelle de suif.	0,81

L'intensité lumineuse obtenue par la combustion d'une quantité donnée d'huile de pétrole varie d'ailleurs avec les lampes employées comme nous l'avons dit précédemment; les brûleurs à

mèche ronde sont plus économiques que les brûleurs à mèche plate. C'est ainsi que le minimum de consommation d'huile par heure et par intensité d'une bougie est de 2^{es},65 dans les premiers et de 3^{es},23 dans les derniers.

MM. Redwood ont entrepris en 1879 une série d'expériences photométriques sur différentes lampes alors en usage; ils ont trouvé que la consommation d'huile variait, dans ces lampes, de 2^{es},91 à 4^{es},21 par bougie et par heure.

Dans des expériences analogues faites plus récemment avec des appareils modernes, on a obtenu entre 2^{es},65 et 4^{es},53.

Avec la lampe sépulchre, on arrive à 2^{es},75. La permanence de la flamme pendant le fonctionnement de la lampe est une condition de grande importance; elle est difficile à réaliser lorsqu'on emploie une mèche de qualité inférieure, ou un réservoir de diamètre insuffisant, ou une huile mauvaise.

L'influence de la qualité des mèches est mise en évidence par les chiffres suivants, dus aux expériences de M. Boverton-Redwood, qui indiquent les quantités relatives d'huile conduites par des mèches de différentes qualités en un temps donné.

Mèche de qualité supérieure.	198
Mèche de qualité moyenne.	100
Mèche de qualité inférieure.	76

Le pouvoir éclairant est aussi lié d'une façon très étroite à la qualité des mèches, ainsi que le montre le tableau ci-après :

	Mèches de qualité supérieure.	Mèches cordillaires.
Pouvoir éclairant maximum.	10,43 bougies.	9,99 bougies.
Pouvoir éclairant minimum (même après 6 heures de service).	9,63 —	7,64 —
Pouvoir éclairant moyen (pendant 10 heures de service).	10,14 —	8,99 —
Huile consommée par heure.	34 ^{es} ,22	32 ^{es} ,38
Huile consommée par bougie et par heure.	3 ^{es} ,379	3 ^{es} ,601

Après un usage dont la durée dépend de la qualité de la mèche, celle-ci s'engorge et commence à conduire l'huile au brûleur d'une manière peu satisfaisante. On attribue ce fait à ce que la mèche s'imprègne d'eau.

Il est intéressant, au point de vue économique, de comparer l'éclairage aux huiles minérales et l'éclairage au gaz de houille. Voici à ce sujet l'opinion de M. Boverton-Redwood. On peut admettre que, dans les conditions de l'usage domestique, le gaz de houille fournit une lumière qui correspond à 2,6 bougies par pied cube et par heure, soit 2600 bougies par heure par 1000 pieds cubes. En prenant 3^{es},23 comme consommation par bougie-heure de l'huile minérale de densité 0,800 et 0 fr. 82 comme prix du gallon d'huile, le coût de ces 2600 bougies-heure revient avec le pétrole à 1 fr. 93, c'est-à-dire deux fois meilleur marché qu'avec le gaz.

L'éclairage des rues de Wunbledon (Angleterre), où, depuis plusieurs années, 420 lampes à pétrole sont employées sur les voies publiques, fournit aussi des renseignements intéressants que nous empruntons à un rapport de M. Santo-Crimp, surveillant du comité local de la ville.

On se sert de trois modèles de lampes qui n'ont pas tous le même pouvoir éclairant : modèle *Empire*, modèle *Vulcain* et modèle *Mitrailleuse*.

La lampe *Empire* est à mèche plate de 35 millimètres de largeur (1 pouce 3/8); elle n'a pas de cheminée, mais un globe en forme de pomme de pin. Consommation annuelle d'huile 190^l,68 (42 gallons); lumière égale à celle d'un bec de gaz de 140 litres à l'heure (5 pieds cubes). Dépense totale d'éclairage, comprenant huile, chiffons, mèches, globes, réparations, service, etc., 65 francs par lampe et par an.

La lampe *Vulcain* (de fabrication allemande) a une mèche ronde comme dans les lampes modérateurs, et exige une cheminée en verre. Consommation d'huile annuelle : 272^l,40 (60 gallons) environ. Lumière meilleure que celle de l'appareil précédent,

mais augmentation de dépense de 10 fr. 90 par lampe et par an, pour la consommation d'huile.

La lampe *Mitrailleuse*, de Rettick, à 16 mèches. Elle brûle par an 285 litres (63 gallons) environ d'huile, coûte de ce fait 12 fr. 50 de plus par lampe et par an que le premier appareil et correspond, comme effet utile dans les rues, à un bec de gaz ordinaire de 182 litres (6 1/2 pieds cubes).

La consommation d'huile par heure de ces trois modèles est donc :

De 39 à 40 grammes,	lampe	Empire.
De 56 à 57	—	— Vulcain.
De 59 à 60	—	— Mitrailleuse.

L'huile employée est de la marque *Tea Rose*; le traité avec le fournisseur est fait pour six mois, au prix de 0 fr. 13 1/2 le litre (5 den. 3/4 le gallon anglais).

La dépense de service par lampe et par an est à peu près la même pour les trois modèles, et est indiquée comme égale à 30 francs. Un homme peut faire le service de 60 à 65 lampes.

La différence entre ce chiffre et la dépense totale provient de l'huile, des chiffons, des mèches, des globes et verres, des réparations, de la peinture, du renouvellement et de l'entretien.

EMPLOI DES VAPEURS D'ESSENCE OU DE GAZOLINE A L'ÉCLAIRAGE.

— Les produits les plus volatils recueillis dans la distillation des pétroles et caractérisés commercialement à l'état liquide par une densité de 650 brûlent avec une flamme éclairant à l'air libre. La facilité avec laquelle ils se vaporisent à la température ordinaire a donné l'idée d'obtenir directement par leur mélange avec l'air un gaz combustible et éclairant. On les utilise aussi quelquefois pour augmenter le pouvoir éclairant du gaz de houille, en introduisant dans la flamme de ce dernier des vapeurs d'hydrocarbures plus riches en carbone.

Le principe de la carburation de l'air a été appliqué par nombre d'inventeurs, et l'on est arrivé à fabriquer des appareils qui peuvent rendre certains services pour l'éclairage des maisons de campagne, en permettant aux particuliers de fabriquer chez

eux un combustible lumineux analogue au gaz, sans avoir besoin de construire une véritable usine.

Appareil Faignot. — L'appareil de M. Faignot comprend trois éléments principaux :

1° Un aspirateur faisant fonction de pompe à air. Il est actionné par un tambour mis en mouvement par une corde à l'extrémité de laquelle est suspendu un poids. Ce poids se remonte au moyen d'un treuil, et sa course peut être établie pour une marche de six, huit, dix ou douze heures.

2° Une cloche-gazomètre qui emmagasine l'air venant de l'aspirateur et l'envoie dans les carburateurs.

3° Les carburateurs ou récipients de gazoline, dans lesquels l'air se charge de vapeurs carburées. Ces récipients, en nombre variable, sont munis de mèches ou tampons en feutre qui favorisent l'évaporation ; ils sont en outre divisés en plusieurs compartiments par des cloisons qui ne se prolongent pas jusqu'à la paroi opposée et entre lesquelles l'air est forcé de circuler. De cette manière, l'air et les vapeurs se mélangent intimement. Le gaz ainsi obtenu est conduit par des tuyaux en plomb aux brûleurs, qui sont semblables à ceux du gaz de houille.

Appareil Wiesnegg. — L'appareil se compose d'un ventilateur hydraulique accompagné d'une bêche en métal dans laquelle est placé le carburateur proprement dit. Pour pouvoir utiliser également les essences de densités un peu différentes et à des températures variables, le carburateur est plongé dans un bain-marie de très petites dimensions, à l'aide duquel on peut, l'hiver, chauffer légèrement des essences à 660 grammes, et refroidir, l'été, celles d'une densité moindre, etc., selon les besoins.

Pour que le liquide subisse rapidement l'influence de ces variations de température, l'appareil est simplement composé d'une grossière étoffe de laine, enfermée entre deux lames de métal, le tout roulé en spirale et plongé dans le bain-marie ; ce dernier, d'une contenance de 5 litres d'eau environ, se chauffe au moyen du thermosiphon sous lequel est placé un petit brûleur à gaz.

Les proportions données aux diverses parties de l'appareil sont telles, qu'un mètre de chute de la corde du ventilateur fait débiter à celui-ci environ 1500 litres d'air sous pression de 0^m,05 d'eau. Le carburateur, malgré son peu de poids et de volume, peut contenir de 3 à 4 litres d'essence.

Le mètre cube d'air absorbe en moyenne 500 centimètres cubes d'essence pour sa saturation; on peut donc, avec une chute de poids de 5 mètres (soit en mouflant l'appareil, soit en faisant passer la corde le long d'un mur extérieur du bâtiment), obtenir de 6 à 7 mètres cubes de gaz.

Lorsqu'on emploie ce procédé d'éclairage, il est bon de tenir compte de la température ambiante, car la condensation des vapeurs d'essence, lorsqu'elles ne sont pas immédiatement utilisées, est assez rapide pour gêner le passage de l'air saturé. C'est pour cette raison qu'il est avantageux de consommer l'air carburé dans le proche voisinage de sa saturation et dans des pièces dont la température ne puisse descendre au-dessous de + 15° à 18° centigrades; il n'est pas moins utile de réserver dans la canalisation des inclinaisons terminées par des siphons ou de simples bouteilles destinés à recevoir les produits de la condensation, et enfin d'isoler ces conduits des murs, en les enveloppant de laine ou de tout autre corps mauvais conducteur de la chaleur.

L'éclairage général d'un bâtiment au moyen de l'air saturé de vapeurs d'essence n'est guère chose réalisable, précisément à cause de la difficulté d'obtenir une évaporation régulière et proportionnelle à des dépenses variables, à moins d'avoir un carburateur dans chacune des pièces à éclairer, ce qui devient plus complexe que des lampes; mais cette application peut rendre de grands services dans un laboratoire, car on supprime ainsi l'embarras des réservoirs à liquides qui multiplie les difficultés de surveillance et les causes de danger, et on élimine toute possibilité d'incliner ou de renverser les brûleurs. Elle est aussi avantageuse, ainsi que nous l'avons dit plus haut, dans les habitations de la campagne.

GAZ A L'EAU CARBURÉ. — L'utilisation du pouvoir éclairant des hydrocarbures du pétrole se rencontre encore dans la fabrication du gaz à l'eau carburé pratiquée aux États-Unis. Ce gaz, qui n'est autre chose que de l'hydrogène mélangé, suivant le mode de préparation, d'une quantité plus ou moins notable d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, s'obtient en injectant de la vapeur, de préférence surchauffée, dans une cornue ou chambre de décomposition remplie de coke, d'anhracite ou de charbon de bois porté à l'incandescence; une double décomposition se produit. L'oxygène de la vapeur se combine avec le carbone du combustible pour former de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique. La proportion de ces deux gaz dépend des proportions relatives du carbone et de l'oxygène en présence. S'il y a excès de charbon, et plus particulièrement si la matière carbonifère est disposée en couche épaisse, l'acide carbonique, d'abord formé, est ramené à l'état d'oxyde de carbone. Tel est le principe de la fabrication américaine, qui exclut à peu près complètement l'acide carbonique.

Le gaz à l'eau, composé principalement, comme nous venons de le dire, d'hydrogène et d'oxyde de carbone, est combustible, mais peu éclairant. Si dans sa préparation on introduit, en même temps que la vapeur d'eau, une certaine quantité d'huile de pétrole, celle-ci sous l'influence de la chaleur se résout en ses carbures élémentaires par suite d'une distillation à très haute température. Le mélange final renferme alors les principes suffisants pour que sa flamme devienne lumineuse. Le procédé d'introduction des vapeurs de pétrole dans le mélange peut varier, suivant les conditions où l'on opère; mais le résultat final est de permettre au gaz à l'eau de rivaliser avec le gaz de houille à tous les égards.

D'après un rapport du professeur Wurtz, le gaz à l'eau vendu à New-York en 1878 avait une densité de 0,4912 et présentait la composition suivante :

Hydrogène	49,32	pour 100
Gaz des marais.	7,65	—
Oxyde de carbone.	37,97	—

Acide carbonique, . . .	0,14 pour 100
Azote.	4,79 —
Oxygène.	0,13 —

La proportion de pétrole que l'on ajoutait à ce gaz était de 4 gallons par 1000 pieds cubes de gaz, soit 18,15 par 28 mètres cubes.

Il est bon toutefois d'ajouter que cette application du pétrole n'est possible que dans les pays producteurs, comme les États-Unis et la Russie; partout ailleurs elle se trouve empêchée par l'augmentation de dépense qu'elle entraîne.

UTILISATION DES HUILES LOURDES POUR L'ÉCLAIRAGE. — Deux méthodes se présentent pour produire de la lumière au moyen des huiles lourdes: l'une consiste à les transformer par une distillation à haute température en gaz fixes dans les conditions ordinaires de température et de pression; l'autre, à les brûler en leur fournissant la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion complète du carbone.

Fabrication du gaz d'huile. — Ce gaz, dont le pouvoir éclairant est bien supérieur à celui du gaz de houille, est employé surtout jusqu'ici pour l'éclairage des wagons de chemin de fer où il remplace avantageusement les lampes à huile. Dans ces dernières années, de nombreux perfectionnements ont été introduits dans les appareils de fabrication et de consommation par M. J. Puitsch, de Berlin, dont on a suivi les plans pour organiser la plupart des petites usines créées dans les gares principales de France et d'Allemagne.

La distillation s'effectue dans deux cornues horizontales, en fonte bien résistante au feu, enveloppées de pièces réfractaires formant plancher et cloisons séparatrices avec carneaux de distribution de chaleur.

Elle doit être conduite avec un certain soin: la cornue supérieure doit être maintenue entre 750 ou 800° (rouge cerise naissant), la cornue inférieure entre 850 ou 900° (rouge cerise). Dans ces conditions, l'huile donne du bicarbure de densité 0,975; si l'on

dépasse cette limite, on a du protocarbure, gaz peu éclairant.

Chaque four se compose de deux cornues superposées réunies à l'une de leurs extrémités. L'huile, contenue dans un réservoir à la partie supérieure du four, s'écoule par un mince filet réglé avec le plus grand soin, et tombe dans un entonnoir qui l'amène dans une auge en fer placée sur le fond de la cornue supérieure où elle est retenue jusqu'à son évaporation.

L'interposition de cette auge permet d'enlever facilement les résidus, empêche l'huile froide de tomber sur le fer chaud de la cornue, ce qui prolonge la durée de celle-ci et favorise l'évaporation en permettant à l'huile de se répandre facilement en une couche mince et égale. La décomposition, commencée dans la cornue supérieure, s'achève complètement dans la cornue inférieure. Cette seconde cornue sert à éviter l'entraînement des vapeurs non transformées, qui se déposeraient dans les appareils de purification et constitueraient autant de pertes.

En sortant de la cornue inférieure, le gaz arrive dans un barillet placé en contre-bas de la cornue et où le goudron se condense.

Après le barillet, le gaz passe dans la boîte à goudron, caisse en fonte où se déposent les goudrons échappés à l'action du barillet, ainsi que les vapeurs d'huile non décomposées et résultant d'un excès d'alimentation des cornues.

A la suite viennent les condenseurs (le gaz d'huile étant plus pur que le gaz de houille, ces condenseurs ont besoin d'une surface de refroidissement moindre). Ils consistent en deux cylindres accouplés, où le gaz se débarrasse des goudrons entraînés sous forme de vapeur.

Il traverse ensuite le laveur et des épurateurs analogues à ceux des usines à gaz de houille et renfermant de la chaux et du peroxyde de fer qui enlèvent l'acide sulfhydrique et l'acide carbonique.

Des épurateurs, le gaz se rend au gazomètre dont la cuve est, suivant l'importance de l'usine, soit en fer et en tôle, soit en maçonnerie. La cloche est en tôle, comme celle des usines à gaz de

houille, sauf que, pour une production égale de lumière, elle doit être beaucoup plus petite.

Le gaz est ensuite comprimé. Pour l'éclairage des wagons de chemin de fer ou des bouées, il est en effet 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 qui aspire le gaz contenu dans le gazomètre, et le refoule à travers un cylindre, dont la fonction consiste à le débarrasser de toutes les particules liquides et de la vapeur qu'il pourrait entraîner avec lui ; de cette façon, il se présente parfaitement sec à la compression.

Le gaz est comprimé par la pompe à 10 atmosphères environ et envoyé dans un accumulateur, après avoir traversé le récipient cylindrique où les carbures liquides se déposent. Les accumulateurs sont de grands réservoirs en tôle rivée ou soudée, construits avec beaucoup de soin, en raison de la pression à laquelle ils sont soumis et de la parfaite étanchéité qu'ils doivent présenter.

Si l'on veut assurer la bonne combustion du gaz d'huile, on doit apporter certaines modifications aux becs ordinaires. Il faut une quantité d'air bien proportionnée au type de brûleur employé, dont la consommation de gaz dépend de la quantité de lumière dont on a besoin. Les becs doivent aussi être bien calibrés et leurs têtes taillées de façon que l'air ambiant soit attiré avec la vitesse nécessaire.

Le gaz d'huile présente les avantages suivants : il peut se conserver sans que son pouvoir éclairant diminue, et ne perd que très peu par la compression, un huitième environ sous 12 atmosphères, qualités précieuses pour l'éclairage des bouées et des voitures de chemin de fer.

100 kilogrammes d'huile donnent de 52 à 54 mètres cubes de gaz ; le prix de revient du mètre cube varie entre 65 centimes et 1 franc, en comptant sur un prix moyen de 22 fr. 50 les 100 kilogrammes d'huile rendue à Paris.

