

ÉCLAIRAGE

PAR

L. GALINE

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

ET

B. SAINT-PAUL

CONDUCTEUR MUNICIPAL

CHEF DU SERVICE TECHNIQUE DE L'ÉCLAIRAGE DE LA 1^{re} SECTION DE PARIS

PARIS

V^{ve} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES CHEMINS DE FER

49, Quai des Grands-Augustins, 49

—
1898



VIII

COMITÉ DE RÉDACTION

- BONNET** Conducteur des Ponts et Chaussées, Service Municipal (Eclairage), Professeur à la Société de Topographie de France.
- BOSRAMIER** Conducteur principal des Ponts et Chaussées en retraite.
- DARIÈS** Conducteur Municipal (Service des Eaux), Licencié ès Sciences, Professeur à l'Association philotechnique.
- DECRESSAIN** Contrôleur principal des Mines, Professeur à l'École d'Horlogerie.
- EYROLLES** Conducteur des Ponts et Chaussées, Professeur de Mathématiques appliquées, Membre de la Société des Ingénieurs civils de France.
- HALLOUIN** Inspecteur particulier de l'Exploitation commerciale des Chemins de fer.
- MALETTE (G.)** Conducteur des Ponts et Chaussées (Service ordinaire et vicinal de la Seine).
- A.-H. PILLIET (D^r)** Ancien interne, Lauréat des Hôpitaux, Chef du Laboratoire de Clinique chirurgicale de La Charité.
- PRADÈS** Rédacteur au Ministère de l'Agriculture, Professeur à l'Association philotechnique.
- REBOUL** Contrôleur des Mines (Service des appareils à vapeur).
- REVELLIN** Contrôleur des Mines.
- ROTTÉE** Conducteur principal des Ponts et Chaussées (Service ordinaire et vicinal).
- SIMONET** Conducteur des Ponts et Chaussées, Service municipal (Voie Publique).
- SAINT-PAUL** Conducteur Municipal, Chef du Service de l'Eclairage de la 1^{re} section de Paris, Secrétaire adjoint de la Société de Topographie de France, Professeur à l'Association polytechnique, Vice-Président de l'Association amicale et de prévoyance des Employés municipaux de la Direction des Travaux de Paris.
- WALLOIS** Conducteur principal des Ponts et Chaussées, Service municipal (Voie publique), Professeur à l'Association polytechnique.
-

ÉCLAIRAGE



CHAPITRE I

ÉCLAIRAGE A L'HUILE VÉGÉTALE

§ 1. — FABRICATION

1. **Graines oléagineuses.** — Le nombre des plantes oléagineuses est assez considérable, mais quelques-unes seulement fournissent de l'huile propre à l'éclairage. Parmi les plus employées, il convient de citer l'huile de colza et de navette, accidentellement celles d'œillette, de chanvre, de coton.

Le *colza* est une variété de chou assez cultivé dans le Nord de la France. La graine, ronde, noire et lisse, est seule utilisée à la fabrication de l'huile ; il y en a un assez grand nombre d'espèces. Les plus importantes sont : le colza guzerat et le colza brun des Indes. La plante se sème en août ; la récolte a lieu en juillet et atteint 30 à 40 hectolitres par hectare.

La graine du chou-rave ou du navet donne l'huile de *navette*. On laisse la plante se développer pour que tous les éléments importants s'accumulent dans la graine plus claire que celle du colza et tirant sur le jaune. On peut faire deux semis au printemps ou en automne ; ce dernier est préférable à cause du rendement. La majeure partie de ces graines est fournie par les Indes et la vallée du Danube.

Les terrains maigres conviennent particulièrement à ces plantes oléagineuses ; un temps sec leur est favorable, la pluie trop abondante les empêche de mûrir. Les graines,

séparées de la plante, sont conservées en tas ; il faut avoir soin de les agiter assez souvent.

L'huile est renfermée dans l'embryon, ou germe ; une enveloppe en cellulose la protège de l'air et assure sa conservation ; à l'intérieur, le liquide est contenu dans de petites cellules qu'il faut briser ; une partie s'échappe directement par égouttage, l'autre s'extrait par pression, elle est alors mélangée à d'autres substances qui la troublent. Plus la graine est sèche, plus l'huile est pure. Pour $\frac{1}{3}$ ou $\frac{2}{5}$ d'huile, la graine renferme $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ de substances albuminoïdes, $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{5}$ de matières sucrées, et le reste en cendres et eau.

2. Extraction par compression. — *Broyage.* — La fabrication de l'huile se fait dans des moulins spéciaux, ou *tordoirs*. Cette industrie, très ancienne, n'a pas tardé à employer la vapeur comme force motrice.

On évalue généralement à 15 ou 16 chevaux la puissance nécessaire pour produire 3.000 kilogrammes d'huile en vingt-quatre heures, soit 8 à 9.000 kilogrammes de graines traitées. Quelques usines très importantes arrivent à 100 chevaux correspondant à une fabrication de 25.000 kilogrammes d'huile lampante en vingt-quatre heures, soit 60.000 kilogrammes de matière première.

Les graines, avant de subir toute préparation, sont débarrassées des corps étrangers ; ce nettoyage se fait au tarare ordinaire. L'extraction de l'huile par compression comporte deux opérations : 1° bris de l'enveloppe des cellules ; 2° compression pour chasser la partie liquide. Un seul traitement ne suffit pas pour extraire tout le liquide, il faut répéter plusieurs fois la série des opérations ; le premier tour porte le nom de *froissage*, les autres celui de *rebat*.

Pour écraser la graine, on employait primitivement des pilons de 50 kilogrammes environ tombant de 0^m,60. Le concassage est obtenu actuellement en faisant passer la graine entre deux cylindres inégaux en acier disposés horizontalement, ayant, le petit 0^m,30 de diamètre, le grand 0^m,75 ; leur longueur est de 0^m,40. Ils tournent avec des vitesses inégales voisines de 60 tours par minute ; le plus souvent le petit cylindre est entraîné par frottement. L'écartement entre les

ÉCLAIRAGE A L'HUILE VÉGÉTALE

génératrices de contact est variable, les paliers du petit lindre pouvant se déplacer horizontalement. On règle ainsi la pression différente avec chaque variété de graines. Avec une puissance de 2^{ch},5 à 2^{ch},75, suivant l'espèce de graines, on arrive à traiter 5 à 6 hectolitres en dix heures.

Un autre broyeur très répandu est le *moulin de broyage*, ou *tordoir*. Il est formé par deux meules verticales en granit d'environ 2^m,25 de diamètre sur 0^m,40 de large, pesant 7 à 8.000 kilogrammes. Ces deux meules, ou valseuses, tournent à raison de 20 à 25 tours par minute, autour d'un axe vertical, à des distances un peu différentes. L'arbre vertical, en bois ou en fonte, qui entraîne les meules dans son mouvement de rotation, est muni d'un renflement percé à jour dans lequel passe l'arbre horizontal des meules dont le diamètre varie de 60 à 90 millimètres. Cet assemblage permet à ces dernières de se soulever lorsque la résistance à vaincre est par trop considérable.

Les meules se déplacent sur une meule dormante ou lit de 1^m,75 à 2 mètres de diamètre, d'une épaisseur de 40 millimètres et placée à 0^m,50 du sol. Le plus souvent, le dessus de la sole est formé par une plaque en fonte. Pour ramener constamment la matière sous les meules, entre ces dernières et tournant avec elles, on installe deux racles supportées par un cadre métallique.

Lorsque l'opération est terminée, au bout d'une demi-heure environ pour 100 kilogrammes de graines, ayant nécessité une puissance de 2^{ch},75, on retire la pâte en ouvrant une trappe sur le côté de la meule dormante; un rabot ramasseur, qu'on abaisse alors, la fait tomber par cette ouverture.

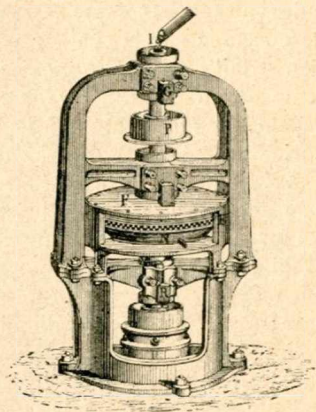


FIG. 1. — Broyeur Hignette.



ÉCLAIRAGE

On emploie également avec succès le *broyeur à force centrifuge Hignette* (fig. 1). Il est constitué par deux plateaux horizontaux N de forme tronconique et tournant en sens inverse à des vitesses différentes dans des paliers G et R. Chaque plateau est pourvu de broches concentriques disposées de telle façon que celles d'un plateau correspondent aux intervalles des broches de l'autre. Il y a un arbre spécial avec poulie pour chaque plateau; celui du plateau supérieur est creux, formant ainsi canal d'amenée I de la graine. Dans le mouvement de rotation de l'appareil, la graine est chassée par la force centrifuge du centre vers la périphérie et se brise au contact des broches. La pâte est retirée par une vanne latérale ménagée dans une cuve en tôle entourant les plateaux et munie d'un couvercle F. Avec une puissance de 2^{ch},5 on traite 100 kilogrammes de graines à l'heure.

Chauffage. — Avant d'être soumise à la compression, la pâte doit être chauffée. L'huile, en effet, se trouve mélangée à des substances comme l'albumine et la légumine qu'il suffit de coaguler par la chaleur pour s'en débarrasser. L'opération se fait dans des chauffoirs de froissage. Ces appareils, en fonte ou en cuivre peuvent être chauffés à feu nu ou à la vapeur. La température à laquelle doit être portée la pâte varie de 50° à 55°.

Les chauffoirs à *feu nu* sont formés par une table horizontale de 2 millimètres d'épaisseur environ placée au-dessus du foyer. La pâte est maintenue latéralement par un cercle mobile en tôle; un agitateur mécanique, ou *mouvet*, monté sur un arbre vertical, permet de la remuer pendant le chauffage; le nombre de rotations est de 30 à la minute. Pour retirer la pâte, il suffit de faire glisser le cercle de manière à la faire tomber dans une trémie sur le devant du four.

Pour le chauffage à la *vapeur* la pâte est enfermée dans un réservoir cylindrique à double paroi. La vapeur est amenée à la partie inférieure du cylindre et se répand ensuite entre les parois. Il faut compter 1 mètre carré de surface de chauffe pour 100 kilogrammes de matière broyée; la consommation de vapeur à 110° est alors de 13 kilogrammes.

Enfin, depuis quelque temps, on se sert d'un système de chauffage continu dû à M. Villon. L'appareil (fig. 2) est constitué par une auge demi-cylindrique A disposée dans une caisse à double fond B, C. Elle est traversée dans le sens de la longueur par une vis d'Archimède P ; entre les deux parois du fond, on fait circuler la vapeur. Le fonctionnement est fort simple : la pâte, introduite à l'une des extrémités de l'auge E par une trémie, est

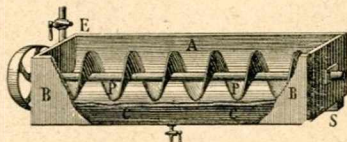


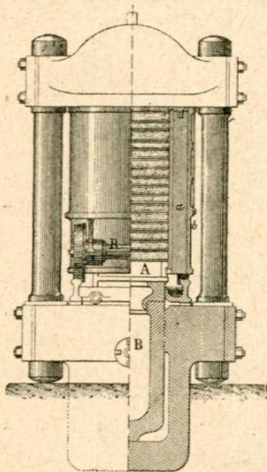
FIG. 2. — Chauffage continu à la vapeur.

prise par la vis qui tourne à raison de un tour à la minute, et transportée à l'autre extrémité S munie d'une vanne de décharge. D'après M. Villon, avec une vis de 0^m,40 de diamètre d'un pas de 0^m,30, on peut chauffer par heure 3 hectolitres à 60°. Pour 100 kilogrammes de colza la consommation de vapeur à 110° est de 10 kilogrammes.

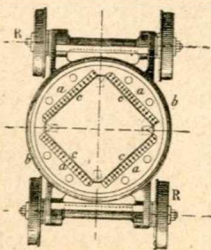
Presses. — A sa sortie du chauffoir la pâte est reçue dans une sorte de serviette en crin ou fil. Un cadre métallique entoure la matière enfermée dans cette enveloppe filtrante; chaque cadre en contient 15 à 16 kilogrammes; les sacs (*scourtins* ou *êtreindelles*) sont alors soumis à l'action des presses. En général, chaque presse est en deux parties comportant chacune la moitié des cadres; pendant qu'une moitié est sous pression, un ouvrier prépare l'autre; le travail est ainsi continu. Cette première compression, dont l'énergie croît de 50 à 200 atmosphères, donne l'huile de première qualité.

La pâte n'ayant abandonné qu'une partie de son huile, on lui fait subir à nouveau la série des opérations précédentes; ce second traitement constitue le *rebat*. Les graines, agglomérées sous forme de tourteaux, subissent un broyage dans une machine composée de deux cylindres dentés, puis elles repassent sous le tordoïr et sont renvoyées au chauffoir; toutefois la durée de ce chauffage n'est plus que la moitié de celle du froissage. On les soumet ensuite à une nouvelle compression.

L'opération du rebat peut se répéter plusieurs fois, mais l'action des presses doit être de plus en plus énergique au fur et à mesure que la pâte s'épuise. Au début, on employait les presses à coins; elles ont été remplacées depuis par la presse hydraulique avec une modification spéciale pour le traitement des huiles, qui consiste à remplacer le plateau ordinaire par une série de plateaux superposés. Chaque plateau forme piston pour celui du dessus, et matrice pour le



plateau inférieur. Les sacs sont placés sur les pistons; ils sont retenus latéralement par les parois de la matrice. Ces parois sont inclinées de manière à pouvoir retirer facilement les sacs écrasés en les poussant par le plus petit côté. Quand on enlève la pression, tous les plateaux descendent l'un après l'autre; ils sont arrêtés par des clavettes en fer méplat engagées dans des mortaises pratiquées sur les montants de la presse. On maintient ainsi l'écartement nécessaire, tout en assurant le guidage des plateaux. La pression par centimètre carré varie de 150 à 200 et 300 kilogrammes (Voir *Machines hydrauliques*).



Le liquide provenant de ces diverses opérations est mélangé et constitue l'huile de deuxième qualité. Le rebat ne donne guère environ que le tiers de la quantité d'huile obtenue au froissage.

On a imaginé d'autres appareils de pression, parmi lesquels il convient de citer le *compresseur Tollin* (fig. 3). Il comporte quatre

Fig. 3. — Compresseur Tollin.

segments en fonte *a*, rabotés sur leur face plane interne et

tournés extérieurement. Ils sont entourés d'un manchon en acier coulé alésé intérieurement. Sur les faces planes on dispose une série de barrettes en acier doux, formant surface filtrante. A l'intérieur de ce parallépipède dans lequel on introduit la pâte, se meut un piston compresseur rectangulaire A actionné directement par le piston de la presse B. Le compresseur, monté sur un chariot R, se déplace sous des presses différentes dont l'action peut varier de 80 à 500 kilogrammes par centimètre carré. Une d'elles, dite presse de préparation, sert au chargement et au déchargement du compresseur. La pâte broyée est disposée en couches horizontales séparées par une étoffe filtrante et une plaque de tôle. On peut éviter l'emploi du chauffoir en faisant circuler autour du manchon, muni alors d'une chemise en tôle, un jet de vapeur. Cet appareil est très avantageux au point de vue de la rapidité des opérations; de plus, il supprime l'emploi des scourtins. Il est vrai que les filtres-presses, dont l'usage commence à se répandre, ont aussi cet avantage qui entraîne une économie importante.

3. Extraction par les dissolvants. — Certaines substances volatiles, comme le sulfure de carbone, l'éther de pétrole, la benzine, dissolvent l'huile des graines sans toucher aux autres matières. On comprend aisément le procédé de fabrication qui en résulte: faire absorber l'huile en mélangeant le dissolvant à la graine, séparer le liquide des matières solides et, finalement, chauffer le liquide pour évaporer le dissolvant que l'on recueillera en vue d'une seconde opération. On obtient ainsi de l'huile parfaitement pure.

L'appareil se compose (*fig. 4*) d'un vase A à double fond dans lequel on met la graine ou les tourteaux. Du réservoir R on fait couler par le tube L le sulfure de carbone. La vapeur arrive par H dans le double fond et porte la masse à l'ébullition. Les vapeurs produites se dégagent par K pour se condenser dans le serpentin B et tomber dans le réservoir R. Le liquide chaud de A descend par *a* dans le récipient C chauffé également par un serpentin de vapeur S arrivant par *b* dont l'eau condensée s'écoule par *d*. Du récipient C le sulfure de carbone vaporisé se rend par M dans le

serpentin B. On peut injecter directement de la vapeur dans le liquide par l'orifice O pour chasser les dernières traces du dissolvant. On retire le liquide gras par le robinet U. Le dissolvant condensé en B se recueille en R, d'où il pourra servir à une seconde opération; R est muni d'un trou d'homme, d'un tube de niveau et d'un robinet d'introduction. La matière épuisée s'enlève par le trou de vidange D.

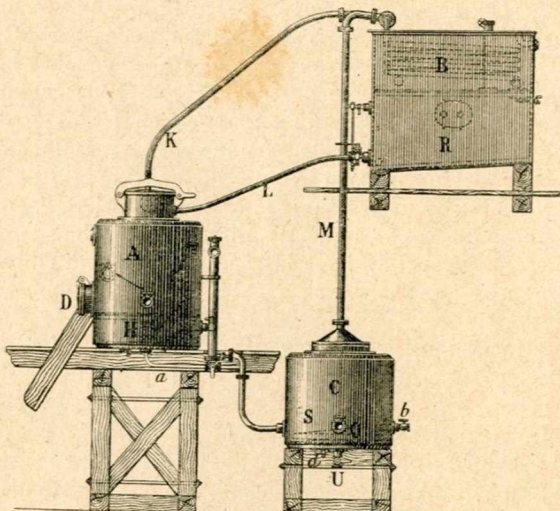


FIG. 4. — Extraction par les dissolvants.

Dans le cas des huiles lampantes ce procédé ne s'applique pas complètement. Il est en effet très difficile de réduire la graine en poudre assez fine pour en extraire toute l'huile. On emploie alors un moyen mixte qui consiste à faire subir à la graine la préparation ordinaire, de manière à obtenir l'huile de première pression, puis à traiter les tourteaux par le sulfure de carbone. On arrive ainsi à retirer toute l'huile à 1 ou 2 0/0 près; les cellules ont été tellement broyées qu'on a alors le mélange intime si difficile à avoir au début. L'huile ainsi préparée est très pure, bien qu'un peu plus colorée.

On peut parvenir à avoir des tourteaux indemnes de goût et de toute odeur à la condition d'enlever tout le sulfure de carbone.

4. Épuration. — L'huile n'est pas livrée directement au commerce ; elle renferme des corps étrangers dont il faut la débarrasser. Après un premier lavage à l'eau, favorisé par une agitation continue, l'huile décantée est soumise à l'action de l'acide sulfurique dans la proportion de 5 à 0,5 0/0, suivant que l'on opère à froid ou à chaud. Le mélange est agité vivement. Au début, quand on verse l'acide lentement par fraction, le liquide prend une couleur verdâtre, puis il devient brun pour finir noir. Le traitement à chaud doit se faire à une température de 60 à 70° ; il a lieu dans des cuves en bois revêtues de plomb. Lorsque la couleur noire apparaît, on laisse reposer le liquide pendant vingt-quatre heures, puis on introduit par hectolitre d'huile 30 litres d'eau tiède. On agite pendant une demi-heure et on fait écouler le mélange dans un endroit où la température est d'environ 20 à 25°. Au bout de six à huit jours, on observe que la masse est partagée en trois couches : la première est de l'huile pure qu'on soumet ultérieurement au filtrage ; la seconde est formée par un liquide impur que l'on conserve à part et dont on finit par retirer une certaine quantité d'huile ; la troisième couche ne contient guère que de l'eau chargée d'acide sulfurique et de la matière mucilagineuse carbonisée.

Filtrage. — Les filtres sont constitués par de grands réservoirs cylindriques de 7 à 8 mètres de profondeur. Vers le milieu, ils sont munis d'un plancher à claire-voie sur lequel repose de la laine recouverte de sciure de bois. L'huile se filtre en traversant ces diverses substances. La durée de l'opération est très variable, elle dépend de la plus ou moins grande compression de la sciure ; on compte en moyenne 200 kilogrammes d'huile par mètre cube de sciure.

Blanchiment. — Le blanchiment peut être réalisé par la lumière : dans un bassin en tôle de 4 mètres de long sur 3 de large et 0,30 de hauteur on verse de l'eau jusqu'aux deux tiers de la hauteur : cette eau doit pouvoir être

échauffée par un tuyau de vapeur ; on verse ensuite de l'huile sur une hauteur de 0,05 ; après une quinzaine d'heures la décoloration est achevée.

On peut encore obtenir le blanchiment des huiles par la chaleur ; on emploie à cet effet des cuves portant un agitateur mécanique. Ces cuves sont chauffées à 110° ; puis le chauffage est remplacé par une injection de vapeur à 2 atmosphères pendant dix heures environ.

5. Propriétés. — L'huile épurée est un liquide jaunâtre, transparent, onctueux au toucher et sans saveur. Sa densité varie avec son origine ; celle du colza pèse de 0,9136 à 0,9147, et l'huile de navette atteint 0,9178. Elle se solidifie à basse température : — 6° pour l'huile de colza, — 3°, 7 pour celle de navette. Fortement chauffée, elle reste fixe, jusqu'à une température voisine de 300° ; au delà, elle se décompose en donnant des carbures éclairants. Elle est très dilatable par la chaleur, ce qui explique le coulage des fûts

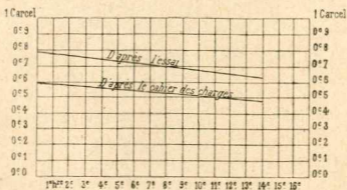


FIG. 5. — Essai photométrique d'une huile.

pendant l'été. Le coefficient de dilatation de l'huile de colza est 1/1120.

Au contact de l'air elle en absorbe l'oxygène qui diminue sa fluidité et la rancit ; elle prend alors une couleur verdâtre. Insoluble dans l'eau, elle s'unit avec facilité aux essences et aux autres huiles de nature différente, formant avec elles des mélanges intimes.

ÉCLAIRAGE A L'HUILE VÉGÉTALE



Les caractères physiques sont trop peu différents d'une huile à l'autre pour pouvoir en fixer la nature, d'autant plus qu'on les mélange toujours entre elles. Plusieurs réactifs ont été essayés (permanganate de potasse, acide sulfurique), mais sans grand succès. En ce qui concerne l'éclairage, on se contente de déterminer la densité, puis le pouvoir éclairant au photomètre. L'huile essayée dans une lampe spéciale doit donner à des intervalles déterminés une puissance lumineuse fixée par la pratique, comme l'indique la courbe de la figure 5, se rapportant à l'essai d'une lampe bec rond de la Compagnie du chemin de fer du Nord. A l'essai, elle donne 0^{canc} ,8; au bout de dix heures, 0^{canc} ,68, et finalement 0^{canc} ,63; la densité est de 0,913. Il suffit alors de comparer ces résultats à ceux fournis par l'huile type.

6. **Résidus.** — Les résidus de la fabrication sont au nombre de trois : les *tourteaux*, les *fèces* et les *eaux acides*.

CHAPITRE II

TRAITEMENT DES HUILES MINÉRALES

§ 1. — EXPLOITATION DES GISEMENTS

11. Gisements. — Le pétrole, ou huile de pierre, se rencontre en quantité variable à peu près sur toute la surface du globe. Il existe sous trois formes distinctes : à l'état de liquide très volatil (huile de naphte), de liquide stable à la température ordinaire (pétrole proprement dit), et enfin à l'état semi-solide ou complètement solide (asphalte).

Il y a deux grands centres de production : les États-Unis et la Russie. Les dépôts se trouvent plus particulièrement dans le voisinage des grandes montagnes, le long des arêtes principales des monts Alleghanys en Pensylvanie et du Caucase. De 1839 à 1873, la Pensylvanie a fourni presque totalement le pétrole employé ; la majeure partie provenait du bassin de Bradford, de la contrée de Crawford et de la vallée de l'Oil-Creek. Depuis, d'autres États, ceux de l'Ohio, de la Virginie-Ouest, du Colorado, ont apporté un contingent important. Tout le pétrole d'Amérique est constitué par de l'huile de naphte ; quelques gisements donnent même du gaz naturel en quantités considérables (gaz naturel de Pittsburg). Le forage des puits atteint des profondeurs importantes, 200 à 300 mètres.

Au contraire, les gisements du Caucase sont plus riches en huiles lourdes. La partie la plus productive se trouve dans la presqu'île d'Apchéron sur la Caspienne, dont le centre est le port de Bakou. Sur une surface de 1 kilomètre carré on rencontre plus de 400 puits. La profondeur moyenne de ceux-ci est de 150 mètres seulement. L'exploitation des pétroles russes s'est surtout développée depuis 1872.

On trouve du pétrole le long des Karpathes, en Roumanie et en Galicie ; la couche est très riche en huile lampante, mais les puits de cette région s'épuisent très vite. L'Allemagne renferme quelques gisements peu importants. En Alsace, il convient de citer la concession de Pechelbronn. En France, en dehors de la fontaine de Gabian (Hérault), il n'y a guère que les dépôts d'asphalte d'Autun et d'Alais et les calcaires bitumineux de l'Ain.

12. Extraction aux États-Unis. — Le forage des puits aux

États-Unis se fait au moyen d'un outil de forage ou trépan suspendu à l'extrémité d'un câble qu'on laisse tomber d'une certaine hauteur pour désagréger la roche. Cet outil de forage est en plusieurs pièces en acier assemblées entre elles ; l'ensemble pèse près d'une tonne. Le câble peut s'enrouler autour d'un treuil pendant l'ascension ; il suffira ensuite de le laisser se dérouler sous son propre poids pour produire le choc. On procède ainsi pour le sondage, c'est-à-dire sur 80 mètres de profondeur environ. Le treuil est ensuite remplacé par un balancier, à l'extrémité duquel on attache le câble *a* par l'intermédiaire d'une vis *b* avec griffes *c* dont l'avancement progressif, au moyen du volant *v*, permet la descente lente du trépan (*fig. 11*).