Éclairage aux huiles lourdes. — La distillation de certaines

huiles de pétrole donne, après extraction de l'essence minérale et des huiles lampantes de densité 0,800, des huiles lourdes dont une partie est quelquefois employée à l'éclairage.

Ces huiles sont d'ailleurs brûlées plus difficilement que les autres et nécessitent souvent des lampes spéciales; elles ont été adoptées par la Compagnie du chemin de fer d'Orléans pour l'éclairage de ses wagons, au moyen de lampes à réservoir circulaire et à bec plat système Shallis et Thomas.

Les grosses lampes que nous avons décrites dans l'éclairage à l'huile de pétrole brûlent également ces huiles lourdes, mais à la condition de posséder des mèches très épaisses et très spongieuses qui alimentent suffisamment le brûleur.

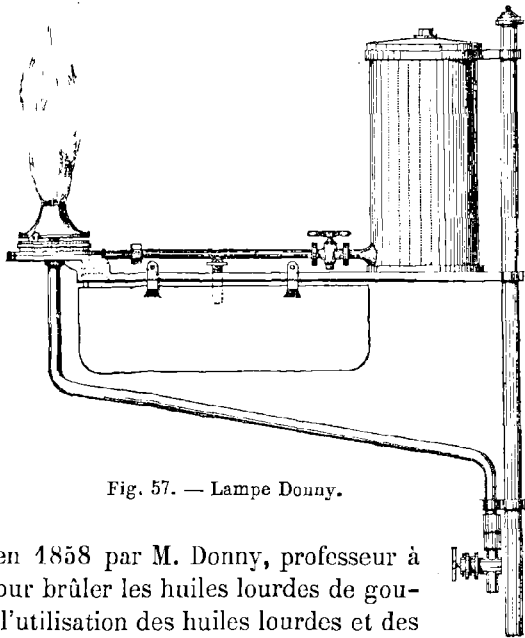


Fig. 57. — Lampe Donny.

La lampe créée en 1858 par M. Donny, professeur à la Faculté de Gand, pour brûler les huiles lourdes de goudron, se prête aussi à l'utilisation des huiles lourdes et des résidus de pétrole pour la production de puissants foyers lumineux entretenus au moyen d'air comprimé. Ce mode d'éclairage, dont le Comité des arts économiques de la Société d'encouragement a reconnu les mérites (rapport de M. Masson du 27 novembre 1857), convient uniquement aux grands espaces, chantiers de terrassements, gares, cours, etc. Il a été utilisé lors des manœuvres de la mobilisation du 18^e corps d'armée en 1887, pour

les embarquements et débarquements de troupes ; mais il avait alors changé de nom. Nous allons indiquer rapidement les brûleurs de ce genre les plus répandus.

Dans la lampe Donny, le combustible est brûlé à l'air libre et l'alimentateur d'air comprimé débouche au centre du brûleur.

De ces appareils, les plus appréciés pour les usines sont ceux qui donnent une intensité lumineuse de 200 bougies et consomment 1 kilogramme de goudron à l'heure, en dépensant 0 fr. 20. Les autres modèles donnant 400 et 100 bougies n'ont pas été employés aussi couramment.

Un nouvel appareil du nom de *lucigène*, et qui donne des lumières de 500 à 1000 bougies, a servi à éclairer les chantiers de l'hôtel Terminus, en face la gare Saint-Lazare, à Paris. Cet appareil a été imaginé par MM. Hannay et Lyle.

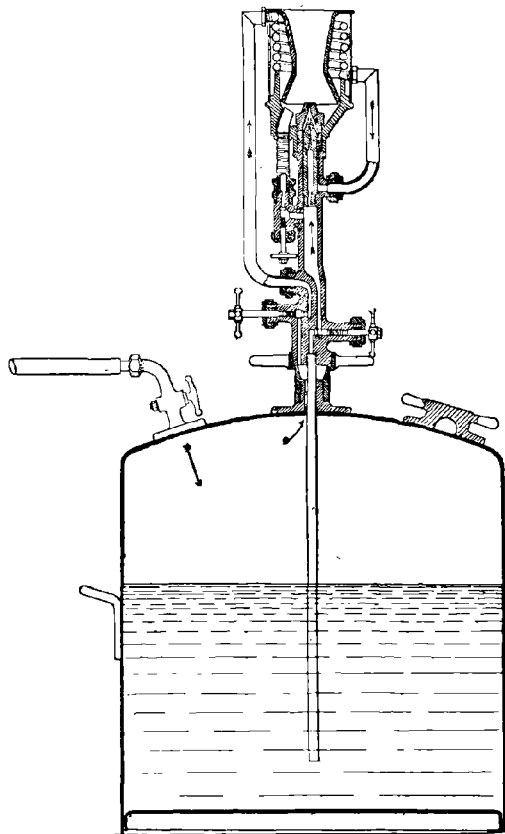


Fig. 58. — Lampe lucigène.

L'huile arrive par un tube central et sort sous forme de jet à travers une buse en bronze placée au-dessous de la chambre de combustion. Un robinet sert à régler le débit de l'huile. L'air est amené dans la capacité annulaire située autour du tube central, passe par le robinet qui sert à en régler le débit et monte dans

un serpentín placé autour de la chambre de combustion. Là il s'échauffe au voisinage de la flamme et revient dans un espace annulaire ménagé autour de la buse à huile. Puis il s'échappe par la buse supérieure en fonte et saisit le jet d'huile qu'il pulvérise dans la chambre de combustion.

A la partie inférieure de cette chambre vient déboucher obliquement un conduit qui est branché sur la colonne montante d'huile et qui est également muni d'un robinet de réglage ; dans ce conduit est placée une mèche en amiante qui est alimentée par une certaine quantité d'huile et constitue la veilleuse. Celle-ci, qui brûle constamment dans la chambre de combustion, sert à rallumer instantanément la lampe si elle vient à s'éteindre ; ces extinctions peuvent se produire soit par un mauvais réglage des robinets de débit d'huile et d'air, soit par la présence d'une goutte d'eau dans l'huile.

L'air employé doit être comprimé à 1 kilogramme environ ; on a intérêt à le refouler dans un réservoir intermédiaire muni d'un régulateur de pression, ce qui évite de régler constamment les robinets du brûleur.

Parmi les appareils destinés à l'éclairage aux huiles lourdes, un des plus récents est celui qu'on doit à M. Doty. Un réservoir cylindrique, en tôle galvanisée d'environ 0^m,55 de hauteur sur 0^m,45 de diamètre, porte, à sa partie supérieure, le brûleur, une bonde destinée à introduire l'huile, une pompe pour comprimer cette dernière et un manomètre pour indiquer la pression intérieure, qui varie entre 0,68 et 1 atmosphère.

Le brûleur est alimenté par un tube métallique plongeant jusqu'au fond du réservoir et terminé à l'extérieur par un robinet, au delà duquel il est contourné en spirale et recourbé de telle sorte que son extrémité retourne verticalement à l'intérieur de la spirale. Un godet rempli d'amiante placé immédiatement dessous le serpentín sert pour l'allumage : à cet effet, on ouvre un petit robinet qui laisse couler un petit filet d'huile sur l'amiante. Lorsque celle-ci est bien imbibée, on ferme le robinet, puis on

enflamme le pétrole. La flamme dégagée réchauffe le serpentin et le porte, au bout de cinq minutes, à la température convenable pour vaporiser l'huile. Puis l'ouverture en grand du robinet *e* laisse

arriver le pétrole qui est refoulé dans le serpentin par la pression du réservoir, et brûle en produisant une flamme de 90 centimètres de hauteur. Malgré l'intensité de cette lumière, deux hommes peuvent aisément transporter cet appareil pendant son fonctionnement; il pèse, complètement chargé, 70 kilogrammes environ.

Avant de mettre l'appareil en service, il faut, au moyen de la pompe à main, établir dans le réservoir une pression d'une atmosphère environ, contrôlée par un manomètre. Il faut de quatre à cinq minutes pour que la flamme ait atteint sa hauteur normale et que la lampe fonctionne régulièrement. Elle ne demande ensuite que quelques coups de pompe toutes les deux heures pour rétablir une pression suffisante dans le réservoir; la charge d'huile qu'elle contient peut fournir un éclairage de treize heures.

Des expériences récemment faites à Paris ont montré que le vent n'avait presque pas d'effet sur l'éclairage. Une

série d'essais photométriques exécutés à Londres ont donné un pouvoir éclairant de 674 bougies pour une consommation de 4 litres d'huile de paraffine à l'heure.

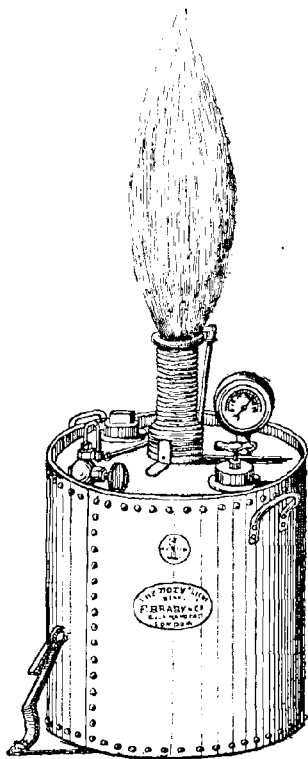


Fig. 59. — Lampe Doty.

CHAPITRE II

Chauffage au pétrole.

APPAREILS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE. — *Fourneaux de cuisine.*
— Le chauffage pratique des aliments au moyen d'une lampe a été cherché par un grand nombre d'inventeurs. Dès 1839, M. Maurant, conducteur des ponts et chaussées, prenait un brevet pour faire chauffer le pot-au-feu au moyen de lampes brûlant soit du gaz, de l'alcool ou toute autre substance végétale ou organique. En 1840, cet inventeur prenait plusieurs certificats d'additions pour l'application à ses appareils, de lampe à courant d'air central.

Précédemment, M. Lahore, beau-frère de M. Seligné, l'inventeur des cornues tournantes à distiller le schiste, avait pris un brevet pour des lampes à capsule ronde, à schiste, à courant d'air droit, donnant beaucoup de chaleur et qu'il employait au chauffage; il appelait ces appareils lampes-caléfacteurs.

En 1851, M. Camus prenait un brevet pour un support s'adaptant à toutes lampes modérateur, et sur lequel on plaçait une bouillotte.

En 1855, M. Maris fabriquait un support à trois pieds entourant une lampe à schiste; on plaçait sur ce support les casseroles, marmites ou autres ustensiles de cuisine.

Ensuite, M. Gosset imagina d'amener le pétrole dans des briques poreuses, au moyen d'un tuyau correspondant avec un réservoir extérieur.

En 1864, brevet Eymontiers : lampe-fourneau à trois becs plats.

En 1869, brevet Ostland : application du bec rond à courant d'air central; la combustion était obtenue par l'emploi d'une plaque de métal placée au-dessus, percée d'un trou.

Même année, brevet Leplay et Noël, pour un fourneau à pétrole ou à essence à mèche ronde, avec disque et plaque de métal placée au-dessus de la lampe et percée également d'une ouverture circulaire. Par cette combinaison, les inventeurs obtenaient la flamme bleue.

Beaucoup d'autres brevets ont été pris de 1860 à 1870 pour le chauffage par les huiles de pétrole; mais ils n'ont eu aucune application et il nous paraît inutile de les signaler.

En 1872, brevet Lambreix, pour des fourneaux de cuisine à pétrole, à une ou plusieurs mèches plates.

En 1875, brevet Fougerat : fourneau à plusieurs mèches, genre du précédent.

En 1876, brevet Maris et Besnard : fourneaux à mèches plates, à grandes anses métalliques, permettant leur transport facile. Enveloppe mobile utilisant mieux la chaleur développée par les fourneaux et perfectionnement important dans la disposition du montage des mèches, par l'adjonction de doubles galets à ressorts, appuyant d'une façon constante sur les mèches imbibées de pétrole et assurant ainsi leur ascension régulière.

Depuis l'Exposition de 1878, où des expériences publiques ont été faites dans l'annexe du chauffage et de l'éclairage, les fourneaux de cuisine chauffés au pétrole ont été admis parmi les ustensiles courants d'un certain nombre de ménages français. D'après des renseignements pris à bonne source, il avait été vendu en France depuis dix ans plus de 500 000 de ces appareils.

Dans un autre modèle adopté par M. Peigniet-Changeur, le pétrole est renfermé dans un récipient en forme de boîte plate; la mèche plate elle-même est placée dans l'axe de l'appareil. D'autres fabricants ont également adopté des fourneaux à mèches rondes, brevetées précédemment par Leplay et Noël.

Nous ne pouvons entrer dans l'énumération des fourneaux à pétrole actuellement proposés au public; ils ne diffèrent d'ailleurs que très peu les uns des autres et se réduisent tous, en principe, à des brûleurs logés au-dessus de réservoirs.

Il serait aussi trop long d'indiquer toutes les applications qui ont été faites de ces fourneaux et de donner la nomenclature des appareils qui s'y adaptent : signalons seulement les grils à côtelettes ou biftecks, les grils à pain, les fours à rôtir, les appareils à faire le café, les marmites superposées pour cuire à la vapeur, le chauffage des serres, des couveuses artificielles, etc.

Calorifères au pétrole. — Une des plus heureuses applications du chauffage par le pétrole est le calorifère portatif sans odeur qui lutte avantageusement contre tous les poêles roulants imaginés depuis quelques années.

MM. Maris et Besnard ont construit un calorifère mobile avec tuyau de dégagement

pour l'acide carbonique produit par la combustion.

Les brûleurs à pétrole sont disposés à l'intérieur d'une enveloppe en tôle comme dans les poêles à gaz ordinaires.

On trouve chez les mêmes ingénieurs un calorifère sans cheminée pouvant se mettre dans de petites pièces, telles que cabinet de toilette ou bureau. L'odeur que dégagent tous les appareils similaires essayés jusqu'à ce jour a été supprimée, grâce à une disposition de courants d'air qui enlève la chaleur au fur et à mesure de sa

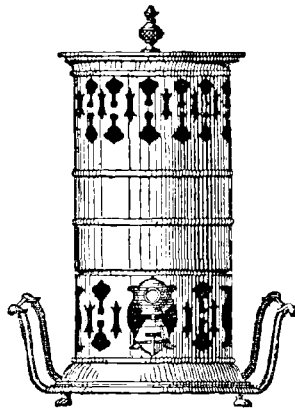


Fig. 61.
Calorifère Maris et Besnard.

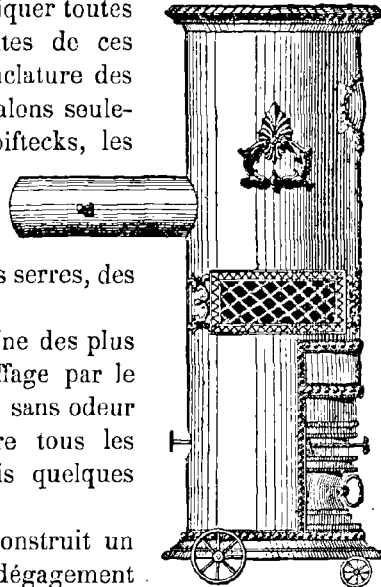


Fig. 60.
Calorifère mobile
Maris et Besnard.

production pour laisser à la lampe une température constante et un

tirage régulier. Le tirage est limité par une plaque métallique et la chaleur absorbée par cette dernière est communiquée par conductibilité à des cylindres en tôle verticaux concentriques, entre lesquels passe un courant d'air actif qui sort chauffé à la partie supérieure.

APPAREILS DE CHAUFFAGE POUR LES LABORATOIRES. — Les chimistes ont, depuis longtemps, utilisé les pétroles à l'état gazeux ou liquide, pour produire les hautes températures nécessaires à certaines opérations. Ce mode de chauffage a été introduit dans une foule de laboratoires où l'on n'a pas le gaz à sa disposition, et des savants illustres ont créé des appareils spéciaux dont une description sommaire permettra d'apprécier les services.

Éolipyle de M. Debray. — Cet appareil brûle, à travers un bec Bunsen, les vapeurs de pétrole produites dans une petite chaudière de cuivre placée au-dessous du bec. La pression de ce gaz brûlé au fur et à mesure de sa production dépendant de la température du liquide transformé en vapeur, plus celui-ci est riche en carbone, plus on peut l'additionner d'air, en élevant de quelques centimètres la pression dans la chaudière, chauffée par une petite lampe à alcool. Le capuchon de cette dernière, se vissant et se dévissant très librement, permet de masquer ou de démasquer la surface de la mèche et d'obtenir un réglage très précis de la flamme.

On n'a pas tout d'abord osé répandre cet appareil, dans la crainte que le bec très fin de sortie des vapeurs, venant à s'obstruer, ne déterminât l'explosion de la chaudière; mais son constructeur, M. Wiesnegg, y a adapté par la suite un tube plongeur en métal sortant latéralement de la chaudière et se terminant par un tube de verre, de deux pieds ou plus de hauteur, recourbé à sa partie supérieure de façon que le liquide contenu dans la chaudière en soit éliminé, au-dessus d'une pression plus élevée que la hauteur de ce tube; un flacon métallique, placé au-dessous de ce déversoir, en reçoit le liquide rapidement refroidi d'ailleurs lors de l'extinction de la lampe à alcool.

Le tube plongeur en verre permet, en se servant d'un mano-

mètre, de s'assurer, dans les opérations, de l'identité de la pression et par suite d'obtenir sensiblement les mêmes températures avec le même liquide.

M. Wiesnegg recommande spécialement pour les combustions à air libre l'emploi de l'essence de pétrole, de densité 0,700. Pour le chauffage des moufles et creusets entourés d'une enveloppe de terre réfractaire, on peut ajouter à cette essence un peu de pétrole d'éclairage ou d'essence de térébenthine.