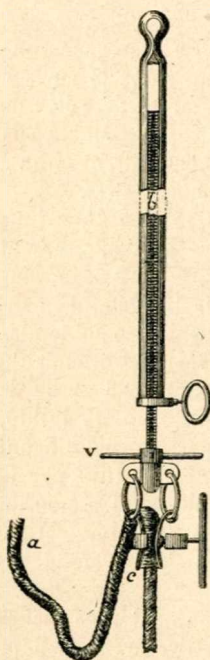


Fig. 11. — Avancement du câble.

La roche, en se brisant, produit des débris qu'on enlève au moyen de la pompe à sable, qui n'est autre qu'un cylindre en fer muni dans le bas d'une soupape à tige. Cet outil de curage s'enroule autour d'un second treuil spécial. En laissant tomber la pompe,

la tige de la soupape heurte le fond, se soulève, et le tube se remplit des débris qu'il est facile de remonter ensuite.

Au fur et à mesure de l'avancement du forage, il est nécessaire de maintenir les parois : on se sert de tubes métalliques qu'on enfonce au moyen d'un mouton, en ayant soin de protéger la tête des tubes par un chapeau en fer.

Lorsqu'on est arrivé au gisement pétrolifère, pour retirer le trépan, il suffit de remplacer le balancier par le treuil de sondage qui sert à enrouler tout le câble. Tous ces appareils sont mus par la vapeur au moyen de transmissions souples. Il faut compter pour un forage sur une puissance de 12 à 13 chevaux. Les diverses poulies de renvoi sont placées sur un échafaudage en bois ou derrick (fig. 12), établi d'une façon très sommaire.

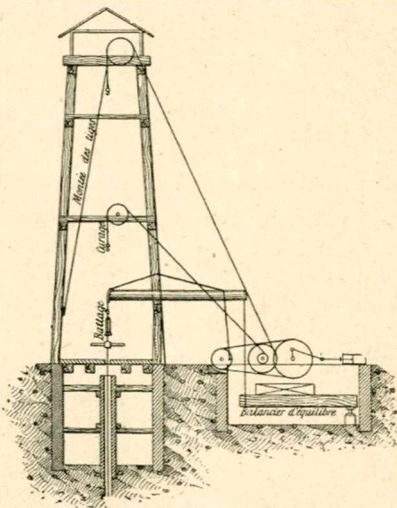


FIG. 12. — Derrick.

Le diamètre des puits à l'orifice varie de 1^m,50 à 2 mètres, il va sans cesse en diminuant jusqu'à la nappe liquide où il atteint quelques centimètres seulement ; quant à la profondeur qui constitue l'élément important de la dépense, elle atteint parfois 600 mètres, la moyenne étant de 300 mètres.

Souvent le trépan se brise dans le puits, et il devient impossible de le retirer : l'opération est à recommencer. D'autres fois, au lieu d'une roche dure et résistante, on rencontre une nappe d'eau. Pour empêcher l'infiltration, au point de séparation des couches de terrain, on termine le tubage soit par un joint à la graine de lin qui n'est autre qu'une poche pleine de graines formant en se dilatant joint étanche, soit au moyen d'un bourrelet en cuir muni d'un

manchon mobile que la pression de l'eau appuie contre la paroi (fig. 13).

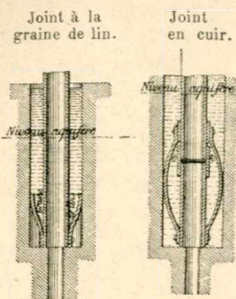


FIG. 13. — Infiltration d'eau.

une série de tuyaux en bronze, ne mesure que quelques centimètres de diamètre, 5 à 6 : il se loge à l'intérieur du puits. Le piston est constitué par des rondelles en cuir (fig. 14); il porte en son milieu une soupape à boulet pour le refoulement; la soupape d'aspiration se trouve établie dans les mêmes conditions au bas de la pompe. On ferme complètement l'orifice supérieur du puits en ayant soin de ménager une conduite spéciale pour l'échappement des gaz combustibles, un deuxième tuyau sert à l'écoulement de l'huile. Le mouvement du piston est obtenu avec le balancier.

Quand le débit vient à diminuer, on peut essayer de l'augmenter en disloquant la roche au moyen de cartouches de dynamite. Elles sont formées par des tubes d'étain remplis de nitroglycérine que l'on descend dans le trou du sondage; il suffit de laisser tomber dessus une masse de fonte pour produire l'explosion. On peut arriver ainsi à

Lorsqu'on arrive au gisement, l'huile peut s'échapper sous forme de gerbe jaillissante atteignant plusieurs mètres de hauteur; on la recueille alors dans des bassins établis à la hâte. Une fois cette éruption passée, comme du reste dans la plupart des cas, il faut recourir à des pompes pour aspirer le liquide. Le corps de pompe,

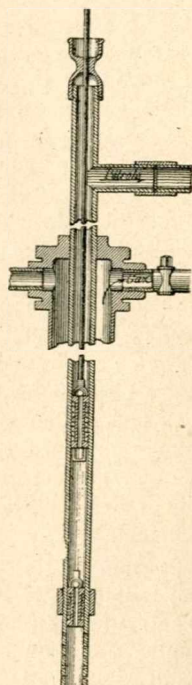


FIG. 14. — Pompe élévatrice.



augmenter pour quelque temps le débit de la source de pétrole. Il faut avoir soin de remblayer avec du sable les puits asséchés pour empêcher leur envahissement par les eaux.

13. Extraction au Caucase. — Le procédé à la corde ne saurait être employé au Caucase, car l'outil de forage, par suite de l'inclinaison des couches du terrain, serait dévié. Le sondage se fait donc au moyen de tiges rigides assemblées entre elles. Elles sont attachées à leur partie supérieure au balancier par l'intermédiaire d'un crochet à anneau tournant. Il est très facile, au fur et à mesure du forage, d'ajouter de nouvelles tiges sans avoir à remonter tout le système. Le diamètre à l'origine n'est que de quelques centimètres, 0^m,25 à 0^m,42 ; il est vrai que la profondeur est moindre que précédemment : le plus souvent 200 mètres, rarement 300. Le tubage, au contraire, est plus important en raison de la facilité d'éboulement des couches de sable que l'on rencontre ; les tubes mesurent 2 mètres de long et 3 à 5 millimètres d'épaisseur.

Le dégagement de l'huile se faisant presque toujours avec violence, on utilise pour le régulariser un robinet-vanne ou *kalpack*. Il consiste essentiellement en un tronçon de tube en fonte muni d'un clapet à tiroir manœuvré horizontalement au moyen d'une tige extérieure. On assemble le kalpack sur le dernier tube posé. Si un jaillissement brusque vient à soulever la sonde, il suffit de fermer le tiroir pour capter la source. Le jet régularisé est alors dirigé horizontalement au moyen d'un tuyau coudé très épais, 7 à 8 centimètres, à cause de l'usure produite par les matières qui accompagnent l'huile.

Lorsque le liquide ne s'élève pas jusqu'à la surface du sol, au lieu de pompe on emploie une sorte de chaîne à godets ou *jelonka*, recevant de la machine à vapeur un mouvement alternatif. La capacité d'un godet est de 120 à 200 litres d'huile (3 mètres de haut \times 0^m,250 de diamètre). Les godets sont munis, dans le fond, d'un clapet qui se soulève à la descente pour laisser pénétrer le liquide et se referme à la montée.

Le débit des puits, aussi bien au Caucase qu'en Amérique, est très variable ; quelques-uns donnent régulièrement



100 mètres cubes d'huile par jour ; d'autres, au contraire, se tarissent presque instantanément.

Le forage d'un puits est assez coûteux : il revient en moyenne à 50.000 francs.

D'une manière générale, lorsque des gaz sont retenus en dissolution ou accumulés à une pression susceptible de produire des fontaines jaillissantes, on a intérêt à les recueillir. Ces gaz, en effet, constituent un excellent combustible, connu plus particulièrement sous le nom de *gaz naturel*, qu'on peut, comme à Pittsburg, faire servir à un grand nombre d'usages.

14. Transport du pétrole. — Le pétrole à sa sortie des puits est recueilli dans de grands réservoirs, où se déposent les eaux douces ou salées, et les matières minérales ou végétales qui accompagnent les dégagements. De là, il est envoyé aux raffineries. Le mode de transport peut s'effectuer de différentes façons.

On emploie des fûts en bois d'une contenance de 180 à 200 litres, aussi étanches que possible, ou des barils en papier comprimé cerclés en fer et sans joints ; mais ces divers récipients, d'une contenance trop faible, nécessitent une trop grande manutention. Avec les wagons ou bateaux-citernes, on augmente de beaucoup la quantité transportée. Les wagons-citernes sont formés par des réservoirs cylindriques en tôle montés sur un truck métallique ; le poids transporté est de 10 tonnes environ. Les bateaux-citernes, d'un emploi très commode, ont leur cale divisée en trois parties par des cloisons longitudinales, de manière à les empêcher de chavirer par les gros temps ; ils peuvent contenir 4 à 5.000 tonnes d'huile minérale.

Un troisième procédé, imaginé d'abord pour les faibles parcours, est celui des pipe-lines. Il consiste en un réseau de conduites métalliques faisant communiquer les réservoirs entre eux. L'écoulement peut être obtenu soit par la pesanteur, en donnant une inclinaison à la canalisation, soit au moyen de pompes spéciales. Ce mode de transport s'est très généralisé ; il réduit de beaucoup la main-d'œuvre. Toutes les raffineries de Pittsburg, New-York,



Baltimore, etc., sont alimentées de cette façon. Une première canalisation amène le pétrole des puits d'extraction à une première station de réservoirs; d'où il est repris par des pompes Worthington pour être dirigé sur une deuxième station, et ainsi de suite. Le port de Bakou reçoit, de cette façon, l'huile des puits. Il devient alors très facile de procéder au chargement des bateaux ou des wagons. Il arrive parfois qu'une conduite s'encrasse; on engage alors dans le tube une brosse conique en fil d'acier qui, entraînée par le courant de pétrole, nettoie le tuyau. Le diamètre de ces pipe-lines varie de 0^m,450 à 0^m,05; la ligne la plus longue est celle du bassin de New-York, elle mesure 714 kilomètres. Quel que soit le mode de transport du pétrole, il ne faut pas oublier qu'il est très dilatable et, par suite, qu'on doit ménager toujours un certain vide dans le récipient qui le contient.

15. Origine du pétrole. — Suivant les uns, il serait le résultat de la décomposition d'animaux et de végétaux de l'époque de la houille, hypothèse paraissant justifiée par la présence d'eau salée dans les gisements; mais des expériences récentes viennent la démentir; il ne se forme jamais d'huile minérale dans la décomposition d'un corps organique; de plus, ce liquide détruit les ferments.

Sa ressemblance avec les huiles extraites de la houille et les différents gisements pouvait faire supposer que son origine était identique. Il proviendrait de la distillation de la houille sous l'action du feu central. Les sources jaillissantes et communiquant entre elles viendraient à l'appui de cette théorie. Malheureusement elle n'explique pas les dépôts antérieurs au terrain houiller.

La troisième hypothèse, qui est la plus récente, se trouve confirmée par l'existence des sources à grand débit permanent. Elle est basée sur une série de réactions chimiques et en particulier sur la décomposition de l'eau par les carbures métalliques qui donne des hydrogènes carburés et des oxydes. Jusqu'à présent, aucun fait n'est venu combattre cette théorie qui est la plus répandue.



§ 2. — RAFFINAGE DE L'HUILE MINÉRALE

16. Propriétés. — *Caractères physiques.* — Toutes les huiles minérales sont caractérisées par une odeur spéciale assez désagréable. Leur couleur varie du jaune clair au brun foncé; elle est toujours fluorescente, c'est-à-dire présentant une teinte verdâtre à la lumière réfléchie. Leur densité est très variable: elle oscille entre 0,765 et 0,970, mais elle sert déjà à différencier les provenances; les pétroles d'Amérique pèsent 0,800 à 15°; ceux du Caucase, 0,830 en moyenne. Soumis à l'action de la chaleur; ils se dédoublent en une série de produits dont le degré de volatilité est très différent. Cette séparation est très difficile, car tous ces composants se mélangent très bien entre eux; c'est cependant sur cette propriété qu'est basé le raffinage de l'huile minérale.

La dilatation du pétrole est considérable. Le coefficient est compris entre 0,000697 et 0,000838; on peut dire qu'il varie en raison inverse de la densité. Le caractère le plus saillant est son degré d'inflammabilité, c'est-à-dire la propriété qu'il a de prendre feu au contact d'un corps incandescent: quelques-uns, comme le pétrole russe, ne s'enflamment qu'à 35° et au delà; d'autres, comme celui d'Amérique, prennent feu à la température ordinaire, ce qui revient à dire qu'ils sont plus riches en carbures volatils.

L'huile minérale dissout les corps gras, le caoutchouc; un grand nombre de ses dérivés sont du reste employés à cet usage. Mélangée à l'eau, elle surnage; de là, l'obligation de ne jamais essayer d'éteindre la flamme avec ce liquide et de recourir plutôt à un corps incombustible, comme le sable, les cendres. Au point de vue de la viscosité, il y a des différences sensibles également entre les diverses provenances. On se sert quelquefois de cette propriété pour différencier les pétroles.

Propriétés chimiques. — Les recherches de Sainte-Claire Deville ont montré que les pétroles étaient un composé de



carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Leur composition moyenne en centièmes est de :

83,5 à 85 de carbone
12 à 14 d'hydrogène

et le reste en oxygène, car il y a peu ou pas d'azote. Cette présence de corps combustibles en majorité explique leur puissance calorifique élevée : 10.000 calories. A poids égal l'huile minérale dégage environ une fois et demie autant de chaleur que la houille de première qualité.

17. Essai des huiles brutes. — D'après la loi du 30 juin 1893 il existe, au point de vue fiscal, trois sortes de pétrole : les bruts, les raffinés et les huiles de graissage. Toute huile minérale ne contenant pas plus de 30 0/0 de produits lampants est considérée comme huile de graissage ; de même, celle qui n'en renferme pas plus de 90 0/0 et qui n'est pas susceptible, dans l'état où elle est, de brûler dans les lampes ordinaires, est admise comme brute. De là, la nécessité d'essayer les huiles à leur arrivée.

On détermine d'abord les caractères généraux : couleur, odeur, densité à 15° et inflammabilité. Elle doit mal brûler dans une lampe spéciale. Cet essai comporte quelques observations. La lampe que l'on emploie reçoit, sur la gaine du bec, une boîte carrée en fer-blanc munie sur chaque face d'une fenêtre divisée dans le sens de sa hauteur par un réticule horizontal. Les fenêtres et les réticules servent à mesurer les dimensions de la flamme. Le réservoir doit être rempli exactement de 500 centimètres cubes d'huile traitée préalablement par l'acide sulfurique. Ce traitement s'obtient en mélangeant 600 grammes d'huile minérale et 30 grammes d'acide; le mélange agité est décanté et filtré. Quant à la mèche de la lampe, elle mesure exactement 20 centimètres de longueur, elle doit être desséchée à 100°. On allume avec soin la lampe, en donnant à la flamme la hauteur nécessaire pour que la pointe arrive dans le plan formé par les bords supérieurs des deux fenêtres. A partir de ce moment, on laisse brûler l'appareil pendant quatre heures et, avant

d'éteindre la flamme, on mesure sa hauteur par rapport aux réticules. Il suffira de déterminer exactement le poids pour avoir la quantité d'huile brûlée en quatre heures. On arrive aux résultats suivants :

Pour les pétroles d'Amérique : densité, de 0,780 à 0,805 ; inflammables à la température ordinaire ; consommation à la lampe, très voisine de 90 grammes ;

Pour les pétroles russes : densité, supérieure à 0,830 ; inflammabilité, au-dessus de 35° ; et consommation à la lampe, au plus égale à 110 grammes.

On peut encore faire l'essai d'une huile minérale en la soumettant à une distillation se rapprochant autant que possible de celle du raffinage ; mais la quantité sur laquelle on opère étant trop petite (300 grammes), on se contente d'une seule distillation à 35°. On détermine, au bout d'une demi-heure, la quantité A de produits volatilisés au-dessus de 35°, qu'on diminue d'une quantité *a* égale à 5 0/0 de A, représentant le déchet des produits volatils ; B étant le poids du résidu, on le diminue également d'une proportion *b* égale à 18 0/0 de B, déchets des produits lourds. Comme on opère sur 300 grammes, le rendement pour 100 sera :

$$\frac{100(A - a + B - b)}{300} = R.$$

- A, Cornue à pétrole.
B, Condensateur.
C, Réfrigérant.
D, Eprouvettes.

FIG. 15. — Appareil distillatoire.

Dans le cas de pétrole russe on fait B et *b* égal à 0, *a* devient 2 0/0 de A.

Ces résultats concordent avec ceux de la raffinerie. L'opération se fait dans un appareil spécial (fig. 15). Dans l'industrie on fait l'essai en distillant 600 centimètres cubes dans des cornues en cuivre ou en fer. On fractionne l'essai en 20 parties, chaque partie correspondant à une durée fixée à l'avance. On détermine les températures extrêmes de chaque fractionnement dont on mesure la densité. On dresse ensuite un tableau ou une





courbe des résultats obtenus qui contient alors tous les renseignements sur le rendement de l'huile comparativement à des tableaux et des courbes établis à l'avance.

18. Fractionnement des pétroles par la chaleur. — La chaleur a pour effet de séparer les divers carbures qui composent l'huile minérale ; en France, au point de vue industriel, les carbures sont classés en trois groupes : les *essences*, l'*huile lampante* et les *huiles lourdes*.

Les proportions de ces trois groupes ne sont pas fixes pour des huiles différentes ni pour celles de provenance identique. On peut arriver, en variant l'opération, à obtenir des chiffres différents avec la même huile. Le plus souvent, les produits de premier jet sont traités à nouveau, et c'est avec les divers résidus mélangés ensuite qu'on obtient les produits commerciaux. Le tableau suivant, dû à M. Bourgougnon, résume les fractionnements du pétrole sous l'action de la chaleur, après certains mélanges préalables.

Huile minérale brute	Essence brute	1 ^{er} jet.....	}	Gazoline.....	0,640 à 0,670	
				Essence à détacher.....	0,690	
	Benzine brute.	}	Essence brute.....	}	Essence rectifiée.....	0,705 (éclairage et
					Essence lavée.....	0,720 chauffage
	Rectifié de 1 ^{er} jet.....	}	Rectifié léger.....	}	Pétrole épuré.....	0,795 à 0,800
					Rectifié de 2 ^e jet.....	
	Résidu des huiles lourdes	}	Pétrole lourd n° 2..	}	Pétrole lourd n° 1..	0,845 à 0,850
					Pétrole lourd n° 2..	0,850
	Goudron n° 2.....	}	Coke et brai.....	}	Huile à paraffine...	0,870
					Combustible.	

Sous l'action de la chaleur, quelques hydrocarbures lourds se décomposent en fournissant des liquides plus légers. Ce phénomène, connu sous le nom de *cracking* ou *brisement*, n'est pas une simple séparation, mais bien une dissociation qu'on utilise dans le raffinage, car elle permet de retirer des huiles lourdes une certaine quantité d'huile lampante.

Généralement, on considère comme *essences* ou *benzines* tout ce qui distille jusqu'à 150°; ce sont les produits volatils par excellence dont la densité est voisine de 0,700, mais ne doit jamais dépasser 0,750.

L'huile *lampante* comporte les carbures passant à la distillation entre 150 et 280°. Dans bien des cas et même presque toujours, c'est la partie importante de la fabrication.

Au-dessus de 300°, le résidu constitue le goudron ou mazout (pétrole russe). C'est un produit riche en huiles de graissage, en paraffines, etc., dont la valeur, à certaines époques, dépasse celle de l'huile lampante. Ce résidu devra subir un traitement spécial, suivant le cas, pour pouvoir obtenir ces dérivés; sa densité est voisine de 0,850.

Quant à la proportion de ces trois groupes, elle varie avec la provenance de l'huile: le pétrole d'Amérique, très riche en huile lampante, renferme une certaine quantité d'essences et peu d'huile lourde; par contre, celui du Caucase donne beaucoup d'huiles lourdes, un tiers d'huile lampante et presque pas d'essences.

Voici, du reste, la proportion en centièmes de ces deux huiles minérales :

PÉTROLE D'AMÉRIQUE		PÉTROLE DU CAUCASE	
	P. 100		P. 100
Essences.....	8 à 20	Essences	3
Huile lampante.	78 à 70	Huile lampante ou Kerosène.	35
Huiles lourdes..	9 à 3	Mazout....	60
Pertes.....	5 à 7	Pertes.....	2

19. Raffinage. — Le mode de travail varie d'une usine à l'autre et dépend de la nature du produit à traiter. Il arrive, en effet, qu'on peut avoir affaire à de l'huile brute ou à un mélange d'une huile déjà rectifiée à laquelle on a ajouté une certaine quantité d'huile brute ou d'huile lourde. C'est plus particulièrement le cas des huiles du Caucase qu'on distille d'abord sur place, et qu'on expédie en France ou en Autriche, après y avoir ajouté environ 10 0/0 de mazout.

Distillation. — La distillation s'opère dans des chaudières A en tôle d'acier formées par des cylindres horizontaux ou verticaux d'un diamètre de 4 mètres environ sur 9 mètres de longueur, et d'une épaisseur de tôle de 10 à 14 millimètres. Elles sont encastrées dans des massifs en maçonnerie laissant libre la partie supérieure. On les adosse par batteries de trois,

quatre et même davantage, de manière à rendre la distillation continue sans perte de chaleur. Elles sont munies des orifices nécessaires pour l'arrivée du pétrole brut *a*, le départ des produits condensés *b* et la vidange des huiles lourdes *c* (fig. 16). Souvent une tuyauterie spéciale *g* permet l'introduction de vapeur qui a pour effet de modifier avantageusement la couleur et l'odeur des produits distillés, surtout quand il s'agit

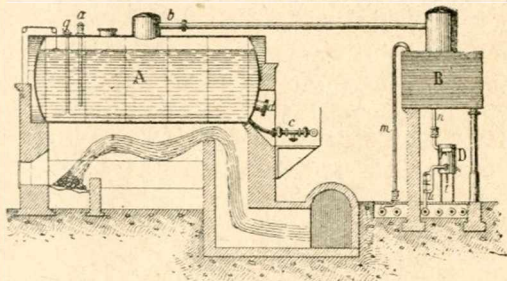


FIG. 16. — Raffinage de l'huile minérale.

d'huile provenant du cracking. Le chauffage des chaudières se fait à la houille, au coke ou aux huiles lourdes. Au Caucase, on emploie presque exclusivement le mazout. On comprend, du reste, qu'on cherche à tirer le meilleur parti de tous ces combustibles naturels.

Le pétrole, contenu dans de grands réservoirs de 1.500 à 3.000 tonnes, est amené dans les chaudières. Le mode de chauffage pendant une opération n'est pas uniforme; il est subordonné aux diverses périodes de la distillation.

Condensation. — Les premiers gaz qui s'échappent sont formés de carbures volatils difficiles à condenser qu'on perd le plus souvent ou qu'on dirige sous la chaudière. Ceux qui les suivent, *essences* ou *benzines*, sont envoyés dans des condenseurs B où ils sont ramenés à l'état liquide. La conduite qui met en communication la chaudière et le condenseur a généralement 375 millimètres de diamètre. Les condenseurs sont formés par des tuyaux métalliques plongés dans des réservoirs



à circulation d'eau froide *m*. On peut n'avoir qu'un seul serpent en fonte ou bien une série de tuyaux en fer (au moins 40) d'un diamètre assez faible (30 à 80 millimètres) aboutissant tous à un collecteur unique. Il faut compter pour 100 mètres cubes d'huile brute distillée, 15 à 20 mètres carrés de surface de condensation.

A la sortie *n* du serpent, le liquide tombe dans un récipient en fonte *D* muni d'une glace *r* sur le côté, qui permet de voir la couleur des produits distillés; un robinet *t* sert à la prise d'échantillons pour déterminer leur densité. De ce récipient, au moyen d'une sorte de jeu d'orgues *u* comportant des robinets en conséquence, on peut diriger les produits dans des réservoirs différents.

Pendant la distillation des essences ou benzines, c'est-à-dire jusqu'à 150° environ correspondant à la densité de 0,755, s'il s'agit de pétrole de luxe, et de 0,730 pour le pétrole ordinaire, le chauffage doit se faire modérément; mais, lorsqu'on atteint l'un ou l'autre point, et qu'on recueille l'huile lampante, il faut pousser le feu avec activité de manière à produire le cracking, sans toutefois amener la décomposition des huiles lourdes; ce résultat s'obtient en prolongeant l'action de la chaleur.

Lorsqu'on arrive aux *huiles lourdes*, c'est-à-dire vers 300°, on arrête la distillation. Le liquide restant dans les chaudières est envoyé dans un récipient spécial où il devra séjourner plusieurs jours avant d'être soumis à un nouveau traitement; du reste, chacune des parties distillées est appelée à subir soit un nouveau fractionnement, soit une épuration spéciale avant d'être livrée au commerce.

La consommation en charbon varie naturellement suivant les produits à obtenir, mais il faut compter particulièrement pour les pétroles russes (mélange d'une première distillation et de mazout), 12 à 18 kilogrammes de charbon pour 100 kilogrammes d'huile lampante.

Examinons maintenant le traitement subi par chaque groupe en particulier.

20. Essences. — Les essences, connues plus particulièrement sous le nom de *benzines*, sont distillées à nouveau dans des



chaudières d'une capacité de 100 à 150 mètres cubes. Le chauffage peut se faire à feu nu ou à la vapeur. Ce traitement ne s'applique qu'aux produits du pétrole américain, ceux du Caucase ne donnant pas assez de composés volatils. Le plus souvent, les essences avant la distillation sont lavées à l'acide sulfurique et à la soude. Quelquefois le résidu de cette distillation est mélangé à l'huile lampante, mais ce procédé n'est pas employé pour la fabrication des pétroles de luxe. Le fractionnement des essences donne quatre dérivés :

	Densité	Degrés	P. 100
1° Le cymosène et le rhigolène. 0,630 à 0,636 gazeux			} 25
2° La gazoline ... 0,640 à 0,660 bouillant de		50 à 90	
3° Le naphte 0,670 à 0,720	—	80 à 110	20 à 25
4° La benzine 0,720 à 0,740	—	120 à 150	40

Pour un traitement de 100 à 150 mètres cubes d'essence, la durée de l'opération est de quarante-huit heures.