Lampe-forge de M. Sainte-Claire Deville. — Dans cette lampe-forge qui permet d'obtenir des températures très élevées, l'air est employé comme moteur d'entraînement de la vapeur : introduit par un fort soufflet dans le pied creux de la lampe, il se trouve divisé en deux portions, dont l'une, projetée annulairement sur la vapeur de l'essence, s'y charge de carbone, tandis que la seconde, injectée au centre du mélange, lui donne une énergique impulsion verticale, en achevant de l'oxygéner. La température dépend de la pression de ce jet central et du degré de carburation de l'air saturé de vapeur d'essence.

La quantité de cette vapeur se détermine par le réglage de la lampe inférieure, identique à celle employée dans l'éolipyle décrit plus haut.

Four universel à huiles lourdes. — Cet appareil utilise la vapeur des huiles lourdes au chauffage des foyers industriels, en distillant ces huiles le long des barreaux d'une grille verticale, entre lesquels l'air est appelé par une cheminée énergétique.

Le chauffage préalable de la grille, qui doit être élevée à une température de 150° environ, s'opère par la combustion d'un peu d'huile froide, brûlée au moyen de quelques mèches d'étoupes plongeant dans une cuvette disposée à la base de la grille et faisant face au foyer, cuvette maintenue à demi pleine par l'ouverture d'un seul des robinets distributeurs.

En supprimant presque complètement le tirage par la fermeture des registres de la cheminée et du brûleur, la flamme de cette première combustion porte, dans l'espace de quinze à vingt mi-

nutes, le brûleur à la température citée plus haut : à ce moment on donne graduellement l'huile, en proportionnant l'air par l'ouverture progressive des registres.

L'huile, distillant d'abord dans l'épaisseur de la grille, ensuite le long de ses barreaux légèrement concaves, brûle en produisant des tranches verticales et parallèles d'hydrogène très carburé, séparées par de semblables tranches d'air, et, pour donner à cette combustion toute l'homogénéité désirable, on fait opérer, à l'ensemble des gaz et pendant leur combustion, un mouvement sur eux-mêmes, avant d'utiliser la flamme; ce mouvement s'obtient en donnant au gueulard une inclinaison ascendante ou descendante par rapport à l'entrée du foyer.

Quand on se sert de ces grilles, il faut avoir soin de maintenir le brûleur à la température exacte de la distillation du combustible que l'on veut utiliser; si, en effet, le brûleur est trop froid, il ne volatilise pas le liquide qui emplit la cuvette et inonde le foyer; si, au contraire, le brûleur est trop chaud, il calcine le combustible et produit le graphite, qui déplace le lieu exact de la combustion et obstrue le passage de l'air.

Chalumeau de MM. Agnellet. — Le principe du chalumeau de MM. Agnellet consiste dans la pulvérisation à froid des huiles au moyen d'un courant d'air annulaire extérieur, projeté sur le filet de liquide central, qui se trouve transformé en un brouillard très fin, intimement mélangé avec l'air, celui-ci se trouvant débité sous pression de 5 à 7 centimètres de mercure; la combustion a lieu à quelques centimètres du brûleur; les produits en sont également perdus dans une cheminée, mais la hauteur de celle-ci est à peu près insignifiante, la quantité d'air à l'arrivée suffisant à brûler complètement les hydrocarbures employés.

CHAUFFAGE INDUSTRIEL AU PÉTROLE. — Il serait téméraire de prétendre que les huiles minérales naturelles peuvent actuellement faire concurrence aux combustibles ordinairement employés dans l'industrie. Leur production, restreinte quand on la compare à celle de la houille, en maintiendra longtemps encore le prix assez

élevé, et l'éclairage offre un champ d'exploitation beaucoup plus rémunérateur. Il y a cependant telles circonstances où l'on trouve intérêt à utiliser les huiles brutes et les résidus de leur distillation dans les foyers industriels. Les applications suivantes nous fournissent la confirmation pratique des avantages de ce mode de chauffage, et justifient la préférence qu'on est porté à lui donner tout au moins dans les pays producteurs de pétrole.

Le principal avantage qui résulterait de l'emploi du pétrole aux États-Unis serait, dit-on, une économie assez sensible dans les dépenses de production de la force motrice. Nous devons, à ce sujet, nous contenter de citer les chiffres fournis par différents ingénieurs américains. Dans des essais exécutés par M. Léonard, on a consommé, pendant une marche de six heures, 250 gallons d'huile (945 litres) coûtant 5 doll. 5 (27 fr. 50), pour obtenir 111,34 chevaux, soit une dépense de 3 fr. 50 pour 100 chevaux et par heure. Pendant le même nombre d'heures, pour obtenir 1048 chevaux il a été consommé 3461 livres (1567 kilogrammes) de charbon coûtant 5 doll. 45 (27 fr. 25), soit une dépense de 4 fr. 30 pour 100 chevaux et par heure. Dans un autre cas, les 100 chevaux de force motrice revenaient à 4 francs par heure avec le charbon et à 3 fr. 10 avec le pétrole. Le combustible liquide présenterait donc une économie de 17 à 32 pour 100 sur la houille, il aurait vaporisé jusqu'à 44^k,8 d'eau par kilogramme d'huile, alors que le charbon atteignait à peine 5^k,38.

Sans contester l'exactitude de ces résultats, on ne peut se dispenser de les trouver singulièrement favorables. En voici d'autres qui nous paraissent plus conformes à ce que nous savons déjà sur le pouvoir calorifique des huiles minérales.

M. Potter, de la Compagnie des laminoirs de Chicago, emploie une batterie de quatorze chaudières, chauffées à l'huile brute au moyen du brûleur de Reid. Les relevés du mois d'octobre dernier montrent que la consommation d'huile, comparée à celle du charbon, est de 3,6 barils de 42 gallons chacun, ou 151,2 gallons (571 litres) pour une tonne de charbon ou roche de l'Indiana. La

dépense d'huile est légèrement inférieure à celle du charbon.

Dans un autre établissement, fabrication d'acier pour ressorts, à Detroit, le pétrole est utilisé depuis dix-huit mois sous huit chaudières de 95 chevaux chacune, ainsi que dans les fours à réchauffer l'acier. Pour les chaudières seules, on consommait, par 24 heures, 24 tonnes de charbons bitumineux de première qualité, du prix de 14 francs la tonne, et la dépense totale, y compris la main-d'œuvre, était de 401 fr. 25. Pour la même période de travail, il faut, avec le pétrole, 76 barils de 42 gallons chacun, du prix de 2 fr. 75 le baril, et la dépense totale n'est plus que de 226 fr. 50. De ce chef, l'économie serait de 41 pour 100. Les résultats obtenus dans les fours à réchauffer ne sont pas moins satisfaisants.

La véritable supériorité du pétrole dans les applications de ce genre ne réside pas tant dans l'économie de combustible que dans les qualités suivantes. Il réduit considérablement le travail des chauffeurs, supprime l'enlèvement des cendres et la manutention des charbons : M. Potter avait précédemment vingt-cinq ouvriers pour le service de ses quatorze chaudières pendant vingt-quatre heures et maintenant quatre hommes suffisent ; c'est un point important dans les pays où la main-d'œuvre est chère.

Avec ce combustible, on n'a plus ni fumée, ni cendres, ni poussière ou saleté d'aucune sorte ; on sent à peine l'odeur caractéristique. De plus, le liquide relativement pur ne contient pas de soufre et ne donne pas d'acide sulfureux ; il n'attaque pas les tôles, n'encrasse pas les carneaux, toutes choses qui diminuent les frais d'entretien.

Enfin le chauffage présente bien plus de régularité, car il ne dépend plus de l'attention plus ou moins grande que le chauffeur apporte à surveiller son foyer. Les coups de feu se trouvent aussi évités.

Dans les villes, l'usage du pétrole offre l'avantage énorme de la suppression de la fumée qui salit tous les édifices et facilite, comme on en a l'expérience à Londres, la formation de brouillards

malsains. Il supprime les obstacles que nombre d'industriels peuvent rencontrer de la part de leurs voisins et permet l'établissement de machines motrices au centre des quartiers les plus peuplés. Aussi à Chicago, les huiles brutes de la région de Lima, amenées par une canalisation de 320 kilomètres, sont-elles employées avec succès au chauffage industriel et commencent-elles à remplacer le charbon bitumineux.

Chaudière Bullard. — Pour donner une idée de la manière dont peut être pratiqué ce mode de chauffage, il nous suffira de

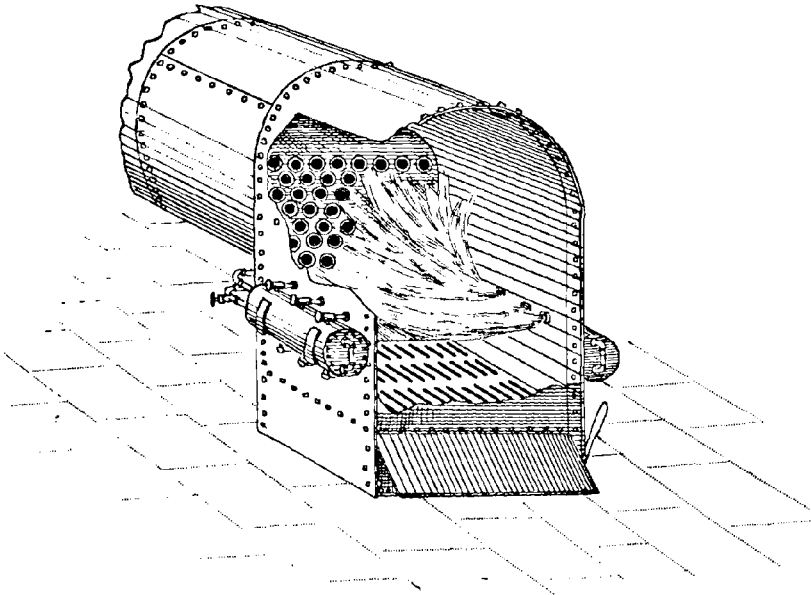


Fig. 62. → Chaudière système Bullard.

faire connaître les dispositions qui ont été imaginées tout récemment par M. Bullard, directeur de la *Revised Fuel Company* de Springfield.

Dans la chaudière Bullard, l'entraînement de la vapeur de

pétrole se fait au moyen de l'air injecté sous une pression de $2^k,75$ à $4^k,5$. Cette disposition a l'avantage de produire le mélange intime de l'air et du pétrole nécessaire à la combustion.

Les figures 62, 63, 64 représentent une chaudière tubulaire sur laquelle on a installé six brûleurs Bullard, trois de chaque côté de la chaudière. Ces brûleurs sont placés à la sortie d'un réservoir dont nous donnons la coupe et qui contient le mélange d'air et de pétrole; ce réservoir a une longueur proportionnée au nombre de

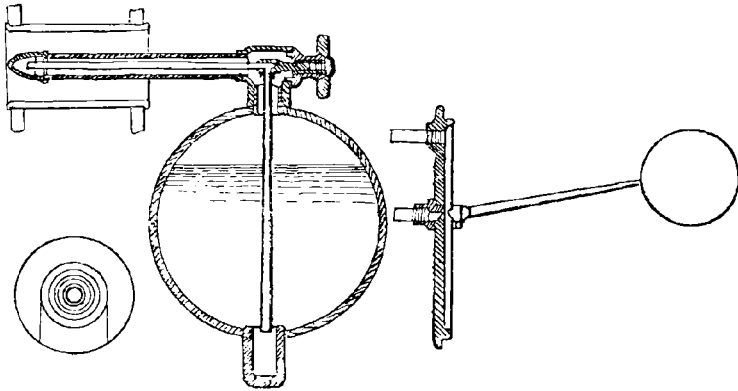


Fig. 63. — Réservoir système Bullard.

brûleurs à alimenter, et son extrémité est munie d'un flotteur ou soupape qui admet l'huile suivant la consommation et lui assure un niveau constant. L'air comprimé arrive au sommet du tuyau vertical qui débouche de ce réservoir, de façon à déterminer l'ascension du pétrole et son écoulement par le tube horizontal. A l'extrémité de ce dernier, le pétrole rencontre le courant d'air qui passe dans l'enveloppe du tube horizontal; il se trouve entièrement pulvérisé et se mélange à l'air en passant par l'orifice. Le transport de l'huile a donc lieu à la fois par l'action directe de la pression et par entraînement. La petite roue, placée à l'extrémité du tube horizontal, opposée au brûleur, permet de déplacer l'en-

semble des tubes et de rapprocher ou d'éloigner, suivant les besoins, le bout du tube de l'orifice du brûleur. Le rapprochement diminue la proportion d'air et augmente celle du pétrole qui constitue le mélange définitif, et *vice versa*, ce qui permet au mécanicien de régler son feu comme il l'entend et d'empêcher entièrement toute production de fumée.

Le brûleur traverse un tube adapté à la paroi de la chaudière; cette disposition n'est pas tout à fait celle de la pratique; en réalité, l'orifice du tube n'affleure pas cette paroi, il en est placé à une distance de 25 millimètres, de telle sorte que le brûleur reste relativement froid (on peut y appuyer la main pendant quelques minutes sans être brûlé); à défaut de cette précaution, certaines substances contenues dans le pétrole pourraient se solidifier et obstruer les tuyaux.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, on n'emploie l'air que sous une pression assez faible, 4 kilogrammes à 4^{kg},5. Un régulateur sert à maintenir la pression au-dessous de la limite qu'elle ne doit pas dépasser. Cet appareil se compose essentiellement d'un petit cylindre relié au compresseur d'air (une pompe Westinghouse dans ce cas), et muni d'un piston, sur lequel appuie un ressort. Ce ressort est réglé au

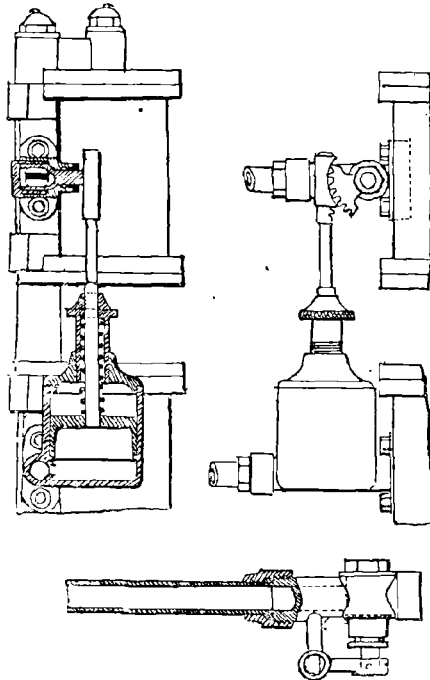


Fig. 64. — Système Bullard
(mécanisme).

moyen d'une petite roue, de manière à exercer sur le piston une pression déterminée. L'extrémité supérieure de la tige du piston porte une crémaillère qui engrène avec un secteur denté, servant de contrôle à la marche d'une soupape circulaire placée sur la conduite d'admission de la vapeur de la pompe à compression. L'air comprimé pénètre dans la chambre inférieure du cylindre régulateur ; lorsque sa pression dépasse la valeur pour laquelle le ressort a été réglé, le piston s'élève et, par sa tige dentée, fait mouvoir le secteur qui, à son tour, ferme l'admission de la vapeur. La pompe cesse alors de fonctionner jusqu'à ce que la pression de l'air soit suffisamment basse pour que le piston revienne à sa position primitive, entraînant naturellement par ce mouvement même l'ouverture de la soupape circulaire de la vapeur.

CHAUFFAGE DES FOYERS DE LOCOMOTIVES ET DES CHAUDIÈRES MARINES. — Dans la première année de la découverte des gisements américains, on a pensé à employer le pétrole pour le chauffage des foyers de locomotives et de bateaux à vapeur. Des essais furent exécutés vers l'année 1868 : en France par la Compagnie du chemin de fer de l'Est, à Paris, et à bord d'un navire de l'État, à Cherbourg ; en Angleterre, sur une canonnière qui exécuta de nombreux parcours entre Londres et Gravesend. Le prix élevé du nouveau combustible et les dangers de sa manutention furent considérés comme des obstacles à son adoption. Dans ces dernières années, l'abondance et le bon marché des résidus de la distillation des pétroles du Caucase ont donné l'idée de les utiliser pour le même but dans toute la région orientale de la Russie d'Europe, d'autant plus que le bois y est rare et le charbon relativement coûteux. M. Thomas Urquhart, ingénieur en chef de la traction du chemin de fer du Volga, à la suite d'études commencées en 1874, est parvenu à établir un ensemble de dispositions fort bien comprises pour le service des locomotives et à créer des types de foyer qui ont aujourd'hui fait leurs preuves en Russie et aux États-Unis.

Foyers de locomotives. — Pour assurer la combustion complète des huiles brutes ou des résidus de la distillation, il faut les amener dans le foyer à un état de division extrême qui facilite leur mélange intime avec l'air. Ce résultat est obtenu au moyen du pulvérisateur ou injecteur ; la vapeur avec laquelle on entraîne le pétrole liquide est généralement de la vapeur saturée, prise dans la chaudière de la locomotive. C'est évidemment la solution la plus simple, et c'est pour cela qu'on n'a pas employé de la vapeur surchauffée ni de l'air comprimé. Ce dernier a été soumis à des essais, mais on a reconnu qu'il conduisait à une complication du mécanisme, sans donner d'un avantage réel.