L'essence est un liquide très inflammable, par suite des vapeurs qu'elle émet à la température ordinaire. Sa manipulation, très délicate, doit être faite à l'abri des corps incandescents. Les produits de sa distillation ont des emplois très différents.

Les gaz liquéfiés servent à la fabrication de la glace. La gazoline est surtout employée à la carburation du gaz à l'air, au chauffage des fourneaux de cuisine, à la dissolution des résines et des corps gras. Le naphte a sensiblement les mêmes applications; une variété, connue sous le nom de ligroïne, est utilisée dans les lampes à éponge. Enfin la benzine est le dégraissant par excellence.

21. Pétrole ou huile lampante. — *Epuration.* — Le pétrole à sa sortie du condenseur doit être épuré; enflammé directement, il dégagerait une odeur forte et désagréable; de plus, la flamme deviendrait fumeuse. L'épuration consiste en un traitement à l'acide sulfurique et à la soude. L'acide a pour but de décomposer les carbures trop riches et d'augmenter par ce fait la teneur en hydrogène. Pour faciliter la réaction,

il est nécessaire de soumettre le mélange à un mouvement continu que l'on obtient soit au moyen d'agitateurs mécaniques, soit par l'air sous pression à 1 ou 2 atmosphères traversant le liquide. Le réservoir en tôle doublée de plomb, d'une contenance de 200 mètres cubes, est disposé verticalement; il reçoit dans le fond une tuyauterie percée de

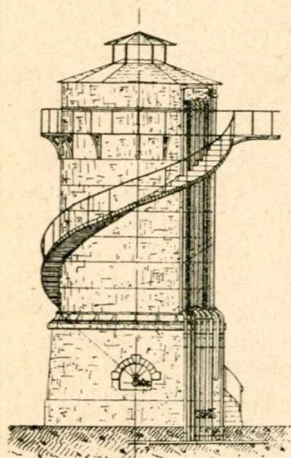


Fig. 17. — Agitateur à air comprimé.

nombreux orifices par où s'échappe l'air comprimé (fig. 17). L'acide nécessaire à l'épuration, à raison de 1 à 3 0/0, est envoyé en trois fois au moyen de l'air comprimé. Après chaque réaction, on sépare, au moyen d'un tuyau de vidange dans le fond du réservoir, les résidus qui se sont déposés sous forme de boue.

L'opération est terminée lorsque le pétrole ne brunit plus, et que sa température qu'on doit maintenir dans le voisinage de 17°, n'augmente pas. La durée de l'épuration n'est que de deux heures environ.

Lorsque le battage à l'acide est terminé, le pétrole a une couleur jaune paille. On le lave d'abord à l'eau, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus trace d'acidité. C'est alors qu'intervient la solution de soude caustique à 12° B., qu'on introduit dans la proportion de 10/0; après une demi-heure d'agitation du mélange par l'air comprimé et un dernier lavage, l'épuration est terminée. Le raffinage du kerosène ou pétrole russe se fait de la même façon, la lessive de soude est à 30-33° B., et le lavage à l'eau a lieu avec une légère addition de soude (6° B.).

Propriétés. — L'huile lampante parfaitement limpide est recueillie dans de grands réservoirs en tôle peu profonds pour permettre à la masse d'être bien exposée à la lumière. Cette

dernière a pour effet de blanchir le pétrole, tout en lui donnant du brillant. Ce liquide est alors très clair, d'une couleur blanche ou légèrement jaunâtre; son odeur est moins forte que celle du pétrole ordinaire. Lorsqu'il s'agit de pétrole d'Amérique, la densité à 15° varie entre 0,780 et 0,810; ne renfermant plus d'essence, il ne doit pas s'enflammer au-dessous de 35°. Essayé à la lampe-type (§ 17), la consommation doit s'élever, en quatre heures, à environ 150 grammes; de même le pétrole russe raffiné devra peser, à 15°, 0,825, s'enflammer au-dessus de 35°, et donner à la lampe une consommation voisine de 140 grammes. De plus, ils ne doivent renfermer que fort peu de composés sulfurés ou de sels de soude qui ont pour effet de carboniser la mèche.

En outre de ces caractères, il y en a un très important, l'*inflammabilité*, c'est-à-dire le degré de température auquel un pétrole commence à émettre des vapeurs susceptibles de s'enflammer. L'essai du point d'inflammabilité peut se faire de deux façons, suivant qu'on se propose de déterminer le degré de chaleur auquel les vapeurs mélangées à l'air font explosion et s'éteignent aussitôt (*point éclair*), ou bien celui où ces vapeurs prennent feu et continuent de brûler (*point de combustion*). Il y a deux séries d'appareils permettant cette détermination.

Degré d'inflammabilité.

— L'appareil *Granier* (fig. 18), employé pour la fixation du point éclair, est formé par un cylindre

en cuivre A, qu'on remplit de pétrole jusqu'au niveau d'un petit tube-déversoir a, placé excentriquement. Au

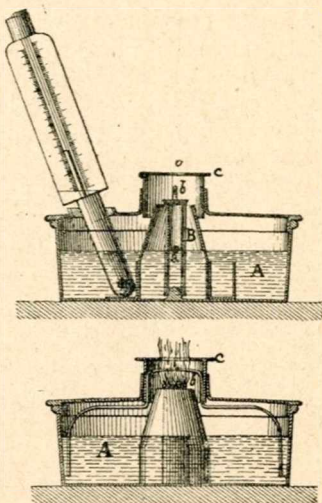


FIG. 18. — Naphtomètre Granier.

milieu se trouve un cône B sur lequel on fixe une mèche *b* plongeant dans le liquide. La boîte est fermée par un couvercle *c* muni d'un petit opercule avec orifice *o* en son milieu. Enfin un thermomètre dans une gaine spéciale permet de déterminer la température aux différents moments de l'essai. On commence par remplir le récipient de pétrole, puis on ferme le couvercle et l'opercule et on chauffe au bain-marie. L'essai consiste à enflammer la vapeur par l'orifice pratiqué dans l'opercule. Si une flamme de vapeur de pétrole apparaît et se maintient, on note la température qui est celle à laquelle l'huile prend feu. Si cette flamme ne persiste pas, il faut procéder à une opération complémentaire. L'opercule étant ouvert, on enflamme alors la mèche et on note la température à laquelle une petite explosion, en se produisant, éteint la flamme : c'est le degré d'inflammabilité. Lorsque cette explosion a lieu au-dessous de 34°, il faut refaire l'essai trois fois et prendre la moyenne.

L'appareil Abel (fig. 19) est formé par un réservoir en laiton A contenant le pétrole chauffé au bain-marie, B, au moyen d'une lampe à alcool ou à gaz. Le réservoir A repose sur le bain-marie par l'intermédiaire d'une plaque en ébonite *b*; il est fermé par un couvercle *c* à trois orifices, pouvant être ouverts ou fermés par le jeu d'une coulisse. Au dessus, on dispose une petite lampe à huile de colza *l* à mèche horizontale pouvant basculer et présenter sa flamme au-dessus des ouvertures. Enfin le bain-marie et le réservoir peuvent recevoir chacun un thermomètre. Pour faire une expérience, on remplit le réservoir jusqu'à une certaine hauteur indiquée par un index fixé dans

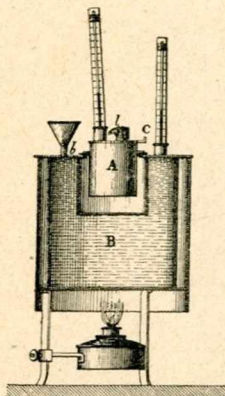


FIG. 19. — Naphtomètre Abel.

le fond. On chauffe le bain-marie (eau ou huile) jusqu'à 49 ou 50°. Tous les orifices du réservoir sont fermés. Lorsque son thermomètre marque 49°, on tire la coulisse, de manière à les ouvrir; la lampe à colza bascule et présente sa flamme



au contact des vapeurs qui s'échappent. On recommande l'opération de degré en degré jusqu'à ce qu'on ait obtenu son extinction : c'est le point d'inflammabilité. La longueur de la flamme de colza doit être de 3 à 4 millimètres ; le contact avec les vapeurs ne doit durer que trois à quatre secondes. Les indications de cet appareil à vase clos sont plus approchées de 1° à 5° que celles du précédent à réservoir ouvert. Il a été rendu plus précis encore par M. Pinsky.

Le naphtomètre *Abel-Pinsky* comporte les organes précédents, mais le couvercle, sur lequel sont ménagées les ouvertures, est muni d'un obturateur mù par un mouvement d'horlogerie. La lampe à huile de colza placée au-dessus des ouvertures est mobile autour d'un axe horizontal. Chaque fois que l'on se propose de déplacer l'obturateur, il faut remonter le mouvement d'horlogerie au moyen d'un bouton spécial ; puis, au moment où le thermomètre indique que le pétrole est à la température de l'essai, on presse un levier qui déclenche l'obturateur. Comme dans le naphtomètre Abel, la lecture du thermomètre doit avoir lieu au moment de l'extinction de la flamme ; on peut en faire une de demi-degré en demi-degré. On répète l'essai trois fois, et on prend la moyenne. Un essai est acceptable, s'il ne diffère du précédent que par un degré et demi au plus ; il convient également de faire la correction barométrique avec les tables qui accompagnent l'appareil. De temps à autre, au moyen d'un gabarit, muni de repères, on peut s'assurer que tous les organes sont bien en place.

Le degré d'inflammabilité des pétroles rectifiés est voisin de 45° (Granier), soit 43° (Abel), correspondant à une densité moyenne de 0,785 ; mais cette relation n'est qu'approchée, car des pétroles de luxe, de densité 0,790, comme la *Luciline*, l'*Oriflamme*, l'*Électricine*, ne s'enflamment qu'à 55°. Il est en effet très facile de corriger la densité d'un pétrole, en l'additionnant soit d'essence, soit d'huile lourde, mais on fait varier son degré d'inflammabilité. Les pétroles de luxe sont ceux qui proviennent du cœur de la distillation, ils ne sont mélangés ni aux résidus des essences ni aux produits légers de l'huile lourde ; leur épuration est faite avec beaucoup de soin, de manière à diminuer leur odeur et à leur donner une grande limpidité.

On peut compléter les renseignements précédents, en déterminant le pouvoir lumineux et la durée d'éclairage dans une lampe spéciale d'après un pétrole type, comme l'indique le graphique de la figure 20.

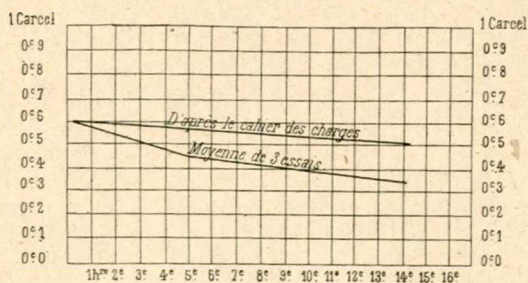


FIG. 20. — Essai photométrique d'un pétrole.

22. Huiles lourdes. — L'huile lourde, de densité 0,910, qui reste après la distillation des huiles lampantes, a un aspect noirâtre à reflets plus ou moins fluorescents; elle renferme une grande variété de produits; l'huile américaine est particuliè-

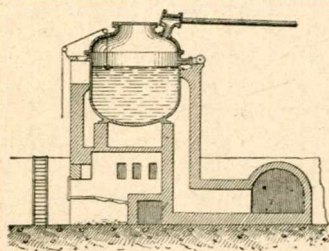


FIG. 21. — Black-pot.

èrement riche en paraffine, ce qui la rend moins visqueuse que celle de Russie, qui n'en renferme presque pas, à tel point qu'aux températures les plus basses cette dernière épaisse sans devenir solide.

La matière est soumise à la distillation dans des chaudières spéciales, ou *black-pots*, ayant la forme d'un cylindre vertical terminé par un fond sphérique d'une épaisseur assez grande, 8 à 10 centimètres (fig. 21). Le traitement a lieu sur une masse de 10 à 12 mètres cubes. Les vapeurs sont condensées dans des serpentins plongeant dans l'eau froide ou simplement exposés à l'air. On peut classer les pro-



duits obtenus en trois catégories qui n'ont rien d'absolu, car elles empiètent les unes sur les autres.

1° Ceux qui passent tout d'abord sont relativement assez légers pour pouvoir être mélangés à du pétrole à distiller en vue d'obtenir de l'huile lampante; cette addition ne s'applique qu'aux huiles américaines (0,850), celles du Caucase donnant une huile dite solaire (0,853 à 0,880), peu inflammable et d'une odeur désagréable qu'on ajoute au mazout pour servir de combustible ou à la fabrication du gaz d'huile.

2° La seconde catégorie est la plus importante. Avec les pétroles d'Amérique on obtient des huiles riches en paraffine (0,870), traitées dans le but d'obtenir cette substance. Ceux du Caucase donnent, au contraire, des huiles de graissage très recherchées (0,880 à 0,930).