En ce qui concerne l'injecteur lui-même, les efforts des ingénieurs ont eu jusqu'ici pour objet principal de diviser autant que possible le jet de pétrole pour qu'il s'enflamme aisément et qu'il brûle complètement. Dans ce but, les injecteurs ont des orifices très longs et très étroits pour le pétrole aussi bien que pour la vapeur ; le diamètre des orifices ne dépasse pas un demi-millimètre à deux millimètres. Voici une disposition qui se recommande par sa simplicité ; la conduite de vapeur débouche au centre de la colonne de pétrole liquide, qui se termine par un ajutage situé lui-même au centre de la colonne d'air. L'admission de la vapeur par le tube central provoque ainsi d'abord l'entraînement du pétrole, puis celui de l'air, et c'est finalement un mélange intime des trois corps qui pénètre dans le foyer. Ce système présente l'avantage de permettre l'arrêt instantané du feu, aussi bien que sa régularisation, soit en route, soit en station, suivant les besoins de la chaudière.

Dans les premières machines, le jet de pétrole et d'air se brisait sur une grille verticale placée à l'intérieur du foyer ; cette disposition a été abandonnée et, dans les modèles récents, le jet arrive sur un ouvrage en briques établi tout près de l'orifice de l'injecteur, où il se divise complètement.

La chambre de combustion en briques réfractaires présente des dispositions variables suivant la manière dont sont ménagés

les orifices d'admission de l'air. On peut faire rentrer l'air par l'avant et par l'arrière, ou par l'arrière et par les côtés : au point de vue du résultat, ces deux modes d'introduction se valent, et le choix à faire entre eux dépend de la construction de la locomotive.

Primitivement, on plaçait le pétrole sur le tender, dans un réservoir séparé, d'une capacité d'environ trois tonnes. Mais ce réservoir séparé, quoique fixe, était une source de danger en cas de collision. Aussi, dès que l'on eut décidé l'emploi permanent du combustible liquide, on le plaça dans le tender entre les deux côtés du réservoir d'eau, dans l'endroit primitivement occupé par le charbon. A cet effet, on établit une cloison étanche en avant et une autre plate à la partie supérieure.

Un des avantages de cette disposition est qu'en hiver, pendant que l'eau du tender est chauffée, sa chaleur se communique au pétrole par les deux côtés et par la face arrière du réservoir. Mais il a été, de plus, indispensable d'ajouter près de la valve de sortie du réservoir un tube en serpentin dans lequel circule constamment un petit courant de vapeur, ce qui produit l'échauffement nécessaire lorsque la température extérieure s'abaisse au-dessous de 8°.

Chaque réservoir du tender est muni d'un tube de 25 millimètres de diamètre, dont la graduation indique le poids de pétrole restant dans le réservoir. Pour une locomotive à six roues, la capacité du réservoir est d'environ 3^l,5, ce qui suffit à un parcours de 450 kilomètres avec un train de 480 tonnes, sans compter la machine ni le tender.

L'emploi d'injecteurs alimentés par la vapeur même de la chaudière oblige, pour la mise en pression, à avoir de la vapeur à sa disposition. Dans un dépôt de machines bien organisé, cette vapeur auxiliaire est fournie par une chaudière fixe convenablement placée et ne servant qu'à cet usage.

Certaines règles précises doivent être suivies dans l'allumage, pour éviter les explosions des gaz qui peuvent s'être accumulés dans le foyer. En cas de négligence, ces explosions ne sont pas

rares; mais elles consistent simplement en une bouffée de gaz faisant sortir la fumée à travers le cendrier sans beaucoup de bruit. Pour les éviter, il suffit d'envoyer tout d'abord une petite quantité de vapeur dans le foyer en laissant le cendrier ouvert et de faire fonctionner le souffleur de la cheminée pendant quelques secondes; les gaz, s'il y en a, seront immédiatement appelés au dehors. Puis l'on place sur la sole du foyer, du coton ou une poignée de copeaux saturés de pétrole qui brûleront avec flamme. On ouvre alors : d'abord la valve permettant l'admission de la vapeur à travers l'injecteur, puis petit à petit celle du pétrole qui arrive sur le coton ou les copeaux enflammés sans aucune explosion; après quoi, on peut augmenter à volonté la quantité du combustible liquide.

La vue de la fumée de la cheminée permet de régler l'admission du pétrole; cette fumée doit être légèrement transparente. Un regard, placé sur la porte du foyer, permet de voir à l'intérieur. En somme, il suffit de quelques voyages pour former des hommes suffisamment expérimentés.

Les recherches de M. Urquhart ont fait l'objet de communications très importantes à l'*Institution of mechanical Engineers*: l'une en 1884, l'autre en janvier 1889. Nous résumons, d'après cette dernière, les progrès réalisés dans l'exploitation des chemins de fer russes.

En 1882, on employait uniquement un mélange de 63 pour 100 d'antracite et de 37 pour 100 de charbon bitumineux; en 1887, rien que le résidu de pétrole. Dans des conditions identiques de service, les machines de 36 tonnes dépensaient 100 tonnes de charbon en 1882 et 55 tonnes de résidu de pétrole en 1887; les machines de 48 tonnes, 100 tonnes de charbon en 1882 et 50 tonnes de résidu en 1887; la réduction de poids du combustible varie donc de 45 à 49 pour 100.

Dans des essais où l'on a rapporté les consommations au train-kilomètre et à la tonne-kilomètre, on a constaté, sur des parcours de plusieurs centaines de kilomètres, que 48 tonnes et même 45 tonnes de résidu de pétrole équivalaient à 100 tonnes d'antra-

cite. Il convient d'ajouter que les machines étaient en parfait état et montées par un personnel de choix; ces résultats doivent donc être considérés comme exceptionnels.

A la pression de 8,5 atmosphères, la quantité maxima d'eau vaporisée, sur les locomotives de la ligne de Grazi-Tsaritzin, a été de 14 kilogrammes par kilogramme de résidu de pétrole, soit environ 82 pour 100 de la vaporisation théorique.

L'emploi du pétrole sur les locomotives présente plusieurs avantages que nous allons indiquer brièvement :

1° Diminution de la perte de combustible. Dans les locomotives à vapeur, la perte a lieu de trois manières : par la fumée et les gaz non brûlés qui s'échappent de la cheminée, par les poussières solides que contient cette fumée, et par le charbon non brûlé qui tombe à travers la grille, de telle sorte qu'elle atteint 15 et même quelquefois 25 pour 100. Avec les chaudières à pétrole, ces causes de perte n'existent pas ou tout au moins sont sensiblement réduites, et l'on peut dire que la combustion est pratiquement complète.

2° Économie de manutention du combustible, 1 livre de pétrole correspond à 1^l,75 de charbon.

3° Économie de manutention des cendres.

4° Économie de réparation des locomotives, dont les différents organes, et notamment les foyers, résistent beaucoup mieux.

5° Économie de nettoyage parvenant de la suppression de la fumée et des cendres.

6° Moindre perte de vapeur par la soupape de sûreté résultant de ce qu'on a un meilleur contrôle du feu; avec les locomotives à pétrole, il est extrêmement rare que la soupape de sûreté fonctionne, tandis que, sur les locomotives à vapeur, elle occasionne une perte de vapeur d'au moins 5 pour 100.

7° Économie de l'entretien de la voie; les cendres qui s'échappent des foyers à vapeur forment des scories qu'on est obligé d'enlever de temps en temps; cet entretien, assez important, est supprimé par l'emploi du pétrole.

8° Diminution du poids mort et de l'emplacement du combustible, provenant de ce qu'une livre de pétrole fournit plus de chaleur et occupe un volume moins considérable qu'une livre de charbon.

9° Absence de fumée, d'étincelles et d'escarbilles projetées par la cheminée, ce qui n'est assurément pas sans agrément pour les voyageurs.

Les services que peut rendre le pétrole pour le chauffage des foyers des locomotives sont aujourd'hui si bien appréciés par les ingénieurs qu'on a essayé, sur les locomotives du *Great Pattern Railway*, en Angleterre, un foyer mixte à pétrole et à charbon étudié par M. Holden. Dans ce cas, le pétrole ne joue qu'un rôle auxiliaire; rien n'est changé à la grille du foyer, à son auvent et à sa voûte en briques, de sorte que l'on peut, en pleine marche, passer sans inconvénient du chauffage au pétrole au chauffage au charbon, et réciproquement.

Foyers de chaudières marines. — Les résidus de pétrole sont depuis longtemps employés comme combustible sur les bateaux à vapeur du Volga. On a tenté en France d'introduire ce mode de chauffage que M. Jules d'Allest, ingénieur en chef de la Compagnie Fraissinet, à Marseille, a étudié surtout en vue de son application aux navires de la marine militaire et principalement aux torpilleurs.

M. d'Allest a imaginé, à cet effet, deux dispositions d'injecteurs.

Le premier, qui correspond à la marche avec *tirage naturel*, se compose d'une boîte conique en bronze, dans laquelle l'hydrocarbure liquide arrive par une tubulure; la sortie de cette boîte

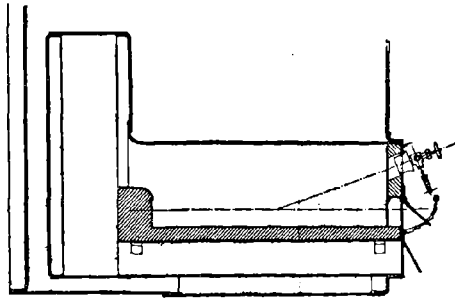


Fig. 65. — Injecteur avec tirage naturel.

est obstruée par une aiguille qui, manœuvrée au moyen d'un petit volant, laisse, entre elle et les parois du cône, une ouverture annulaire dont la largeur peut varier de 0 à 2 millimètres ; c'est par cette ouverture que le liquide s'écoule dans le foyer sous forme de nappe cylindrique. La vapeur, qui arrive par une tubulure, enveloppe la boîte dont elle échauffe le contenu et s'écoule ensuite entre les cônes, sous forme de nappe cylindrique extrêmement

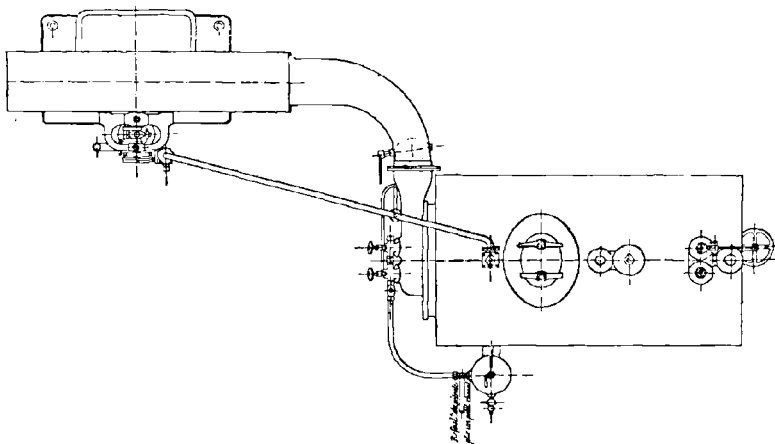


Fig. 66. — Injecteur avec tirage forcé. (Plan.)

mince, qui enveloppe le liquide pulvérisé et le projette avec force dans le foyer, où il s'enflamme au contact d'un corps en ignition et brûle sans fumée. L'activité du foyer est réglée par une broche qui, en avançant ou reculant, diminue ou augmente la quantité d'hydrocarbure qui s'écoule. L'emploi de deux appareils, montés à côté l'un de l'autre, rend, par suite, la conduite du feu extrêmement facile.

Ces appareils peuvent brûler de 10 à 80 kilogrammes de pétrole à l'heure. Deux appareils jumeaux, brûlant ensemble 160 kilogrammes, pourront donc évaporer 2000 litres d'eau par

heure, et, en admettant qu'on évapore 30 litres par mètre carré de surface de chauffe, ce qui est à peu près la limite avec le tirage naturel, ils conviendront à un foyer correspondant à une surface de chauffe de 69 mètres carrés.

Le second appareil permet de réaliser une vaporisation beaucoup plus active ; il correspond à la marche avec tirage forcé qu'on a l'occasion d'appliquer à bord des navires de guerre et en parti-

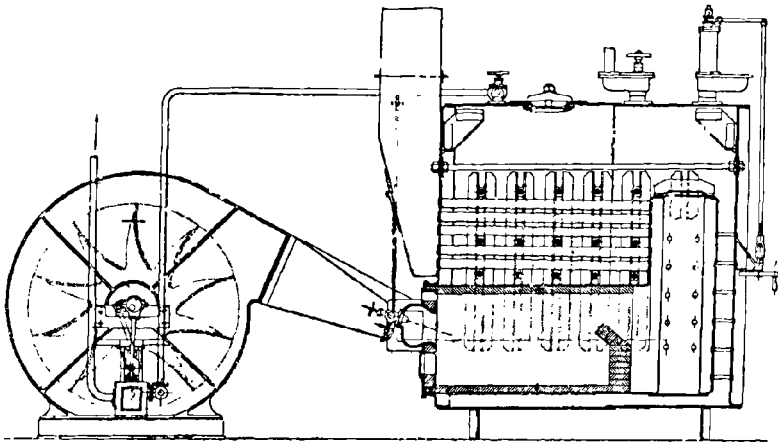


Fig. 67. — Injecteur avec tirage forcé. (Coupe longitudinale.)

culier des torpilleurs. Il se compose d'une boîte conique, dans laquelle le pétrole arrive par une tubulure. L'agent de pulvérisation arrive par une autre tubulure et, en passant dans un cône, forme la première lame extérieure qui entoure la lame de naphte ; mais cet agent ,passant également par des orifices, arrive dans une broche qui est creuse et rencontre un cône qui le force à s'écouler dans le foyer sous forme de nappe conique intérieure à la lame de pétrole. Cet appareil se règle et se démonte comme le précédent ; il peut brûler jusqu'à 400 kilogrammes à l'heure sans qu'il y ait trace de fumée.

Il ressort des observations faites par les ingénieurs des constructions navales de l'État et de l'industrie privée qu'on possède aujourd'hui des appareils qui permettent de substituer le pétrole au charbon pour le chauffage des chaudières marines et que le combustible liquide résout simplement la question du tirage forcé, auquel on est obligé de recourir pour assurer aux navires de grandes vitesses. On a donc ainsi le moyen d'exécuter de plus longs parcours, tout en diminuant le poids des chaudières, car le pétrole, à poids égal, a une plus grande puissance calorifique que le charbon, et à surface de chauffe égale, vaporise environ 20 pour 100 d'eau de plus que le charbon.

Ce fait ressort des expériences faites par M. d'Allest sur une chaudière tubulaire à retour de flamme, du type des chaudières auxiliaires placées à bord des navires de commerce pour le service des treuils et appareils de pont. Les dimensions de cette chaudière étaient les suivantes :

Timbre.		3 ^{kg} ,500
Surface de chauffe mouillée	{ directe. . . tubulaire.. totale . . .	3 ^{m²} ,30
		16 ^{m²} ,70
		20 ^{m²} ,00
Section tubulaire.		0 ^{m²} ,1555
Surface d'évaporation.		2 ^{m²} ,57
Section de la cheminée.		0 ^{m²} ,1520
Volume de vapeur.		1130 litres.
— d'eau.		2500 —

La grille avait été enlevée; le foyer était garni de briques réfractaires et muni d'un autel en retour destiné à assurer le brassage du mélange gazeux. Les essais ont été faits avec le tirage naturel et avec le tirage forcé; nous résumons ci-dessous les résultats obtenus.

La combustion à tirage naturel s'opère parfaitement; le naphte brûle sans fumée. L'activité du foyer peut être très réduite ou poussée à son maximum par le simple réglage du brûleur; on a essayé, dans ces conditions, de vaporiser la plus grande quantité

d'eau possible et l'on est arrivé à une limite qu'il a été impossible de franchir, soit en augmentant le nombre des appareils, soit en accélérant l'arrivée du naphte ; cette limite a été de 37 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Il faut cependant remarquer que cette vaporisation est notablement supérieure à celle qu'on peut obtenir avec le charbon. Avec le tirage naturel, en effet, les meilleurs charbons n'ont pas permis sur la même chaudière de dépasser 28 à 30 kilogrammes de vaporisation.

Lorsqu'on est arrivé à cette limite de 37 kilogrammes, la rapidité de circulation des gaz chauds dans les conduits de fumée ne peut être augmentée que par le tirage artificiel, et il faut y recourir pour atteindre des vaporisations plus énergiques.

La combustion du pétrole avec tirage forcé s'effectue d'ailleurs sans difficulté. Lorsque les appareils sont réglés et que le débit de naphte correspond bien au débit du ventilateur qui fournit l'air nécessaire à la combustion, il n'y a plus à s'occuper de la conduite du feu, et la chaudière peut fonctionner indéfiniment ; le chauffeur n'a plus qu'à surveiller l'alimentation d'eau et de pétrole.

Le tableau de la page 276 résume les essais de vaporisation forcée.

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la vaporisation a atteint des limites extrêmement élevées, qu'on est bien loin d'atteindre avec le charbon ; on aurait même pu, en augmentant la quantité de combustible et d'air refoulée dans le foyer, obtenir des vaporisations encore plus élevées si, à cette allure, il ne s'était produit des ébullitions très violentes qui, en empêchant complètement de juger de la position du niveau d'eau, avaient forcé à ralentir l'activité du foyer. Il faut d'ailleurs remarquer que le timbre de la chaudière ne permettait pas de marcher à une pression supérieure à 3 kilogrammes, et qu'avec une pression plus élevée, les ébullitions ne se produisant que plus tard, on aurait pu pousser la vaporisation plus loin.

	NUMÉROS DE L'ESSAI		
	1.	2.	3.
Durée de l'essai	1 ^h ,30	4 ^h ,20	6 ^h ,00
Nature du combustible.	Astatkis.	»	»
Consommation de combustible:	totale	213 ^k ,92	608 ^k ,44
	par heure	142 ^k ,61	135 ^k ,21
	par mètre carré de grille et par heure en supposant une grille fic- tive dans le rapport de 1/52 avec la surface de chauffe, comme dans les torpilleurs de 525 chevaux.	375 ^k »	350 ^k »
	par mètre carré de grille et par heure en supposant une grille dans le rapport de celle du <i>Marceau</i>	331 ^k ,65	314 ^k ,44
Température.	de l'eau d'alimentation.	16°	18°
	de la boîte à fumée.	350°	302°
	de la chaufferie.	25°	20°
Pression à la chaudière.	3 ^k »	»	»
	totale	2200 ^k »	7119 ^k »
Eau vaporisée.	par heure.	1464 ^k »	1582 ^k »
	par mètre carré de chauffe.	73 ^k ,20	79 ^k ,10
	par kilogramme de combustible.	10 ^k ,27	11 ^k ,70
Pression du vent.	par kilogramme ramené à 100°.	12 ^k ,01	13 ^k ,68
	dans le conduit d'arrivée.	45 ^{mm}	42 ^{mm}
	dans le faisceau tubulaire.	10 ^{mm}	8 ^{mm}

Ces résultats sont encore bien supérieurs à ceux que l'on obtient avec le charbon dans les chaudières des grands torpilleurs de 525 chevaux : on a constaté qu'on arrivait à brûler au maximum 800 kilogrammes de charbon par heure et qu'on évaporait 6,5 à 7 litres d'eau par kilogramme de charbon; en prenant le plus grand de ces deux chiffres, la vaporisation totale est donc :

$$7 \times 800 = 5600 \text{ litres d'eau par heure.}$$

Ces chaudières ayant 100 mètres carrés de surface de chauffe mouillée, la vaporisation par mètre carré est donc de 56 litres seulement.

Si nous avons insisté un peu longuement sur ce point, c'est que l'emploi du combustible liquide présenterait de grands avantages sur les embarcations telles que les torpilleurs. Il permettrait en effet de supprimer le vase clos et éviterait pour les chauffeurs, non seulement une contrainte morale très pénible, mais encore un véritable danger de tous les instants; la chauffe serait des plus faciles et se réduirait à une simple surveillance, au lieu d'exiger, comme aujourd'hui, un nombreux personnel instruit et difficile à recruter.

Au point de vue militaire, il est bon de remarquer que le pétrole brûlant sans fumée, le torpilleur ne serait plus trahi de très loin, le jour par le panache de fumée, et la nuit par les étincelles et escarbilles enflammées qui s'échappent de sa cheminée.

Le naphte, ayant une plus grande puissance calorifique que le charbon, permettrait, à poids égal de combustible embarqué, d'aller plus loin. En effet, le charbon évaporant dans les torpilleurs 7 litres d'eau et le naphte 12 litres, les chemins parcourus seraient dans le rapport $\frac{12}{7}$, c'est-à-dire que si le torpilleur à charbon parcourait x milles, le torpilleur à pétrole en parcourrait $x \times \frac{12}{7}$.

La chaudière à pétrole, pouvant, à égalité de surface de chauffe, vaporiser 20 pour 100 de plus que la chaudière à charbon, serait donc de 20 pour 100 plus légère que celle-ci. Les chaudières à charbon pèsent actuellement, pour les torpilleurs de 525 chevaux, 8000 kilogrammes environ; on pourrait donc alléger le navire de 1600 kilogrammes, ce qui, pour la même puissance, permettrait d'augmenter sensiblement la vitesse.

En dehors de l'intérêt tout particulier que le chauffage au pétrole présente pour les torpilleurs, où il est indispensable de tout sacrifier à la vitesse sous peine d'avoir une arme inutile, il faut remarquer que la combustion du naphte résout d'une façon simple et pratique la question du tirage forcé, auquel les vitesses de plus en plus grandes que l'on demande aux paquebots forcent les constructeurs à recourir.

L'emploi de ce combustible permettrait ainsi de réduire dans de notables proportions les appareils évaporatoires formidables qu'on est obligé d'adopter dès que l'on veut obtenir de grandes vitesses; si à cela on ajoute l'économie de personnel et de place qui en résulterait, on voit qu'il y a là une solution excellente qu'il ne faut pas perdre de vue et qui sera peut-être généralement adoptée dans un avenir prochain.

La seule question qui reste encore à résoudre au point de vue pratique est celle de l'approvisionnement du naphthe; mais il est permis d'espérer qu'elle sera prochainement tranchée d'une manière favorable.

CHAUFFAGE DES FOURS D'ÉTABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES. — Les huiles minérales naturelles ont été et sont utilisées dans les opérations de la métallurgie, soit à l'état liquide, soit à l'état gazeux. Ce mode de chauffage permet d'obtenir des températures très élevées; il se recommande en outre par la propreté, la facilité du service, et surtout l'absence de toute impureté, telle que le soufre, qui peut altérer la qualité du métal.

Fours à réchauffer et à fondre. — Une des premières applications a été tentée par M. *Eames*, aux États-Unis, pour les fours à réchauffer les paquets de fer avant de les passer au laminoir. Le pétrole est introduit à la partie supérieure d'un réservoir en fonte, au bas duquel il tombe par une série de cascades sur des plaques intérieures. Un courant de vapeur surchauffée pénètre à la partie inférieure, vaporise le pétrole et l'entraîne à l'avant du four où le mélange rencontre la quantité d'air nécessaire à la combustion. La flamme arrive par des orifices convenables dans l'intérieur des fours et elle est utilisée, à sa sortie, pour le chauffage des chaudières, avant d'arriver à la cheminée.

Depuis quatre ans, le résidu de pétrole est également le seul combustible employé pour deux fours à réchauffer qui alimentent un train de laminoirs. Il y aurait, suivant M. *Urquhart*, une économie de 40 pour 100 en poids sur le charbon et beaucoup moins de déchet sur les paquets de ferraille. Lorsque les deux fours

marchent ensemble et que les *blooms* retirés du premier sont envoyés au second après le martelage, la dépense en résidus par tonne de laminés de petit échantillon serait seulement de 650 kilogrammes.

Dans les fours à fondre le laiton où le pétrole est en usage depuis 1885, la comparaison est encore à son avantage. Avec le coke, on comptait 35 kilogrammes de combustible pour 40 kilogrammes de fonte, avec perte de 10 pour 100 du métal; avec le pétrole, 18 kilogrammes suffisent pour le même poids de fonte : la perte de métal n'est que de 6 à 7 pour 100 et la durée de l'opération est réduite de 25 pour 100.

Le pétrole est aussi employé dans les fours dont se sert M. Nordenfeld pour la fabrication de son fer *mitis*. Ce métal, qui renferme une très faible quantité de carbone, malléable et soudable, s'obtient par la fusion de riquettes de fer dans des creusets. Le four dans lequel ces creusets sont chauffés est divisé en trois compartiments; le plus proche du foyer est la chambre de fusion; les deux autres ont pour but d'élever préalablement la température des creusets. La disposition est telle que les creusets reçoivent un premier chauffage dû à la chaleur perdue, puis passent dans le premier compartiment où ils atteignent la température de fusion.

Le foyer, chauffé au moyen d'huiles lourdes de pétrole, est formé de sortes d'auges superposées, dans lesquelles ce combustible est maintenu à un niveau constant. L'alimentation du liquide se fait par un tuyau qui déverse le combustible dans l'auge supérieure; l'excès de liquide passe dans l'auge inférieure au moyen d'un petit tuyau, et ainsi de suite. L'excès du liquide qui alimente l'auge inférieure passe dans un réservoir spécial.

Une portion de l'air de combustion pénètre par l'intervalle laissé entre les auges, brûlant une partie du combustible et en volatilisant une autre partie; puis la combustion s'achève dans la chambre de combustion qui précède les compartiments du four, à l'aide d'un afflux d'air pénétrant par une ouverture, qui peut être

réglée à volonté et qui est ménagée dans le haut de la maçonnerie.

La combustion de l'huile est remarquablement complète et produit une température plus élevée que celle des fours métallurgiques les plus chauds.

Les creusets sont en plombagine de fabrication anglaise. La charge du métal est de 30 kilogrammes pour chaque creuset, et elle reste toujours la même, car il n'y a pas de *ligne de scorie* résultant de l'action corrosive du métal fondu. Les creusets servent pour cinq ou six coulées.

La fusion dure une heure un quart; il faut donc, par jour, cinq quarts d'heure pour produire 60 kilogrammes de fer fondu. En douze heures, on fait huit à dix coulées.

FABRICATION DE L'ACIER. — La Compagnie des aciéries de Barrow-in-Furness a organisé récemment, pour un de ses fours Siemens de 30 tonnes, le chauffage d'après le système Archer. Il s'agit de combustible gazeux, produit au moyen de l'huile de créosote à l'intérieur d'un massif en briques de 1^m,80 de hauteur et 2 mètres de côté. A la partie inférieure est le foyer, au-dessus duquel sont disposés les serpentins et la chambre de gazéification. Une petite pompe Worthington envoie dans le serpentin l'huile puisée à un réservoir extérieur; celle-ci s'échauffe, se vaporise, et est mélangée en proportion définie avec de la vapeur d'eau surchauffée, avant d'arriver au four à acier. Un courant d'air chauffé assure la combustion et est amené par une conduite spéciale, de manière que le mélange du combustible et du comburant s'effectue dans le four.

Ce mode de chauffage paraît avoir sur le système ordinaire de Siemens le double avantage de la simplicité du matériel et de la facilité de manœuvre, sans compter que ce combustible gazeux est absolument exempt de soufre. Le gazogène Archer, qui occupe une surface de 4 mètres carrés et emploie des conduites de 50 millimètres, peut alimenter deux fours à acier de 30 tonnes. A Barrow, pour les six fours à acier, les gazogènes Siemens occupent un bâtiment de 45 × 15 mètres carrés et exigent un personnel nombreux

pour la conduite du feu, la manutention du charbon, l'enlèvement des cendres, le nettoyage des carneaux. Il est donc utile d'étudier ce nouveau procédé, dont les premiers essais ont donné, dit-on, des résultats très encourageants.

Le pétrole est également employé dans la fabrication de l'acier par le *procédé Snélus*, qui a pour objet non pas le puddlage pro-

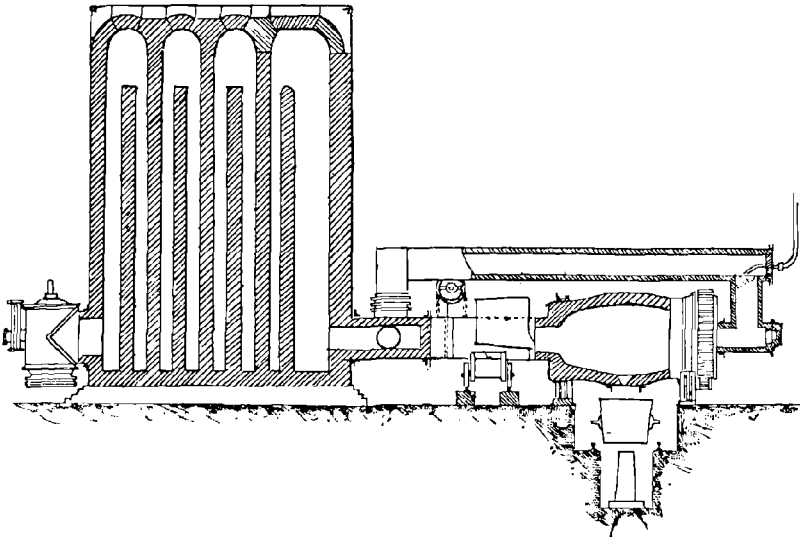


Fig. 68. — Fabrication de l'acier (Snélus). — Élévation.

prement dit, mais plutôt la purification de l'acier en une seule opération dans un four tournant.

Ce four, de forme ellipsoïdale (sa longueur est égale à deux fois son diamètre), tourne sur des galets et reçoit, par l'une de ses embouchures, une flamme de gaz résultant de la combustion d'un jet de pétrole dans un courant d'air chaud. Le pétrole est amené au droit du courant d'air chaud par le diffuseur, qui consiste en un tuyau percé de nombreux trous mis en communication avec le réservoir. Les régénérateurs sont chauffés par les produits mêmes

de la combustion du pétrole, qui s'échappent du four par l'embou-

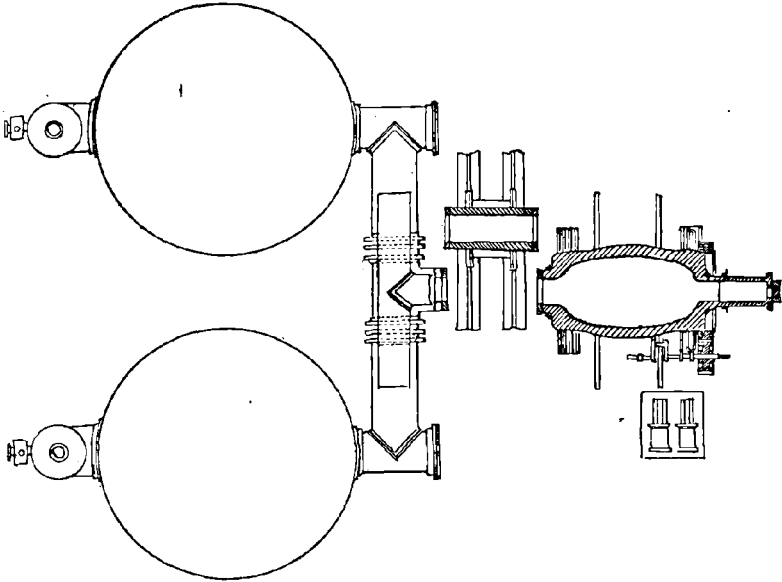


Fig. 69. — Fabrication de l'acier (Snélus). — Plan.

chure et sont dirigés, par un jeu de doubles vannes, alternativement sur l'un ou l'autre des régénérateurs.

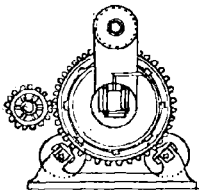


Fig. 70.
Mécanisme de rotation
du four
(procédé Snélus).

Le garnissage du four est constitué par un mélange de chaux fortement calcinée et de goudron, tassé entre les parois du four et celles d'un noyau de forme convenable, puis recouvert d'une couche d'oxyde de fer coulée à chaud, en même temps que l'on imprime au four une rotation rapide.

L'opération consiste à ajouter à la fonte coulée dans le four un excès d'oxyde de fer, puis à imprimer au four une rotation rapide et à pousser la flamme

le plus possible, en admettant au besoin un excès d'air pour brûler l'oxyde de carbone.

On détermine ainsi une oxydation rapide des métalloïdes de la fonte, en même temps que la fusion du fer, que l'on coule directement, à certains intervalles, par le trou de coulée, dans une poche de coulée, au lieu de le laisser se solidifier et se rassembler en une loupe comme dans le puddlage ordinaire.

CHAPITRE III

Emploi du gaz de pétrole pour la production de la force motrice.

Malgré de très nombreuses recherches, il n'existe pas de moteur à pétrole réellement pratique. On a construit un certain nombre de modèles qui n'ont pas suffisamment résisté aux épreuves d'un service prolongé pour justifier les espérances des inventeurs. En Europe, le gaz est relativement assez bon marché pour qu'il n'y ait pas intérêt à créer un moteur spécial qui utiliserait directement le pétrole, et on a préféré jusqu'ici se servir des machines à gaz en les alimentant avec du gaz de pétrole.

On trouve dans les catalogues des constructeurs (Société de constructions mécaniques pour le moteur Otto, MM. Rouart frères pour le moteur Lenoir, M. Powel pour le moteur Deboutville-Malandin, etc.) les indications et les prix courants relatifs à ces types relativement anciens. Nous nous bornerons à citer quelques dispositions récentes.

Moteur Priestman. — Ce moteur, particulièrement applicable pour la commande des machines dynamo-électriques, est caractérisé par l'emploi du pétrole du commerce, tandis que les appareils de ce genre fonctionnent ordinairement avec de la gazoline.

L'huile est placée dans un récipient fermé et dissimulé à l'intérieur du bâti. On comprime de l'air, au moyen d'une pompe, jusqu'à une pression d'environ 0^t,35. Le mélange s'opère, et il se forme de l'air carburé qui passe ensuite dans un vaporisateur où il est chauffé avant de se rendre dans le cylindre moteur. Le

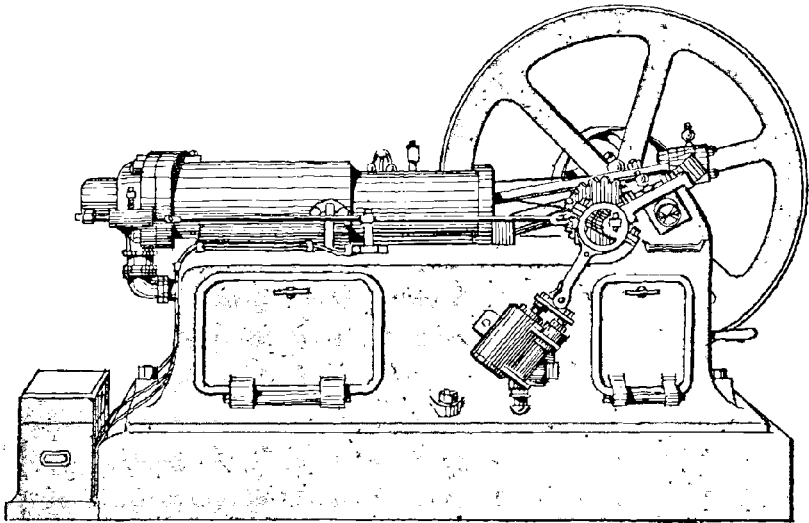


Fig. 71. — Moteur à pétrole (système Priestman).

mélange est enflammé dans ce dernier au moyen d'une étincelle électrique.