3° Si on poussait la distillation jusqu'au bout on recueillerait au fond du black-pot un coke spongieux très léger et très combustible; mais, le plus souvent, on ne va pas jusque-là, et la matière presque solide est mélangée aux huiles de graissage, ou brûlée directement.

Les résidus américains peuvent encore, avec un traitement spécial, donner la *vaseline*, si recherchée en pharmacie. En résumé, suivant les besoins, on obtient une foule de produits très variés en modifiant simplement le traitement des matières premières.



CHAPITRE IV

DISTILLATION DE LA HOUILLE

§ 1. — PRODUCTION DU GAZ

48. Houille. — Diverses substances sont susceptibles de donner du gaz d'éclairage ; mais la plus employée est la houille. Le principe de la fabrication du gaz, au moyen de cette matière, consiste à la chauffer en vase clos et à recueillir le produit de la distillation après l'avoir débarrassé des impuretés qui nuisent à son pouvoir éclairant. La méthode n'a pas sensiblement varié depuis l'origine ; tout au plus quelques modifications ont-elles été apportées dans le mode de chauffage et dans les appareils d'épuration.

Toutes les houilles ne conviennent pas également à la production du gaz d'éclairage. On emploie de préférence les houilles dites *grasses* et *sèches* à longue flamme. Elles sont très riches en matières volatiles et donnent, de plus, des résidus très recherchés. L'hydrogène entre pour une large part dans leur composition ; il facilite la formation des hydrocarbures qui donnent au gaz son pouvoir éclairant. En second lieu, l'oxygène ne s'y trouve qu'en petite quantité ; par suite, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone s'y forment dans une faible proportion. Depuis l'apparition des brûleurs à incandescence, où le pouvoir calorifique joue un très grand rôle, ces considérations ont perdu de leur importance.

La houille employée provient plus particulièrement du nord de la France, du bassin de Newcastle en Angleterre, de la Silésie et de la Westphalie en Allemagne. Avant leur emploi, les houilles doivent être essayées. Cette opération a surtout pour but l'établissement des mélanges, de manière à obte-



nir un gaz de composition constante. L'essai a lieu dans un appareil spécial qui n'est autre qu'une usine à gaz en réduction. On prélève, sur la masse de houille des échantillons en des points différents qu'on mélange en les réduisant de plus en plus jusqu'à obtenir un échantillon définitif de 100 grammes à 1 kilogramme. La qualité de la houille se mesure par la puissance lumineuse du gaz obtenu et par la comparaison du rendement en gaz et en produits secondaires. Il est facile de corriger ce rendement par l'addition de charbons d'enrichissement ou charbons spéciaux donnant un gaz d'un pouvoir éclairant plus considérable. La houille doit être conservée à l'abri de l'humidité qui peut diminuer le rendement de 23 0/0.

49. Cornues. — La distillation de la houille s'effectue dans des cornues cylindriques en fonte ou en terre réfractaire, ayant généralement une section en forme de \cap et disposées horizontalement par groupes de cinq, sept, neuf ou onze dans des fours spéciaux. Les cornues en terre sont préférables à cause de leur prix d'achat moindre et de leur plus grande durée, conséquence de leur résistance à la chaleur. Deux qualités sont à rechercher dans les cornues en terre: la solidité et l'imperméabilité; on ne peut les obtenir qu'en donnant à l'appareil une épaisseur suffisante. Toutefois elle ne saurait être exagérée, sinon la conductibilité se trouve diminuée d'autant, et le chauffage extérieur est mal utilisé. Les dimensions des cornues sont très variables, mais le plus souvent elles se rapprochent des chiffres suivants:

Largeur dans œuvre.....	0 ^m ,50 à 0 ^m ,65
Hauteur.....	0 ,30 à 0 ,45
Longueur.....	2 ,50 à 3 ,20
Épaisseur.....	0 ,05 à 0 ,06

Avec des cornues ouvertes des deux côtés on peut atteindre 6 mètres de longueur. Elles se font à la main ou mécaniquement. Ce dernier procédé de fabrication a comme avantage de pouvoir obtenir une épaisseur moindre dans les mêmes conditions de solidité et de durée, tout en coûtant moins

cher de main-d'œuvre. Avec la presse Morane on peut faire, avec 6 hommes, 12 cornues par jour, tandis qu'à la main un homme n'en fait qu'une seule. Il semblerait qu'on ait intérêt à augmenter le volume de la cornue, mais il y a une limite sanctionnée par la pratique, car il ne faut pas oublier que le chargement doit se faire très vite. En Angleterre, on emploie des cornues dont le corps est en plusieurs pièces assemblées à rainure et languette; le joint est rendu étanche au moyen d'un mastic ou lut. La durée d'une cornue est de deux ans environ.

La partie antérieure des cornues, qui correspond d'ailleurs à la façade du four, est munie d'une pièce en fonte ou *tête de*

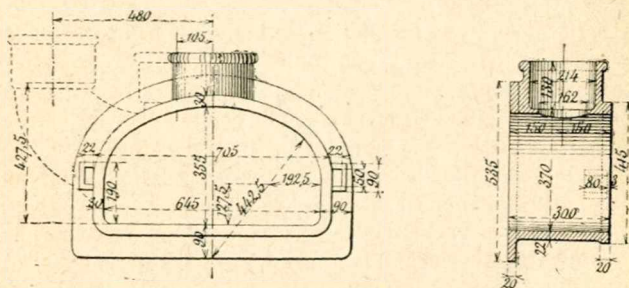


Fig. 34. — Tête de cornue.

cornue, destinée à faire communiquer la cornue avec les appareils suivants et à former fermeture hermétique, pendant la distillation, au moyen d'un tampon.

Cette tête de cornue (*fig. 34*), qui a généralement 0^m,30 de long et une section semblable à celle de la cornue, est munie d'une collerette pouvant s'appliquer sur une deuxième collerette ménagée à l'extrémité de la cornue; l'assemblage est fait au moyen de boulons. Elle porte, en outre, soit perpendiculairement à son axe, soit sur le côté, un emboîtement destiné à recevoir le tuyau ascensionnel des produits de la distillation. Le tampon de fermeture peut être constitué par une tôle emboutie dont les bords sont garnis à chaque opéra-

tion d'un mastic ou lut formé par un mélange de terre argileuse et de limaille de fer. Ce tampon est maintenu par un vis de pression passant dans l'écrou d'une traverse mobile reliée à la tête par deux oreilles (fig. 35).

Le tampon peut être remplacé par une porte mobile autour d'une charnière fixée à l'une des extrémités de la tête. Cet obturateur devant s'appliquer à joint précis sans lut, la tête de la cornue est rodée préalablement. La porte est maintenue à l'extrémité opposée à la charnière par une pièce en fer. Le rodage de la tête peut se faire mécaniquement ou à la main.

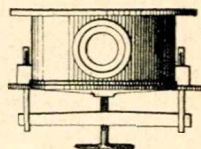
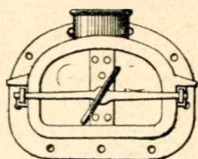


FIG. 35. — Tampon de cornue.

50. Fours à gaz. — Construction. —

Les fours sont constitués par une voûte en briques réfractaires limitée, à l'arrière, par un mur de fond contre lequel s'appuie l'extrémité des cornues, et à l'avant par un mur de façade à travers lequel passent les têtes. Les cornues sont disposées dans les fours de façon à être rapprochées autant que possible du foyer; de petits murs en terre réfractaire ou en briques construits entre les cornues et formant chicanes obligent la flamme à circuler près des parois (fig. 36 et 36 bis).

Les dimensions des foyers sont proportionnées au nombre et à la capacité des cornues; la largeur des grilles varie de 0^m,35 à 0^m,50, et la longueur de 0^m,70 à 1 mètre. On compte 1 mètre carré par 100 ou 120 kilogrammes de combustible. Les barreaux des grilles destinées à brûler du coke sont généralement peu nombreux, mais de fortes dimensions, afin de résister à la chaleur. On les espace de 3 à 4 centimètres pour le coke, leur épaisseur varie de 15 à 30 centimètres. La grille est inclinée de l'avant à l'arrière pour faciliter le chargement. Dans le cendrier on envoie de l'eau qui, en s'évaporant, refroidit la grille et donne des gaz combustibles brûlant dans le four au contact de l'air admis toujours en quantité suffisante.

Chauffage des fours. — Le combustible le plus généralement employé est du coke provenant de la distillation même de la houille. Dans ces conditions la profondeur du

Élévation et coupe verticale.

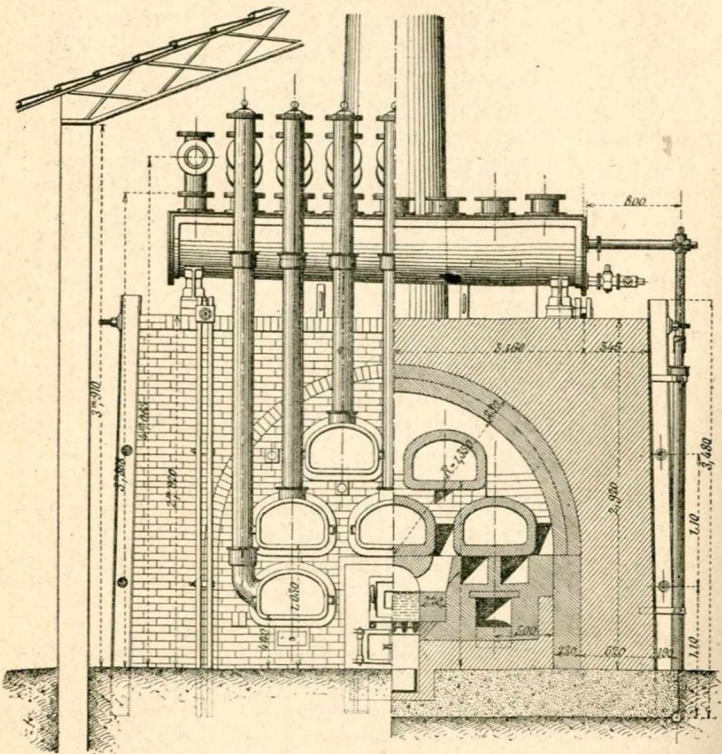


FIG. 36. — Four à combustible ordinaire.

foyer doit être assez grande pour permettre le chargement du combustible sur une épaisseur assez forte, 0^m,25 à 0^m,30.

L'intervalle entre la grille et la première cornue est de 0^m,60 environ. Le tirage est réglé au moyen de registres placés à l'entrée des cheminées traînantes ou carneaux qui

DISTILLATION DE LA HOUILLE



conduisent les produits de la combustion dans la cheminée principale de l'usine. Il faut 200 à 220 kilogrammes de coke, soit 5 hectolitres, pour produire la distillation d'une tonne de houille. Dans ces conditions, la durée d'un four n'excède pas une année.

On applique aux fours à gaz le chauffage à récupération de

Coupe transversale.

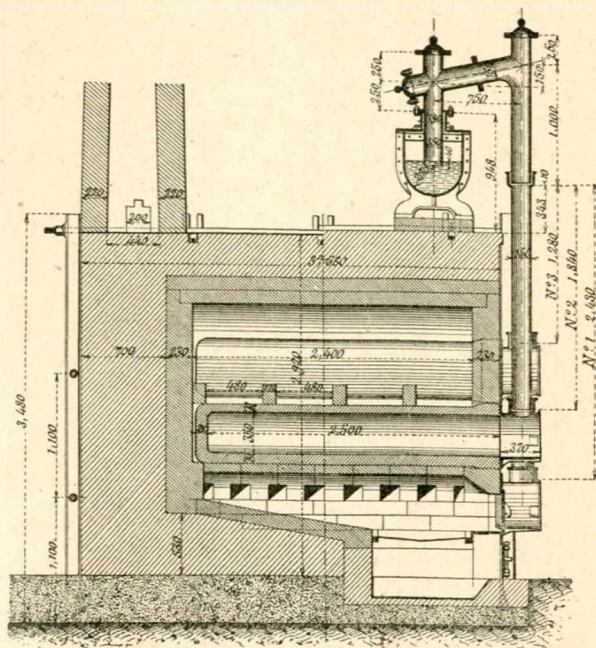


Fig. 36 bis. — Four à combustible ordinaire.

chaleur préconisé dans d'autres industries. Au lieu d'utiliser directement le combustible dans le foyer, on le transforme d'abord en oxyde de carbone mélangé d'azote que l'on brûle ensuite au moyen d'air chaud. L'oxyde de carbone est préparé dans des appareils spéciaux ou gazogènes. Sur une épaisseur

de 0^m,75 à 1 mètre de coke disposé sur une grille à gradins, on fait passer de l'air à petite vitesse; à son contact, le charbon donne de l'acide carbonique, et celui-ci à son tour, en tra-

Élévation et coupe verticale.