Au moment de la mise en marche, on chauffe le vaporisateur pendant quelques minutes avec une source de chaleur quelconque, puis on donne un tour ou deux au volant, après quoi la chaleur nécessaire à la vaporisation est empruntée à la température des gaz perdus. On dépense environ 0 fr. 125 par cheval effectif et par heure, en prenant pour base le prix actuel du pétrole en Angleterre, c'est-à-dire 0 fr. 15 le litre.

Moteurs pour embarcations. — Le moteur à gaz a l'avantage

de supprimer les manutentions et les désagréments de toute sorte inséparables de la production de la vapeur. Il était donc naturel de songer à lui pour le service des bateaux de plaisance, et MM. Rouart frères ont créé dans ce but un moteur à air carburé, qui figurait à l'exposition maritime du Havre.

Les principaux inconvénients que présentent les machines à vapeur d'eau appliquées aux canots sont évidemment : le poids exagéré et le trop grand encombrement de l'appareil moteur, ainsi que le temps nécessaire à la mise en état de fonctionnement.

On a donc cherché à remplacer l'eau par un liquide plus facilement vaporisable, et l'essence de pétrole a été choisie parce qu'elle peut fournir en même temps le combustible dans le foyer et la vapeur dans la chaudière.

A cet égard, le système de machine à vapeur de naphte de M. de Quillfeldt, construit par la Société des anciens établissements Cail, est une solution des plus intéressantes.

Il a tout d'abord cet avantage que le remplacement de la chaudière ordinaire par un appareil spécial tenant très peu de place laisse entièrement libre l'espace central occupé ordinairement par la chaudière et la machine. L'appareil vaporisateur et la machine sont reportés à l'arrière et ont un volume tellement réduit que les quatre cinquièmes au moins de la capacité du bateau sont disponibles pour les passagers.

Au point de vue du service, le naphte se vaporise beaucoup plus facilement que l'eau et se condense de même plus rapidement.

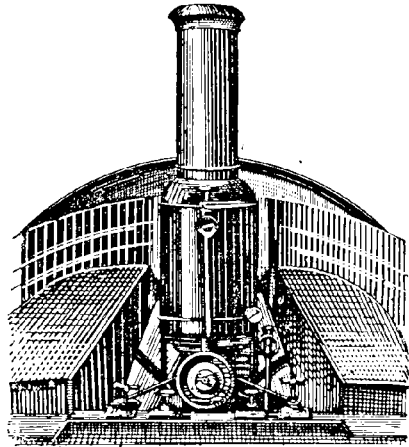


Fig. 72. — Moteur à essence de pétrole pour bateaux.

Il suffit donc d'une très petite surface de chauffe pour obtenir un grand volume de vapeur, et comme l'effet produit par la vapeur de naphte est sensiblement supérieur à celui de la vapeur d'eau, les dimensions des appareils peuvent être réduites au minimum.

Un réservoir de naphte, placé à l'avant du bateau, contient la provision nécessaire pour une marche de quarante à quatre-vingts heures de marche, suivant les dimensions du bateau. La vapeur, après avoir agi sur les pistons de la machine, est condensée et retourne au réservoir d'avant, sans autre perte que celle de la vapeur brûlée dans le vaporisateur. Il suffit de quelques minutes, de trois à cinq au plus, pour entrer en fonctionnement. La machine se manœuvre d'une manière très simple et très commode, au moyen d'un volant à main et sans exiger de connaissances spéciales pour sa conduite. Le fonctionnement se fait sans bruit, sans fumée, sans échappement de vapeur.

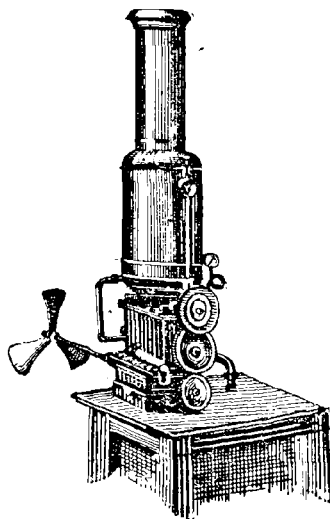


Fig. 73. — Moteur
à essence de pétrole
pour bateaux.

L'expérience seule nous apprendra si la vapeur de naphte se prête facilement au service qu'on lui demande. Il est à craindre que les joints et les garnitures ordinaires ne conservent pas une étanchéité parfaite et que des fuites se produisent avec une vapeur aussi subtile. Ces difficultés ont sans nul doute été prévues et résolues par le constructeur.

Les Américains ont, eux aussi, construit un certain nombre de machines dans lesquelles l'agent moteur est la vapeur de pétrole; mais le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas de les examiner.

Nous terminerons la question des moteurs à pétrole par quel-

ques mots de la voiture présentée par MM. Benz et C^{ie}, de Mannheim, à l'Exposition de Munich. Ce véhicule, porté sur trois roues, dont celle de devant servait de gouvernail, était actionné par un moteur à pétrole placé sous le coffre de derrière, au-dessus de l'essieu des grandes roues. L'huile minérale, renfermée dans une caisse

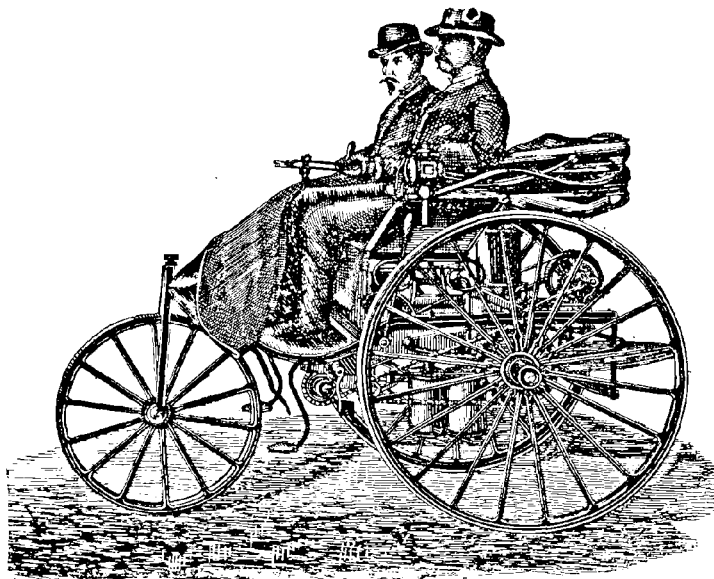


Fig. 74. — Voiture à pétrole (système Benz).

de cuivre sous le siège, tombait goutte à goutte dans le générateur et y formait un gaz détonant qui était ensuite enflammé par une étincelle électrique dans un cylindre parfaitement clos.

La vitesse de cette voiture pourrait atteindre 16 kilomètres à l'heure. L'approvisionnement de liquide suffisait à un parcours de 120 kilomètres. Quant à la dépense, elle était d'un peu plus d'un litre à l'heure.

CHAPITRE IV

Graissage.

EMPLOI DES HUILES MINÉRALES. — Les huiles minérales fournissent, pour le graissage, des produits qui, depuis quelques années, tendent à remplacer de plus en plus les huiles d'origine végétale ou animale dans les applications industrielles.

Cet emploi des hydrocarbures naturels a devancé tous les autres. Alors qu'on ne soupçonnait pas seulement l'existence de gisements de pétrole aux États-Unis, les matières huileuses qu'on rencontrait en certains points des roches ou du sol servaient au graissage des essieux de voitures, de wagons, et quelquefois des organes de machines. Aujourd'hui, ce sont les résidus de la distillation qui, après séparation des essences et des huiles lampantes, fournissent la matière première d'une variété infinie d'huiles de graissage.

En Russie, ces résidus, connus sous le nom d'*astatki*, sont encore employés tels quels pour le graissage, comme l'indique M. Urquhart dans sa communication du 30 janvier 1889 à l'*Institution of mechanical Engineers* :

« Les résidus de pétrole que l'on brûle dans les locomotives constituent un excellent lubrifiant employé depuis quelques années, à l'exclusion de toute autre substance, pour les wagons et les tenders; il en résulte une économie considérable. La seule condition qu'ils doivent remplir pour cet usage est d'être purs et de ne renfermer ni sable ni gravier; et, fort heureusement, ils peuvent la réaliser facilement, si, après les avoir laissés reposer dans les réservoirs, on a le soin d'écumer la surface du liquide en été. Grâce à cette précaution, l'huile est pure, quoique très noire, et convient parfaitement au graissage.

« Des expériences de laboratoire, exécutées à Borisoglebsk sur les qualités comparatives des résidus de pétrole employés comme lubrifiant dans diverses conditions de température, ont montré que le liquide remplit parfaitement son rôle en été pour les voitures, trucks et tenders, pour les machines de pompes et les autres appareils du même genre. Par les temps froids, les résidus doivent être additionnés de 30 à 50 pour 100 d'huile minérale ayant une densité de 0,860 à 0,870 et son point d'éclair à 100° centigrades. Cette huile, que l'on ajoute en plus ou moins grande quantité, suivant l'abaissement plus ou moins grand de la température, sert à conserver une fluidité suffisante au lubrifiant qui, sans cela, prendrait trop de consistance et ne pourrait plus s'élever sous l'action de la capillarité. »

La composition des huiles minérales naturelles de Russie suffit à expliquer pourquoi l'industrie des huiles de graissage s'est développée principalement dans ce pays. Sous des noms variés suivant l'imagination des fabricants, les huiles russes sont à peu près les seules employées en Europe pour le graissage des cylindres et tiroirs de machines à vapeur et à gaz, des mécanismes et des transmissions, des métiers de filature et de tissage, du matériel roulant des chemins de fer, etc.

Le détail de ces applications ne saurait trouver place ici ; mais nous ne saurions mieux donner une idée des économies réalisées par le graissage aux huiles de pétrole qu'en rappelant les résultats obtenus et officiellement reconnus par les Compagnies de chemins de fer.

La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest a été, en France, la première à substituer l'huile minérale russe au colza dans les boîtes à huile de ses wagons.

La Compagnie du chemin de fer Alsace-Lorraine applique depuis une douzaine d'années les huiles vertes de graissage de Pechelbronn (Alsace) dans ses boîtes à huile munies de coussinets en métal blanc. D'après les essais exécutés par la Compagnie de l'Est, en France, les huiles de Pechelbronn seraient préférables à

l'huile de colza ; la maison Le Bel en prépare deux types, l'un pour le service d'été, l'autre pour le service d'hiver, et on évite ainsi les congélations dues aux froids rigoureux et suivies du chauffage des fusées. Le métal blanc qui forme les coussinets est composé de 83,33 pour 100 d'étain, 11,11 pour 100 d'antimoine et 5,55 de cuivre.

La Compagnie du chemin de fer du Grand Central belge emploie les résidus de la distillation du pétrole du Caucase, en les additionnant au besoin d'huile de colza dans les conditions suivantes.

L'huile russe sans mélange sert en toute saison au graissage des cylindres des locomotives, et seulement dans la période de septembre à avril inclus, au graissage courant du matériel roulant. Pendant les mois d'été les plus chauds, c'est-à-dire de mai à août inclus, le graissage des mouvements et boîtes des locomotives et tenders et le graissage courant du matériel roulant s'effectuent avec un mélange de 50 pour 100 d'huile russe et 50 pour 100 de colza ; enfin les ateliers de levage emploient en tout temps un mélange de 10 pour 100 d'huile russe et 90 pour 100 de colza pour l'alimentation des boîtes du matériel roulant et pour le graissage des machines des ateliers.

Ces règles conduisent à une proportion moyenne de 50 pour 100 d'huile russe sur l'ensemble de la consommation.

L'huile minérale servant au graissage du matériel roulant est mélangée de 5 pour 100 de pétrole, et l'huile de colza, destinée au mélange employé dans les ateliers de levage, est aussi additionnée de 5 pour 100 de pétrole pendant les cinq mois d'hiver : septembre à janvier inclus.

Les ingénieurs ont limité la proportion de l'huile russe dans les mélanges qui servent au graissage du matériel roulant, en raison des faibles dimensions des fusées d'essieux de ce matériel. Le diamètre de ces fusées est de 80 millimètres et leur longueur de 130 millimètres.

Le Grand Central belge tient à écarter tout ce qui n'est pas

huile russe et de provenance certaine, et surtout des mélanges contenant des huiles de boghead et de schistes, les essais des huiles de cette nature tentés de 1868 à 1870 ayant donné les plus mauvais résultats.

La Compagnie du chemin de fer de l'Est, en France, a adopté également depuis plusieurs années les huiles russes de graissage, pour la fourniture desquelles les conditions suivantes ont été imposées.

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 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 quarante-huit 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° (un vingtième 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 L. Barbey, sous la pression constante de 0^m,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 demi-soie) pour lampe carcel de treize lignes, et longue de 0^m,065, soutenue par une douille intérieure cylindrique de 0^m,017 de diamètre, devra être complètement imbibée d'huile au bout de trois 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.)

Les ingénieurs les plus autorisés de nos Compagnies de chemins de fer sont unanimes à reconnaître les avantages de ce mode de graissage. M. Louis Salomon, ingénieur en chef du matériel roulant de la Compagnie de l'Est, les a résumés sous une forme saisissante, dans une remarquable étude parue dans la *Revue des chemins de fer*.

Les huiles minérales de Pechelbronn et du Caucase peuvent être employées sans mélange, au lieu de l'huile de colza brute, dans des boîtes à tampons, disposées comme le sont les boîtes de la Compagnie de l'Est.

Cette substitution n'augmentera pas le nombre des chauffages, l'obligation étant admise, pour les produits de Pechelbronn, d'avoir une huile d'été et une huile d'hiver.

Les mélanges de ces deux huiles entre elles et avec le colza ne présentent pas d'inconvénient.

La quantité d'huile consommée dans les boîtes est identiquement la même qu'avec le colza.

Cette substitution permet de doubler les intervalles de revision actuellement prescrits pour les boîtes alimentées à l'huile de colza, et, par suite, de réaliser dans l'entretien des boîtes de notables économies.

Les coussinets en bronze peuvent être conservés sous un matériel dont la suspension est bien montée.

L'emploi du métal blanc de l'Alsace-Lorraine est nécessaire lorsque la pression du coussinet est inégalement répartie sur la fusée, et il est, dans tous les cas, avantageux, puisqu'il peut atténuer les causes de chauffage provenant de mauvaise répartition accidentelle de la pression ou de mauvais ajustage. Cette substitution procurera une économie dans les dépenses d'entretien.

Les Compagnies de chemins de fer peuvent avantageusement employer l'huile russe brute au graissage des transmissions, des machines-outils, des appareils de la voie (aiguilles, signaux, etc.) et des grues de chargement. La basse température à laquelle elle se congèle la rend particulièrement convenable aux applications extérieures.

Au point de vue des dépenses d'exploitation, si l'on se place dans l'hypothèse d'un réseau ayant 3818 véhicules de grande vitesse et 26 659 véhicules à marchandises, une première économie résultera de la substitution, pour le graissage de route, d'une huile à 28 francs les 100 kilogrammes au colza brut à 68 francs les 100 kilogrammes (cours des deux huiles à l'époque de la publication de l'étude). La consommation d'huile pour le graissage de route du réseau considéré pouvant être évaluée à 300 000 kilogrammes, cette substitution procurera une économie de 120 000 francs. Une seconde économie résultera de la possibilité de prolonger les délais de revision. Nos expériences nous donnent la certitude de pouvoir doubler les délais fixés pour l'emploi du colza.

De ce chef, l'économie annuelle peut être évaluée à 331 517 fr. 41.

Le remplacement de l'huile de colza par les huiles minérales

étudiées aura donc finalement pour résultat, au point de vue des frais annuels de graissage du réseau considéré, une économie totale d'environ 451 517 fr. 41, soit de 61,49 pour 100, et cela sur les seules dépenses d'achat d'huile et des réservoirs.

CHAPITRE V

Applications industrielles diverses.

EMPLOI DU PÉTROLE CONTRE LES CORROSIONS DES CHAUDIÈRES A VAPEUR. — Depuis longtemps on a reconnu que le pétrole empêche, retarde ou fait disparaître les incrustations qui se produisent si fréquemment sur les tôles des chaudières à vapeur.

D'après des renseignements fournis à l'*Institution of mechanical Engineers*, par M. Carden, ingénieur des chemins de fer de l'État indien, le pétrole a donné de bons résultats sur les locomotives pour empêcher les dépôts dans les chaudières. Sur ces lignes, les eaux sont très mauvaises, et on est obligé de laver les chaudières après 160 kilomètres de parcours. On a d'abord essayé l'huile de Rangoon, mais il se produisait des entraînements d'eau et des fuites dans les chaudières à tel point qu'on ne pouvait jamais compter sur les machines. Ces inconvénients disparurent lorsqu'on réduisit la quantité d'huile à une proportion très minime; on arriva même, en pratique, à se borner à badigeonner d'huile l'intérieur des caisses à eau, après chaque lavage de la chaudière. L'emploi de la kérosine comme anti-incrustant a été essayé de même sur plusieurs chemins de fer dans l'Inde, mais on y a renoncé sur quelques-uns, parce qu'on l'a trouvé trop délicat en pratique.

M. Druitt-Halpin a exposé devant la même Société qu'il employait, lui aussi, depuis des années, le pétrole, comme désincrus-

tant, avec des eaux fort mauvaises; il suffit d'un demi à deux tiers de litre de pétrole par semaine pour des chaudières du type Lancashire, de 2^m,10 de diamètre et 9^m,20 de longueur.

M. Powis-Bale a voulu s'assurer par lui-même des services que le pétrole pouvait rendre comme désincrustant, il a entrepris dans ce but une série d'expériences dont il a rendu compte tout récemment.

La première chaudière sur laquelle il a opéré appartenait à une locomobile de 10 chevaux; par suite de la négligence d'un chauffeur, il s'y était formé des incrustations dures dont l'épaisseur en certains points atteignait 18 millimètres. Au point de vue de la composition, on trouvait principalement du carbonate de chaux et un peu de sulfate de chaux (gypse).

La tannate de soude qu'il employait ordinairement ne paraissant pas réussir, le pétrole fut essayé d'abord par l'introduction d'un quart de pinte (environ 14 centilitres), et de la même quantité tous les jours pendant trente jours de suite. On purgea ensuite la chaudière à la pression de 7 livres par pouce carré (500 grammes par centimètre carré). Un premier examen fit reconnaître que les incrustations semblaient avoir été attaquées et pénétrées même, par place; elles étaient partiellement réduites en poudre, mais en d'autres points, et surtout à l'extrémité de la boîte à feu, elles conservaient toute leur dureté. On enleva tout ce qu'on pût et on recommença le traitement, en vidant à diverses reprises la chaudière. Au bout de six semaines, le pétrole paraissait avoir produit un effet sensible sur les incrustations et la puissance de vaporisation de l'appareil était augmentée. A la fin du second mois, un nouvel examen fut suivi de l'enlèvement des incrustations au moyen d'un grattoir, sauf en un ou deux points de la boîte à feu où le dépôt tenait bon. Pendant le troisième mois, la quantité de pétrole fut diminuée de moitié : les incrustations finirent par perdre toute consistance et furent enlevées aisément. Depuis, on a toujours tenu la chaudière en bon état, sans la moindre difficulté, en se servant de temps en temps du pétrole.

Il faut avoir bien soin de n'introduire le pétrole que par petites quantités à la fois, autrement il pourrait former avec les dépôts une sorte de savon, qui empêche l'eau de mouiller les tôles; et des fuites ou des gondolements du métal seraient déterminés par suite d'un échauffement anormal. Dans cette application, les huiles légères de pétrole sont préférables.

D'après des expériences de M. L. Lyne, lorsque l'eau d'une chaudière est portée à une température suffisante, les huiles ne restent pas à la surface, mais se répandent le long des parois pour descendre jusqu'au bas et remonter ensuite au centre. Il y aurait donc une circulation continue, dont l'effet serait de mélanger intimement le pétrole et l'eau et qui explique l'attaque des incrustations aux différents points de la chaudière.

M. Nursey prétend que le pétrole peut être aussi employé pour prévenir les entraînements d'eau dans la vapeur. Ce système, proposé par un ingénieur danois, a été essayé avec succès, notamment sur le steamer *Ida*, de la Compagnie du London, *Brighton and South Coast Railway*, faisant le service entre Newhaven et Dieppe. Les chaudières de ce bateau avaient de tels entraînements d'eau qu'on était sur le point de les changer; l'emploi du pétrole remédia entièrement à cet inconvénient. On injectait l'huile dans les chaudières avec l'eau d'alimentation au départ et au milieu de la traversée; on reconnut en outre que le pétrole empêchait l'adhérence des dépôts et permettait de supprimer le graissage des cylindres.

ANTI-ROUILLE. — Le pétrole fournit un moyen commode de nettoyer les pièces attaquées par la rouille. Dans la plupart des cas, il suffit de frotter la partie rongée avec un chiffon imbibé d'huile. Si les taches sont anciennes, et par conséquent ont pénétré profondément, on fera, au préalable, tremper la pièce dans un bain d'huile minérale.

Si le pétrole permet de faire disparaître les taches de rouille, ses dérivés, la vaseline et la paraffine, peuvent en prévenir la formation.

L'objet doit-il être manié de temps à autre ? il suffira d'en frotter la surface avec un linge imprégné de vaseline ; cette recette s'applique en particulier aux armes de chasse. Si, au contraire, il ne doit pas être soumis à des frottements, on passera à sa surface une couche de la solution suivante :

Éther de pétrole	1000
Paraffine.	5

Après évaporation du dissolvant, il restera une couche mince invisible de paraffine, très propre à préserver de l'humidité les lanternes d'intérieur, armures, etc.

ENCIMAGE DE LA LAINE CARDÉE. — On donne le nom d'encimage au graissage que subit la laine dite cardée ou grasse, pour faciliter les opérations de filature.

Cet encimage s'opère généralement au moyen d'huile d'olive ou bien d'oléine, plus ou moins étendue d'eau alcaline. Le poids de l'encimage peut atteindre 25 pour 100 de celui de la laine.

La substitution d'huile minérale lourde a été tentée principalement à Verviers, mais on a dû y renoncer :

1° Parce que la lubrification n'était pas satisfaisante.

2° Ensuite et surtout parce que le dégraissage du fil ou de l'étoffe présente les plus grandes difficultés.

M. G. Fayollet a pris, il y a deux ans, un brevet pour un procédé de transformation des huiles lourdes de pétrole en un produit propre à l'encimage. Ce procédé consiste à diriger un courant de chlore dans le mélange de l'huile avec de l'acide oléique et de la chaux éteinte ; le chlore agit à la fois sur l'acide oxyoléique formé et sur l'huile et l'on obtient en fin de compte un mélange soluble dans les alcalis qui, suivant l'auteur, peut être avantageusement employé dans les filatures.

Ainsi que nous venons de le dire, les essais tentés dans cette voie n'ont pas été jusqu'ici très encourageants ; mais il ne faut pas oublier que cette application du pétrole est encore toute

récente; il est bien probable que les progrès de l'industrie permettront un jour d'arriver à de bons résultats.

FABRICATION DES TISSUS CAOUTCHOUTÉS. — L'emploi du pétrole dans ce cas est beaucoup plus avantageux. On recouvre à la brosse ou au pinceau, d'une solution très épaisse de caoutchouc dans l'essence de pétrole, l'envers des deux tissus qui doivent être superposés. On les fait ensuite passer entre deux cylindres pour assurer leur contact et l'on chasse l'essence au moyen de la vapeur d'eau surchauffée.

IMPERMÉABILISATION DES TISSUS. — La paraffine peut servir pour l'imperméabilisation des tissus de laine. Le procédé, breveté par Stenhouse, consiste à appliquer sur le tissu la paraffine à l'état de dissolution et à chasser ensuite le dissolvant par la vapeur d'eau.

VERNIS ET COULEURS. — On peut faire un excellent vernis, résistant aux acides, en prenant un mélange de :

Essence de pétrole.	1000
Bitume de Judée.	15

Une simple couche de ce vernis rend les cuves et les vases en grès imperméables aux liquides.

L'huile minérale et ses dérivés liquides, dissolvant les corps gras et les laques, remplaceront avantageusement dans certains vernis l'essence de térébenthine.

On les emploie également, comme véhicule, dans l'application des couleurs vitrifiables.

TEINTURE. — Le procédé de teinture par les hydrocarbures, étudié déjà depuis quelques années, a reçu le nom de teinture à sec. Il est basé sur la propriété que possèdent les acides gras de se dissoudre dans les hydrocarbures en servant de véhicule aux couleurs que ces acides tiennent en solution. Mais par le seul fait de l'acidité de leur dissolvant, les couleurs dérivées du goudron de houille sont le plus souvent altérées dans leur nuance et, au bout d'un certain temps, se séparent de la benzine.

On a neutralisé ces acides gras par une solution d'ammoniaque qui, de tous les alcalis, est celui qui a donné les meilleurs résultats. On obtient ainsi un savon semi-fluide dans lequel on opère la dissolution des couleurs. Le choix des acides gras est très varié : c'est ainsi que l'on peut prendre des huiles rances, telles que les huiles tournantes ou encore celles obtenues en épuisant les grignons d'olives par le sulfure de carbone. Néanmoins, il est préférable, pour avoir des acides gras purs, d'opérer de la manière suivante : saponifier une huile végétale (olive, sésame, arachide, colza, etc.) par une solution bouillante de soude et décomposer le savon ainsi formé par de l'acide chlorhydrique ou sulfurique. Les acides gras qui résultent de cette décomposition sont séparés, lavés et neutralisés par 10 à 11 pour 100, en poids, d'une solution d'ammoniaque à 28° Cartier, c'est-à-dire d'une densité de 0,88.

Ce savon ammoniacal est soluble en toutes proportions dans les hydrocarbures et dissout entièrement, en opérant au bain-marie, la plupart des couleurs artificielles et plus spécialement les dérivés à caractère basique (fuchsines, safranines, vert méthyle, vert améthyste, bleu de méthylène, violet de Paris, chrysoïdine, etc.). On facilite la dissolution de certains colorants difficilement solubles dans le savon ammoniacal en les dissolvant au préalable dans de l'alcool.

Ce procédé, indiqué par MM. Laffitte et Carinautrand, présente certains inconvénients : 1° fixation superficielle de la matière colorante, qui fait que ce procédé est plutôt un enduit qu'une teinture ; 2° impossibilité d'obtenir des nuances foncées, car, les fibres et tissus teints se salissant par le frottement, on est obligé de procéder à un lavage dans de la benzine non colorée, qui retient alors en dissolution une assez grande partie de la matière colorante ; 3° perte assez considérable de la benzine pendant le séchage ; 4° danger d'inflammabilité des bains de teinture.

Il a, par contre, les avantages suivants : rapidité de la teinture ; possibilité de teindre, en pièces, le velours, la peluche et les

étoffes très légères, en soie grège, par exemple; enfin possibilité de charger la soie avant la teinture dans la charge aux tannins.

DÉGRAISSAGE. — Le pétrole peut être employé pour enlever les taches de graisse; il suffit d'en imbiber un linge et de frotter le tissu taché. L'éther de pétrole est, dans ce cas, préférable à l'essence minérale dont l'odeur pénétrante subsiste longtemps après le nettoyage.

PARFUMERIE. — Parmi les nombreux procédés auxquels on a recours pour extraire des plantes leurs principes odorants, un des plus employés consiste, soit à distiller, soit à faire macérer d'abord et distiller ensuite la fleur et un dissolvant convenablement choisi.

Dans ce but, M. Millau soumet les fleurs à une lixiviation méthodique en présence d'éther de pétrole; et quand ce dernier est suffisamment imprégné du produit aromatique, on le soumet à la distillation. Il reste comme résidu la substance du parfum, et l'éther de pétrole recueilli avec soin est prêt à servir pour une nouvelle opération.

IMPRIMERIE. — Cette industrie qui, en typographie du moins, emploie exclusivement des rouleaux en gélatine, a besoin d'un dissolvant de l'encre, car un rouleau doit toujours être nettoyé après usage. Dans ce cas, l'huile lampante ordinaire est bien supérieure à l'essence de térébenthine, car elle ne *s'acidifie* pas à la lumière; or des essais nombreux ont prouvé que l'essence de térébenthine acidifiée attaque la gélatine et la rend friable.

PHOTOGRAPHIE. — C'est en général comme dissolvant que la photographie emploie le pétrole depuis quelques années. Pour obtenir des clichés pelliculaires très minces, et qui à une grande souplesse joignent la solidité, les opérateurs recouvrent d'une solution de 0^{gr},5 de caoutchouc *de Para*, dans 100 grammes d'éther de pétrole, le cliché, lavé et séché. Ces pellicules ont l'avantage de ne pas se casser et de pouvoir être mouillées.

Une solution de :

Éther de pétrole	100
Caoutchouc de Para	10

fournit le *verniss au caoutchouc*, employé pour le développement des reliefs en gélatine destinés à l'impression mécanique, dite PHOTOGLYPHIE. Le bitume, dit *bitume de Judée vrai*, est employé pour former sur les planches de photogravure les *réserves* ou parties que l'acide ne doit pas ronger.

On vernit la planche au moyen de la solution suivante :

Éther de pétrole.	100
Bitume de Judée vrai.	6
Essence de lavande.	2

Après exposition à la lumière, on la plonge dans un bain d'huile lampante. Les parties qui ont été préservées de l'action de la lumière se dissolvent et mettent le métal à nu ; les parties qui ont été impressionnées, *étant devenues insolubles*, forment les *réserves*.

INSECTICIDE. — Chacun connaît l'emploi de l'essence minérale pour détruire les punaises qui ont envahi la literie ; nous n'insisterons pas sur ce point.

Le ver blanc du hanneton, qui chaque année fait tant de dégâts, ne résiste pas à un arrosage d'eau additionnée d'un *millième* d'huile minérale. En portant à 50 grammes par litre d'eau la dose d'huile minérale, on détruira les courtilières ; il suffit de verser cette solution dans leur trou. Il est donc bien simple et peu coûteux de se débarrasser de ces deux ennemis de nos jardins.

M. Rochart a essayé contre le phylloxera la solution d'huile minérale dans l'eau. On dissout d'abord l'huile dans le sulfure de carbone et on bat le mélange avec de l'eau. On obtient ainsi une émulsion qui laisse sur la vigne une rosée de pétrole, dont l'évaporation lente facilite l'action. La même solution a été employée avec succès contre le puceron des pommiers (*puceron lunigère*).

Les solutions de pétrole ont été essayées comme traitement des maladies cryptogamiques de la vigne et des arbres fruitiers, mais leur action efficace n'est pas suffisamment démontrée.

On emploie aussi les goudrons de pétrole pour préserver de la pourriture les tuteurs de la vigne et des arbres fruitiers.

ACTION PHYSIOLOGIQUE. — D'après les expériences de Poincaré, la respiration d'un air saturé de vapeurs de pétrole cause des désordres dans l'organisme. Ce savant éleva dans ces conditions des chiens, des lapins, des cobayes, etc.; il observa une plus grande fréquence, et une plus grande amplitude des mouvements respiratoires, un ralentissement des révolutions cardiaques accompagné d'une plus grande intensité des chocs du cœur, enfin la tendance au sommeil et des démangeaisons très vives. L'autopsie lui révéla une congestion plus ou moins intense et générale des poumons et des méninges. A cela, rien d'extraordinaire; quel est donc l'hydrocarbure, le composé chimique, autre que l'air, qui, absorbé à haute dose, ne produise des effets d'intoxication? Il n'y a pas lieu de s'en émouvoir, car c'est à peine si, parmi tous ces symptômes alarmants, l'ouvrier des raffineries de pétrole ressent de la pesanteur de tête et des démangeaisons aux muqueuses nasales.

D'un autre côté, le pétrole entre dans la composition d'un certain nombre de médicaments destinés aux usages les plus variés. Nous le voyons recommandé comme pectoral, fortifiant, vermifuge; il a été employé avec succès dans le traitement des ulcères et même de la phtisie. Enfin les vétérinaires en font une grande consommation pour guérir la gale des bestiaux.

Le pétrole est aussi employé pour la préparation de certains médicaments. Pour le sulfate de quinine, par exemple, Thibouméry a imaginé de remplacer par les produits lourds du pétrole l'alcool qui est soumis en France à des droits très élevés. Voici la méthode actuellement suivie dans l'industrie.

On mélange le quinquina (écorce de *quinquina jaune*) grossièrement pulvérisé avec un lait de chaux, ou une solution de carbonate de soude, et on dessèche la masse. Le produit pulvérisé est ensuite épuisé par l'huile lourde de pétrole. La solution de la quinine dans l'hydrocarbure est traitée par de l'eau additionnée

d'acide sulfurique, et lui cède la quinine qui passe à l'état de sulfate, il n'y a plus qu'à faire cristalliser. L'huile lourde recueillie est prête à servir de nouveau.

VASELINE

VASELINE NATURELLE. — La vaseline ayant toutes les propriétés des corps gras, sauf celle de tacher, a remplacé l'axonge dans la préparation des onguents et pommades; elle a même été quelquefois substituée au beurre par des pâtissiers peu délicats, qui désirent garder leurs produits plus longtemps. En tout cas, elle a reçu depuis quelques années de si nombreuses applications en pharmacie, que nous croyons devoir lui consacrer quelques lignes.

La vaseline, dite *naturelle*, extraite des huiles minérales, a l'aspect d'un savon transparent, légèrement fluorescent, et la consistance de la graisse animale. Chauffée vers 30°, elle passe par l'état pâteux pour devenir progressivement très fluide. En refroidissant, elle reprend son état primitif, sans la moindre apparence de cristallisation.

Les propriétés essentielles sont à peu près constantes, quelle que soit l'origine de l'huile mère.

Certains chimistes la considèrent comme un mélange d'heptane et de paraffine, d'autres comme un mélange de paraffines différentes très fusibles, ou de paraffine avec des huiles; quoi qu'il en soit, on peut admettre qu'elle est composée de carbures forméniques, probablement les carbures $C^{16}H^{34}$ et $C^{20}H^{42}$; quelques auteurs prétendent cependant y avoir rencontré des carbures éthyléniques.

Insoluble dans l'eau et la glycérine, peu soluble dans l'alcool bouillant, elle se dissout avec facilité dans l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone et les huiles essentielles. Elle est neutre au

papier réactif, et inattaquable par les alcalis et les acides; l'acide sulfurique concentré ne la colore pas.

On prépare la vaseline par simple décoloration, soit du pétrole, soit des résidus, au moyen du noir animal; puis, dans le premier cas, par élimination des parties légères, au moyen de la vapeur surchauffée. On peut aussi procéder autrement, en les lavant à l'acide sulfurique concentré ou au bichromate de potasse en solution, puis traitant par le noir animal. Le premier procédé est préférable, car l'acide sulfurique enlève ou dénature les carbures éthyléniques ou aromatiques que l'huile peut contenir.

VASELINE ARTIFICIELLE. — La vaseline, dite *artificielle*, s'obtient par le mélange de paraffine et d'hydrocarbures liquides. Comme la variété naturelle, elle peut se scinder en une partie liquide et une partie solide; mais les composants ont des propriétés physiques et chimiques qui diffèrent essentiellement de celles des composants de la vaseline naturelle.

Ainsi la première prend beaucoup plus facilement que la seconde une structure grenue, et par distillation on peut la séparer de nouveau en huile et paraffine. La viscosité est aussi différente pour les deux substances, comme le montrent les résultats suivants (viscosité de l'eau = 1).