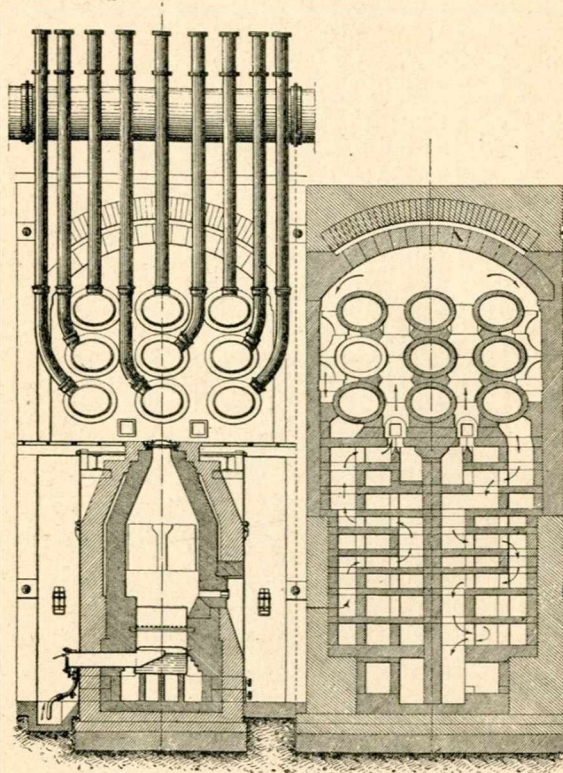


FIG. 37. — Four à récupération.

versant de nouvelles couches de combustible portées au rouge sombre, se transforme en oxyde de carbone. Ce dernier gaz, encore chaud (800°), est amené sous les cornues où il

rencontre de l'air préalablement chauffé. La combustion assez vive des deux donne des températures très élevées. Le chauffage de l'air est obtenu au moyen des chaleurs emportées

Coupe transversale.

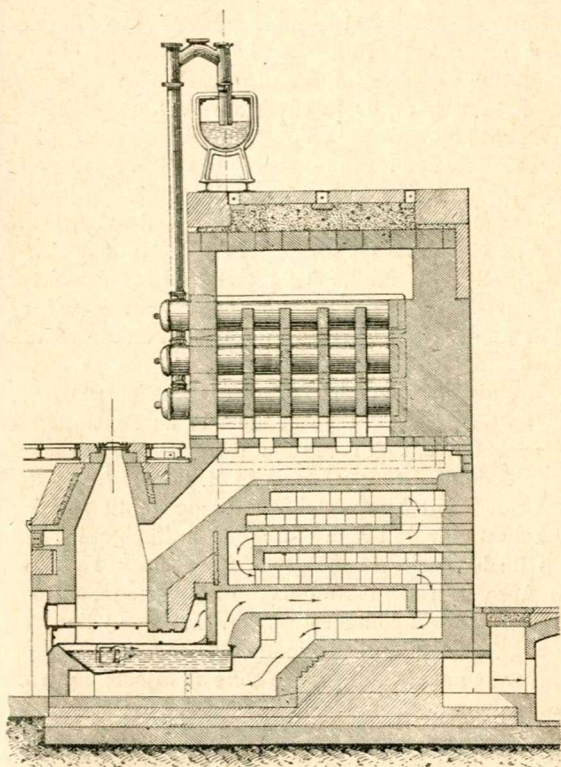


Fig. 37 bis. — Four à récupération.

par les produits de la combustion. C'est le principe de la récupération. Pratiquement, ce résultat est obtenu dans un espace rempli de briques ou poteries superposées, laissant des

vides entre elles, dans lesquels passent les gaz de la combustion (*fig. 37 et 37 bis*). Lorsqu'elles sont suffisamment chaudes, on cesse de faire passer ces fumées qu'on envoie dans une deuxième chambre, et on les remplace par de l'air froid qui s'échauffe progressivement. Au bout d'un certain temps, on renverse la marche, c'est-à-dire que les fumées passent dans la première chambre, et l'air froid dans la seconde; ainsi de suite, à intervalles réguliers, en général toutes les heures. La récupération est assez importante: les fumées, qui arrivaient autrefois à la base de la cheminée à 1.000 et 1.100°, ne s'échappent plus qu'à 400°, d'où il résulte une économie réelle de combustible sur les fours ordinaires. Il faut environ 110 à 180 kilogrammes de coke par tonne de houille distillée suivant l'importance des fours, soit une économie de 23 0/0 environ; mais cette réduction est compensée en partie par l'excédent des dépenses d'installation et d'entretien. Ces fours ont cependant comme avantage de donner une température plus constante et une marche plus régulière, tout en permettant de brûler des combustibles quelconques.

Les premiers essais, dérivés du système Siemens, ne furent pas très satisfaisants au point de vue de l'entretien et du nettoyage. Ils ont été rendus pratiques, grâce aux modifications de M. Lencauchez et de M. Ponsard. Les améliorations consistent à rapprocher le gazogène du four et, surtout, à diminuer le tirage (quelques millimètres d'eau), au moyen de barrages, de manière à forcer tout l'acide carbonique à se transformer en oxyde de carbone, en restant plus longtemps au contact du coke. En second lieu, le cendrier a été fermé hermétiquement de manière à empêcher tout rayonnement. Enfin sous le coke on injecte de la vapeur d'eau qui donne, en se décomposant, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène combustibles.

Dans ces installations le récupérateur se trouve sous les fours à une profondeur de 3 à 4 mètres dans le sol, le gazogène est placé à l'avant; le chargement en est très facile, il suffit de laisser tomber le coke par une trémie ou gueulard au niveau du sol. Lorsqu'il est impossible, pour une raison quelconque, d'installer complètement un récupérateur, on a recours à un système mixte qui consiste à donner au foyer

ordinaire une profondeur un peu plus grande, 0^m,80, et à chauffer l'air de la combustion seulement. Il n'y a plus ren-

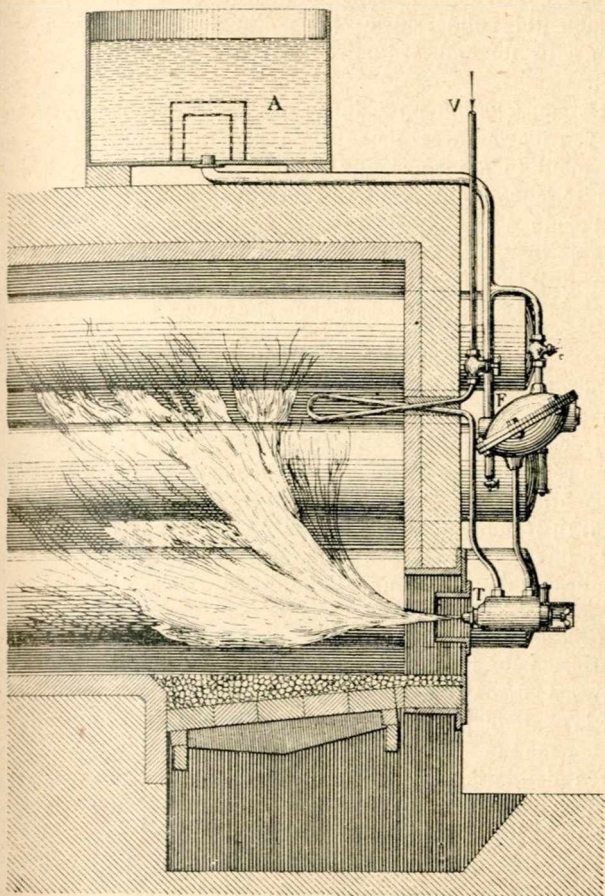


FIG. 38. — Four à goudron.

versement. L'économie de coke est moins considérable, mais cependant assez importante.

Un four comporte dans ces conditions six, huit ou neuf cornues avec un seul gazogène par four. Au lieu de coke, on peut employer des résidus de houille, ou même tout autre combustible solide, suivant le cas. Sa durée est plus grande que celle du four ordinaire ; elle atteint facilement trois ans.

La construction en briques des fours est consolidée au moyen d'armatures. Ils sont, en général, réunis entre eux de manière à former une batterie. Cette disposition augmente leur stabilité, tout en réduisant les pertes de chaleur. A l'usine du Landy de la Compagnie parisienne, il existe, depuis 1889, une batterie de douze fours à neuf cornues, soit cent huit cornues ; ils sont disposés sur deux rangées de six, adossés ; il n'y a qu'un gazogène pour deux fours.

Four à goudron. — Depuis quelques années on utilise le goudron au chauffage des cornues ; ce procédé, dû à Kirkham, est, paraît-il, assez économique, surtout pour les usines qui écoulent difficilement leurs goudrons. Le liquide venant d'un réservoir A est lancé, après avoir traversé un filtre F, dans une tuyère T au moyen d'un jet de vapeur V (injecteur Drory) ; il débouche dans le foyer sous forme de poussière très fine (fig. 38). Il faut compter 80 à 100 kilogrammes de goudron pour une tonne de houille distillée.

Conduite du chauffage. — Les cornues reçoivent une couche uniforme de 100 à 150 kilogrammes de houille ; elles ne doivent jamais être remplies complètement ; car, sous l'action de la chaleur, le charbon se boursouffle et peut faire éclater la cornue ; la couche est de 40 à 12 centimètres. La durée de la distillation est de quatre à cinq heures environ. Tout le gaz n'a pas été extrait, mais ce qui reste a un pouvoir éclairant trop faible. Le tableau suivant, dû à Payen, donne la composition du gaz pendant la distillation d'une durée de cinq heures.



HEURES	RAPPORT du VOLUME total produit	HYDROGÈNE BICARBONÉ	HYDROGÈNE CARBONÉ	HYDROGÈNE	OXIDE de CARBONE	AZOTE	RAPPORT de la LUMIÈRE
1 ^{re} heure	21,3	13	82,5	»	3,2	1,3	54
2 ^e —	25,4	12	72,0	8,8	1,9	5,3	48
3 ^e —	21,3	12	58,0	16,0	12,3	1,7	40
4 ^e —	14,0	7	56,0	21,3	11,0	4,7	35
5 ^e —	8,2	0	20,0	10,0	10,0	10,0	10

Comme on le voit, au bout de quatre heures, la majeure partie du gaz éclairant a été recueillie.

Au début de l'opération, il faut une chaleur très vive, la houille doit être saisie brusquement de manière que les hydrocarbures riches n'aient pas le temps de se décomposer. La température de distillation est comprise entre 800° et 1.300°. En général, quand on veut produire beaucoup sans trop diminuer le titre du gaz, il faut distiller à haute température et augmenter l'épaisseur de houille. La distillation à température peu élevée et en couches minces donne moins de gaz, mais son pouvoir éclairant est supérieur. Le débit des fours n'est pas proportionnel au nombre des cornues; en admettant que 100 kilogrammes de houille donnent 30 mètres cubes de gaz environ; la production d'une cornue en vingt-quatre heures sera de 250 mètres cubes dans le cas d'un four à huit cornues; mais, pour un nombre plus faible d'appareils, le débit peut n'atteindre que 200 mètres cubes avec un four à trois cornues.

Le service des fours est assez pénible; pour huit fours, il faut compter huit hommes ayant chacun une fonction spéciale: chargement des cornues, extraction du coke incandescent, chauffage des fours, et enfin fermeture des cornues. Le chargement des cornues se fait le plus souvent à la pelle ou à la cuillère. Ce dernier procédé consiste simplement à introduire dans la cornue un demi-cylindre rempli de charbon (100 kilogrammes environ par charge), qu'on retourne ensuite brusquement pour déverser le combustible en couche uniforme.

On a essayé d'obtenir mécaniquement le déplacement des cuillères de chargement (système Runge), mais, de tous les procédés mécaniques usités, il n'y a guère que le système Coze qui ait été développé ; les cornues, au lieu d'être placées horizontalement, sont inclinées à 30° ; la houille, introduite par le haut, descend tout doucement et, à la partie inférieure, on recueille le coke. Le grand avantage des procédés mécaniques est de ne pas exiger d'ouvriers spéciaux ; de plus, on peut donner alors aux appareils des dimensions beaucoup plus grandes ; quelques cornues atteignent 6^m,30 de long, la charge est alors de 400 kilogrammes.

Quand la distillation est achevée, on procède au déchargement. A cet effet, le chauffeur desserre un peu la vis de pression qui produit la fermeture et écarte légèrement l'obturateur en présentant au dessus une allumette ou une étoupe pour enflammer le gaz qui s'échappe à travers les fissures du lut. Cette précaution a pour but d'éviter l'explosion qui se produirait au contact immédiat de l'air rentrant dans la cornue, si l'on enlevait d'un seul coup le tampon.

La conduite du foyer ne présente rien de spécial. En ce qui concerne les fours à récupération, il faut avoir soin de retirer de temps à autre les cendres du gazogène, sans interrompre le chauffage. Le combustible est maintenu alors par une grille provisoire, et on vide le cendrier, ouvert seulement à ce moment.

La distillation étant continue, les cornues ne tardent pas à se couvrir intérieurement d'une couche de carbone appelé graphite, par analogie au graphite naturel, ou encore charbon de cornues. Pour les nettoyer, il suffit de faire passer un courant d'air qui brûle ce charbon.

51. Produits de la distillation. — La houille, en distillant, donne un produit volatil, le gaz, et laisse un résidu, le coke. Le gaz ainsi préparé ne saurait être employé directement ; il renferme un grand nombre d'impuretés qui, non seulement, le rendent impropre à l'éclairage, mais en font encore un produit dangereux. Les principaux résidus provenant de son épuration sont le goudron et l'eau ammoniacale.