	A 45°.	A 50°.	A 80°.	A 100°.
Vaseline naturelle américaine.	4,8	2,7	2,1	1,6
Vaseline artificielle.	Ne coule plus.	Ne coule plus.	1,5	1,2

L'infériorité de la vaseline artificielle vis-à-vis de la vaseline naturelle, au point de vue de l'homogénéité de la consistance, s'accroît considérablement si on fond ces produits et si on les laisse prendre ensuite. Quand on chauffe de la vaseline naturelle, elle perd peu à peu son aspect de savon transparent pour passer à l'état de liquide d'abord épais, puis très fluide. Comme le montre le tableau des viscosités, le liquide s'épaissit de plus en plus par refroidissement et reprend la consistance d'un savon transparent, sans qu'on puisse apercevoir la moindre apparence de cristallisation; au

contraire, la vaseline artificielle perd peu à peu son aspect de graisse fondue pour passer à l'état savonneux; mais alors il se produit une transformation presque subite en liquide fluide, tandis que la vaseline naturelle possède encore à 80° plus de deux fois, à 50° plus de trois fois, à 45° presque cinq fois la viscosité de l'eau; la vaseline artificielle à 100° est presque aussi fluide que l'eau, et cependant, à 65°, elle devient de nouveau entièrement épaisse.

En raison du mode d'épuration au moyen de l'acide sulfurique, chacune de ces vaselines renferme des traces, mais équivalentes, d'acides sulfonés. Mais la tendance à l'oxydation par absorption d'oxygène est bien plus marquée chez la vaseline naturelle.

Le tableau suivant donne les résultats d'expériences faites sur la vaseline naturelle, sur la variété artificielle et sur la graisse du porc, à une température de 115° pendant vingt-quatre heures.

	QUANTITÉS employées.		OXYGÈNE ABSORBÉ.	TENEUR EN ACIDE	
	VASELINE etc.	OXYGÈNE.		EXPRIMÉE en	KOH (Potasse).
	grammes.	cent. cubes.	cent. cubes.	milligr.	poids p. 100.
Vaseline naturelle I.	12,9	59,5	34,9	5,5	0,043
— — II.	11,6	71,5	46,5	9,1	0,078
— — III.	14,7	76,3	42,9	10,5	0,071
— artificielle I.	15,5	74	4,5	0,7	0,005
— — II.	11,7	69,1	4,7	0,7	0,006
— — III.	14,8	74,7	4,2	1,4	0,009
Graisse de porc ¹ I.	14,5	71,2	49,8	31,1	0,214
— II.	14,9	57,3	42	39,4	0,264
Huile de vaseline I.	12	56,7	5,5	»	»
— — II.	11	56,9	4,1	»	»
Paraffine.	11,4	52,7	3	»	»

1. La teneur primitive en acide des deux sortes de graisse a été déduite des résultats.

Au point de vue de l'emploi de la vaseline dans la pratique

médico-chirurgicale, les expériences précédentes sont toutes favorables à la vaseline artificielle (*unguentum paraffini*); cependant nous croyons que l'on va beaucoup trop loin, si, pour cette raison, on veut rejeter complètement de la pratique l'emploi de la vaseline naturelle. Il faut, en effet, bien remarquer que ces expériences ont été faites dans des circonstances très spéciales, excessivement favorables à l'absorption d'oxygène et à l'acidification, circonstances (température de 110°, pression élevée et oxygène pur) qui ne se rencontrent jamais dans l'emploi ordinaire de la vaseline.

Engler et Bohm ont pris deux échantillons de 5 grammes de la même vaseline naturelle, et les ont étalés en carrés de 16 centimètres sur des plaques de verre qu'ils ont exposées à l'air à côté d'un four pendant quatorze jours; sur une autre plaque ils ont, de la même façon, placé de la vaseline artificielle et de la graisse de porc. La température, dans le voisinage du four, était de 30°. La formation d'acide, très faible, n'était pas beaucoup plus grande pour la vaseline naturelle que pour la vaseline artificielle.

D'après cela, dans les conditions où la vaseline est employée dans la pratique médico-chirurgicale, la vaseline naturelle, qui possède aussi une grande résistance à l'acidification, offre sur le mélange artificiel de la pharmacopée plusieurs avantages. Elle est d'une plus grande homogénéité aux points de vue physique et chimique, d'une consistance savonneuse plus accentuée et plus stable aux diverses températures, enfin d'une viscosité notablement plus grande aux températures élevées. On invoque bien en faveur de la vaseline artificielle sa plus grande résistance aux agents chimiques énergiques, comme l'acide sulfurique, l'acide nitrique, etc.; mais cette indifférence chimique n'est pas d'une grande importance au point de vue de l'emploi du produit.

Dans toutes les circonstances où il s'agit d'avoir, à une température assez élevée, un corps d'une consistance grasseuse et visqueuse, la vaseline naturelle est à préférer à la vaseline artificielle; cela résulte du tableau des viscosités que nous avons donné plus haut. Au contraire, dans l'emploi des températures élevées, si une

acidification sensiblement plus faible que celle de la graisse de porc est à redouter, on donnera la préférence à la vaseline artificielle.

DES DROITS QUI FRAPPENT LE PÉTROLE

Nous ne saurions terminer notre étude du pétrole et de ses dérivés, sans dire quelques mots des droits de douane et d'octroi qui frappent, en France et à Paris, ce produit devenu aujourd'hui de première nécessité. Ces droits sont les suivants :

1° *Douane* : 25 francs les 100 kilogrammes ou 20 francs les 100 litres pour les pétroles de provenance directe ; 30 francs les 100 kilogrammes ou 24 francs les 100 litres pour les pétroles d'origine étrangère et de provenance européenne ;

2° *Octroi de Paris* : 21 fr. 60 les 100 litres.

Il résulte de ces données qu'on est obligé de payer à Paris un droit qui varie de 44,6 centimes par litre à 45,6 pour le pétrole, tandis que ce produit se vend à Anvers 15 centimes le litre. S'il n'était pas grevé de taxes qui s'élèvent à 300 pour 100 de sa valeur, sur le principal marché de l'Europe, le pétrole pourrait être vendu à Paris 20 centimes le litre, au lieu de 70 centimes au détail et 60 centimes en gros. Hors Paris, il se vend en gros 40 centimes.

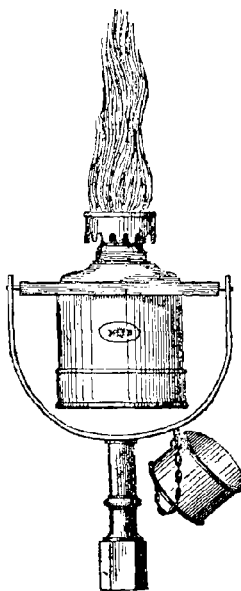
La suppression des droits ramènerait le prix de la *Carcel-heure* à moins de 1 centime. Actuellement, au contraire, en admettant une consommation de 40 grammes à l'heure par Carcel et le prix de 70 centimes (petit détail) par litre ou par 800 grammes, la dépense par heure est de 0 fr. 035.

Le prix du petit détail est naturellement augmenté par les droits de douane et les octrois, car le commerçant établit son prix de vente d'après le prix de revient. Mais ce qui est intéressant à constater, c'est qu'à Paris ceux qui se servent du pétrole, pauvres

ou riches, payent à l'État et à la Ville, 0 fr. 0175 pour une heure d'éclairage.

Si l'on suppose une famille où l'on veille en moyenne pendant vingt-cinq jours par mois et pendant quatre heures, ce qui n'a rien d'anormal, on voit, par ce qui précède, qu'elle paye 21 francs de droits par an, pour une seule lampe à pétrole.

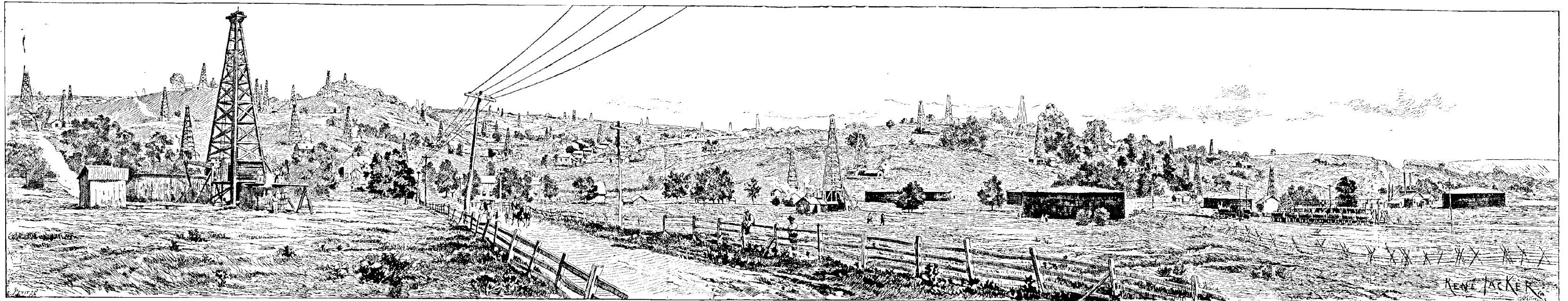
Nous n'insisterons pas davantage sur l'énormité de ces taxes. Il n'est pas probable que le gouvernement songe à les abaisser, car elles constituent une source importante de revenu pour le trésor. Nous exprimerons seulement un vœu : c'est qu'on diminue les droits d'octroi qui grèvent le consommateur de la capitale, et pèsent surtout sur la classe ouvrière.



D'APRÈS LE PANORAMA DU PÉTROLE

ÉDIFIÉ POUR L'EXPOSITION DE 1889

Vue d'un district pétrolifère en Pensylvanie



Puits jaillissant.

Route de Canonsburg
à Washington.

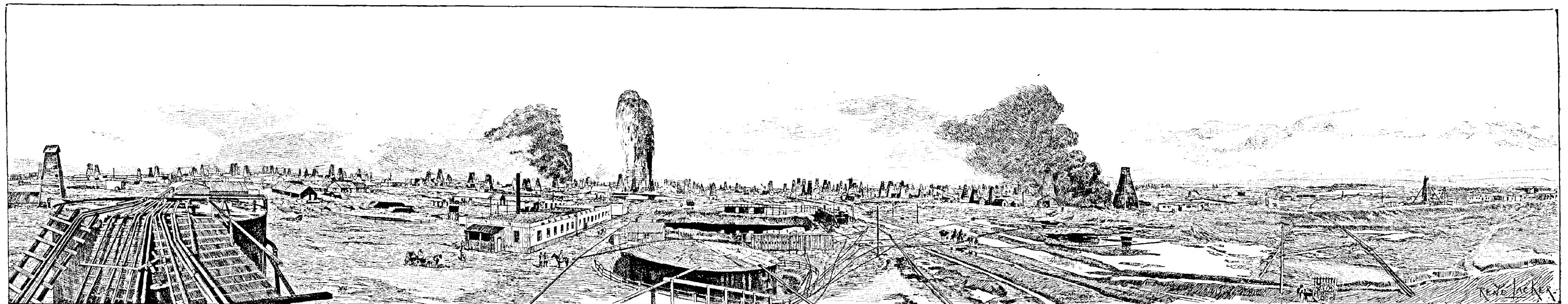
Réservoirs à pétrole.

Chartiers railroad.

Station de remplissage des wagons-citernes.

Station de Pipe-Lines.

Vue du district pétrolifère du plateau de Balakane, près Bakou (Caucase)



Puits abandonné
Chibaef et C^o.

Conduite de tuyaux
du réservoir de naphte.

Installation Nobel frères.

Village de Balakané.
Station de pompage
de la Société de Bakou.

Fontaine de naphte en feu.

Puits jaillissant.
Réservoirs de naphte.

Puits de la Société commerciale et industrielle de naphte
mer Caspienne et mer Noire
(Société Bnito).

Incendie d'un bassin de naphte.
Route de Mochtaghi.

Flaques de naphte.

Village et station de chemin de fer
de Sabountchy.

Conduite de tuyaux
allant à Bakou
(80 kilomètres).

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE.

NOTIONS GÉNÉRALES.

	Pages.
CHAPITRE I ^{er} . — Géologie	5
Théories relatives à l'origine du pétrole	6
Formation organique	7
Formation chimique	11
Formation volcanique	15
Position des sources de pétrole dans l'échelle géologique	19
Constitution des amas de pétrole	22
 CHAPITRE II. — Géographie	 24
États-Unis	24
Canada	32
Antilles	33
Amérique du Sud	34
Asie et Océanie	35
Égypte	38
Europe	38
 CHAPITRE III. — Notions historiques	 50
Commencements du pétrole	50

	Pages.
États-Unis	52
Russie	60
Turkestan	66
Galicie	67

DEUXIÈME PARTIE.

EXPLOITATION DES GISEMENTS.

Méthode générale	71
ÉTATS-UNIS. — Sondage des puits	71
Outils de forage	75
Forage des puits	78
Dispositions générales d'un puits en service	85
Transport du pétrole	88
CAUCASE. — Forage et exploitation des puits	100
GALICIE. — Exploitation de l'ozokérite	106
Exploitation du pétrole	110

TROISIÈME PARTIE.

PHYSIQUE ET CHIMIE. — TECHNOLOGIE.

CHAPITRE I ^{er} . — Propriétés physiques et chimiques du pétrole	115
---	-----

§ I^{er}. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

Observations générales	115
État naturel. — Odeur. — Couleur	115
Indice de réfraction	116
Action de la chaleur et du froid	117
Densité. — Coefficient de la dilatation	117
Viscosité	119

TABLE DES MATIÈRES.

311

	Pages.
Chaleur spécifique et chaleur latente.	120
Tension des vapeurs	121
Fractionnement par la chaleur.	122
Pouvoir calorifique.	128

§ II. — ÉTUDE CHIMIQUE DES HUILES MINÉRALES.

Considérations générales	129
Série forménique.	132
Série éthylénique ou famille des oléfines	132
Série acétylénique	135
Série aromatique.	135
Réactions pyrogénées.	136

§ III. — LES HUILES MINÉRALES EN GÉNÉRAL.

Composition et propriétés.	136
Teneur en carbone et hydrogène.	138
Teneur en oxygène.	139
Teneur en azote	141
Teneur en soufre.	141
Combinaisons diverses	142

§ IV. — ACTION DE LA CHALEUR.

Produits de la distillation.	142
--------------------------------------	-----

§ V. — ÉTUDE PARTICULIÈRE DES HUILES MINÉRALES,
SUIVANT LEUR PROVENANCE.

Huile minérale d'Amérique	146
Huile minérale de Galicie.	149
Huile minérale de Russie	150

§ VI. — ESSAI DES HUILES MINÉRALES.

Qualités générales	153
Degré de concentration.	153

	Pages.
Fluidité	154
Capillarité	155
Couleur	155
Essai du froid	157
Point d'inflammabilité	157
Essai des huiles pour machines	165
Vérification de la persistance de l'action lubrifiante	174
Essai relatif à la neutralité	175
Essai relatif à la consistance	175
CHAPITRE II. — Technologie du pétrole	176
Problème industriel. — But du raffinage.	176
§ I^{er}. — TRAITEMENT DES PÉTROLES AMÉRICAINS.	
Dispositions générales des raffineries	177
Réception et emmagasinage des pétroles bruts	178
Chaudières	179
Distillation dans le vide	182
Condenseurs	184
Extraction des huiles lampantes	185
Épuration. — Traitement chimique	187
Réservoirs de repos	193
Traitement de la benzine	195
Résidus de la première distillation	196
Traitement du résidu liquide	196
Traitement des huiles à paraffine	197
Huiles de graissage	202
Huiles de machines	203
Huiles neutres	204
Description d'un établissement de distillation	204
Raffinage du pétrole et de ses dérivés dans un établissement européen	208
Rendements industriels	211
§ II. — TRAITEMENT DES HUILES RUSSES.	
Fabrication des huiles lampantes au moyen du naphte de Bakou	214
Épuration chimique	214

TABLE DES MATIÈRES.

313

	Pages.
Utilisation des produits légers distillés.	216
Fabrication des huiles de graissage au moyen du naphie de Bakou . . .	217
Distillation	218
Épuration	219

QUATRIÈME PARTIE.

APPLICATIONS.

CHAPITRE I^{er}. — Éclairage.	221
Produits et sous-produits employés à l'éclairage.	221
Éclairage à l'essence minérale.	221
Éclairage à l'huile de pétrole. — Des lampes en général.	223
Description des lampes à pétrole.	233
Éclairage des villes.	239
Comparaison de l'éclairage au pétrole et des autres modes d'éclairage. .	241
Emploi des vapeurs d'essence ou de gazoline à l'éclairage	244
Gaz à l'eau carburé.	247
Utilisation des huiles lourdes pour l'éclairage.	248
CHAPITRE II. — Chauffage au pétrole	255
Appareils de chauffage domestique.	255
Appareils de chauffage pour les laboratoires.	258
Chauffage industriel au pétrole.	260
Chauffage des foyers de locomotives et des chaudières marines.	266
Chauffage des fours d'établissements métallurgiques.	278
Fabrication de l'acier.	280
CHAPITRE III. — Production de la force motrice.	283
Moteurs.	283
CHAPITRE IV. — Graissage	288
Emploi des huiles minérales.	288
CHAPITRE V. — Applications industrielles diverses.	294
Emploi du pétrole contre les corrosions des chaudières à vapeur	294

	Pages.
Anti-rouille	296
Encimage de la laine cardée.	297
Fabrication des tissus caoutchoutés	298
Imperméabilisation des tissus	298
Vernis et couleurs	298
Teinture.	298
Dégraissage	300
Parfumerie.	300
Imprimerie.	300
Photographie.	300
Insecticide.	301
Action physiologique	302
Vaseline.	303
Des droits qui frappent le pétrole.	307

Paris. — MAY & MOTTEBOZ, Lib.-Imp. réunies.
7, rue Saint-Benoit.