Cent kilogrammes de houille donnent :

DISTILLATION DE LA HOUILLE



Gaz	29,00 à 31 ^{m3} ,00
Coke	65,00 à 70 ^{kg} ,00 soit 1,6 à 1,8 hectolitre
Goudron	3,50 à 6 ^{kg} ,00 soit 3 à 6 litres
Eau ammoniacale.	4,00 à 9 ^{kg} ,00 soit 4 à 8 litres

A sa sortie de la cornue le gaz renferme une série de produits utiles qui comprennent :

	P. 100	
De l'hydrogène H.....	45 à 50	}
Du gaz des marais ou méthane CH ⁴	32 à 38	
De l'oxyde de carbone CO.	5 à 16	
Des hydrocarbures lourds		
C ⁿ H ^m	3 à 10	Éclairants

La partie éclairante est, en réalité, très faible ; les hydrocarbures lourds qui la composent sont de la série aromatique, comme le *benzol* (C⁶H⁶), le *toluène* (C⁷H⁸), de carbures absorbables par le brome (*éthylène* C²H⁴, *propylène* C³H⁶, *acétylène* C²H²). Tous ces composés sont formés directement ou proviennent de la décomposition d'autres carbures. La présence de quelques-uns, comme le benzol par exemple, joue un rôle prépondérant, quoi qu'il n'entre à peine que pour 0,95 0/0 dans la composition du gaz. Il y a encore un autre carbure important, la *naphtaline* (C¹⁰H⁸) ; mais il se dépose en grande partie dans l'épuration, et sa condensation trop facile dans les conduits est plutôt une gêne.

Les produits inutiles et même nuisibles sont :

L'acide carbonique CO² ;

L'hydrogène sulfuré H²S ; le sulfure de carbone CS² ;

L'ammoniaque AzH³ ; le cyanogène CAz (AzH⁴) ;

L'azote et l'oxygène.

La houille renferme de l'azote, du soufre, qui, avec l'hydrogène, donnent de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré, dont il faut se débarrasser ; on a recours à la propriété qu'a l'ammoniaque de se dissoudre dans l'eau, et l'acide sulfhydrique d'être absorbé par un composé spécial d'oxyde métallique qui se combine avec lui. Quant à l'acide carbonique, qui entre pour une certaine quantité dans la composition du

gaz (1,5 à 3 0/0), il est facile de s'en débarrasser en le faisant absorber par la chaux. Le cyanogène, qui provient de la décomposition de l'ammoniaque en présence du carbone, est retenu dans le réactif de l'acide sulfhydrique.

Il en résulte que, pour enlever du gaz ces impuretés, il faut le soumettre à deux sortes d'épuration : physique et chimique. Les moyens physiques employés sont la dissolution et la condensation. Le premier s'applique plus particulièrement à l'ammoniaque, le second aux carbures lourds qu'on ne peut garder et dont le mélange constitue le goudron. L'épuration chimique sert à faire disparaître l'hydrogène sulfuré.

52. Épuration physique. — *Barillet.* — En sortant de la cornue, le gaz se rend, au moyen d'un tuyau ascensionnel de 130 à 160 millimètres de diamètre, dans un cylindre horizontal de 500 à 800 millimètres, ou barillet, qu'on place au-dessus des fours. A la partie supérieure du tuyau vertical se trouve un tuyau oblique appelé *pipe*, auquel se raccorde un tube plongeur qui pénètre de 30 à 40 millimètres dans l'eau qui remplit à moitié le barillet (*fig. 36 et 37*).

Le barillet a pour but d'arrêter les goudrons lourds et l'ammoniaque, tout en formant joint hydraulique entre les cornues et les appareils qui suivent; les plongeurs pénètrent suffisamment dans l'eau du barillet pour que, pendant l'arrêt, la pression venant du gazomètre ne puisse pas refouler l'eau et permettre un retour du gaz dans les cornues. Au contraire, lorsque les cornues sont en service, la pression qui s'y développe permet au gaz de traverser l'eau en s'échappant au bas des plongeurs et de se rendre aux appareils suivants. L'excès de pression dans les cornues étant nuisible au rendement, on doit s'attacher à rendre minima la hauteur d'immersion.

Siphon. — Lorsque l'eau du barillet est par trop chargée de goudron, on l'évacue au moyen de siphons dans des citernes ou réservoirs et on la remplace par de l'eau pure. La figure 39 indique un dispositif de siphon d'évacuation. Une pièce en fonte B, munie d'un tampon de nettoyage boulonné C, est adaptée avec des boulons sur le fond du barillet; l'extrémité

de cette pièce plonge dans une cuvette D en tôle, supportée contre le four par des consoles en fer. Cette cuvette, d'abord pleine ne tarderait pas à se vider si on n'avait soin d'en renouveler l'eau; il n'est pas possible au gaz de s'échapper, puisque l'extrémité de B plonge dans le liquide d'environ 0^m,30; le goudron et l'eau ammoniacale, au contraire, y coulent facilement, remplissant constamment la cuvette; le trop-plein se déverse dans un conduit qui l'évacue dans les citernes.

Les barillets doivent être nettoyés de temps à autre, afin de les débarrasser de la couche de goudron qui finirait par les obstruer; on fait coïncider cette opération avec celle de la réfection des fours.

Dans certaines usines on emploie des barillets à tabatière dont le nettoyage peut s'effectuer en cours d'exploitation. Ces barillets sont divisés en deux compartiments par une cloison ne descendant pas jusqu'au fond; l'un des compartiments reçoit les plongeurs, l'autre se ferme par de petites trappes en tôle qu'il suffit de soulever pour enlever les dépôts qui se trouvent au fond du barillet.

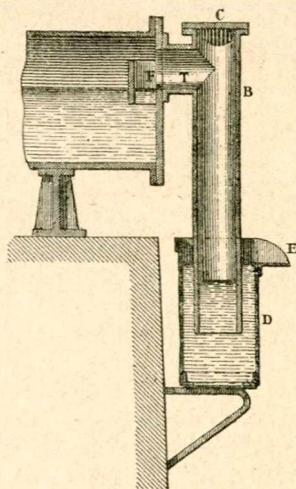


FIG. 39. — Siphon de barillet.

Collecteur. — Jeu d'orgue. — A sa sortie du barillet, le gaz, à 60° environ, est dirigé dans un conduit horizontal appelé *collecteur* dont le diamètre doit avoir 0^m,70 pour un débit journalier de 3.000 mètres cubes de gaz et 1 mètre pour les débits supérieurs. Il n'y en a donc que dans les usines importantes. Les collecteurs sont établis dans le local même des fours, afin d'obtenir une température assez élevée pour empêcher toute condensation des carbures éclairants. La dissolution de la benzine, du toluène et de la naphthaline est

d'autant plus considérable que la température du goudron est plus basse. De là, l'obligation d'avoir dans les collecteurs au maximum 60°; dans ces conditions la naphthaline qui bout à 210°, le toluène à 111°, et la benzine à 80°,5, restent en quantité suffisante.

Quand il sort des collecteurs, le gaz est encore chargé de goudrons légers et de vapeurs ammoniacales. Aussi doit-on compléter la condensation dans une série de tuyaux verticaux ou *jeu d'orgue* renversés sur une cuve où les produits condensés se déposent pour s'écouler ensuite dans des citernes (*fig. 40*).

La cuve est divisée par des cloisons verticales qui obligent le gaz à circuler dans tous les tuyaux; en général, la vitesse d'écoulement ne doit pas dépasser 3 mètres par seconde.

Dans le jeu d'orgue le refroidissement peut être produit directement par l'air ambiant ou bien en faisant couler sur les tuyaux de minces filets d'eau.

Pour diminuer la longueur des tuyaux, tout en leur conservant la même surface, on a imaginé de les faire annulaires (système Kirkham) ou à ailettes, mais alors le prix de l'appareil devient plus élevé. On recueille 20 à 22 kilogrammes de goudron par 1.000 mètres cubes de gaz.

Le gaz entre dans les tuyaux à 55° environ; il en sort à 12 ou 15°; connaissant sa chaleur spécifique 0,48 et le débit, il devient facile de calculer la surface réfrigérante que doit avoir le jeu d'orgue. On compte 20 à 25 mètres carrés par 1.000 mètres cubes de gaz fabriqués en vingt-quatre heures. Si les tuyaux sont à ailettes, il ne faut que 10 à 15 mètres carrés.

Condensateurs à choc. — Quelle que soit l'étendue du jeu d'orgue, la condensation du goudron n'est jamais complète, il en reste toujours une certaine quantité entraînée à l'état vésiculaire. Pour diminuer cet entraînement, on a imaginé de compléter la condensation par un choc mécanique.

Le principe consiste à faire heurter normalement le gaz contre des surfaces planes perforées placées devant lui. Dans le système *Pelouze et Audouin* l'organe principal est une cloche mobile à section octogonale formée par deux séries de

DISTILLATION DE LA HOUILLE

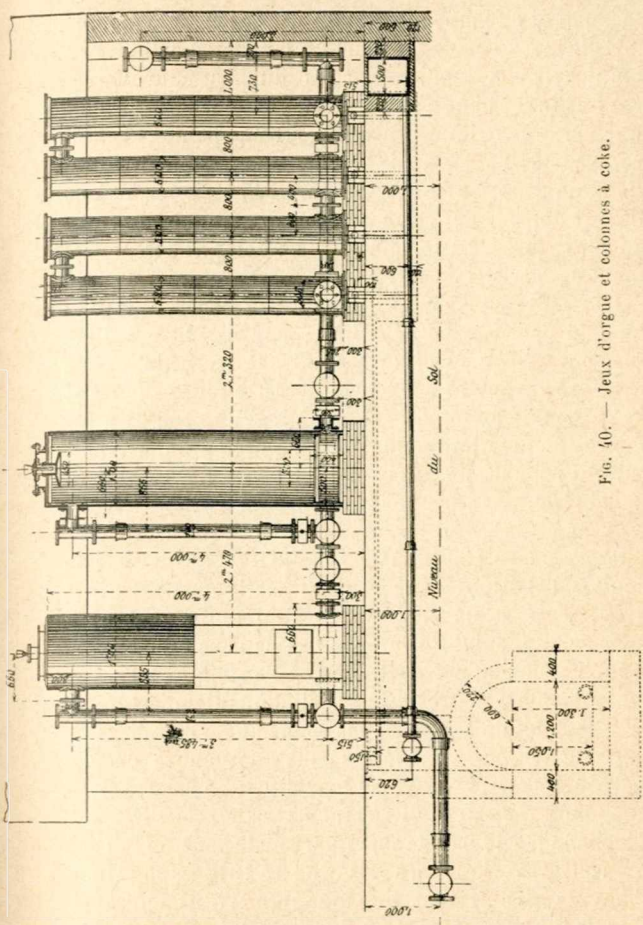


Fig. 40. — Jeux d'orgue et colonnes à coke.

plaques de tôle percées de trous circulaires de 4 millimètre et demi de diamètre ; après avoir traversé une plaque, les veines gazeuses viennent heurter les parties pleines de la seconde et s'échappent ensuite par ses orifices (*fig. 41*).

Cette cloche est logée dans un deuxième cylindre en fonte muni de deux tubulures, celle du bas pour l'arrivée du gaz ; celle du haut pour la sortie. La cloche se prolonge par une corde métallique enroulée sur une poulie, et munie d'un contrepoids pour l'équilibrer de manière à suivre les variations de la production. L'appareil absorbe de 40 à 60 millimètres de pression et ne doit pas fonctionner au-dessous de 20 millimètres. La température ne doit pas descendre également au-dessous de 15°.

Le condensateur *Servier* est un peu plus simple ; la cloche en tôle perforée est remplacée par des tiges cylindriques formant rideau et disposées suivant les génératrices d'un cylindre vertical. Le goudron ne reste plus dans les vides et se rassemble au fond de l'appareil. Il absorbe 20 à 25 millimètres de pression. Moins parfait que le premier, il convient surtout pour les petites usines. On retire 70 à 90 kilogrammes de goudron par 1.000 mètres cubes de gaz.

Scrubbers. — Condensateurs-laveurs. — Les appareils précédents, ainsi disposés, ne peuvent servir qu'à retenir le goudron. Pour se débarrasser de l'ammoniaque, très soluble dans l'eau, il suffit de laver le gaz dans ce liquide.

On emploie, à cet effet, de grands cylindres verticaux en fonte de 3 à 4 mètres de haut et d'un diamètre en rapport avec le débit de gaz, désignés sous le nom de *condensateurs à coke* ou *scrubbers*. Généralement au nombre de deux, ils contiennent chacun 25 à 30 hectolitres de coke, soit un volume de 2 à 3^m₃,5 par 1.000 mètres cubes de gaz. Ce dernier débouche par le bas, tandis que, par le haut, on fait couler de l'eau qui arrose le coke, à raison de 8 à 10 litres pour 100 mètres cubes de gaz. Il faut une quantité d'eau suffisante pour obtenir du gaz pur, tout en donnant des eaux ammoniacales saturées. On peut, pour plus de simplicité, n'avoir qu'une seule colonne séparée en deux par un diaphragme vertical ou munie de plateaux horizontaux formant chicanes.

DISTILLATION DE LA HOUILLE

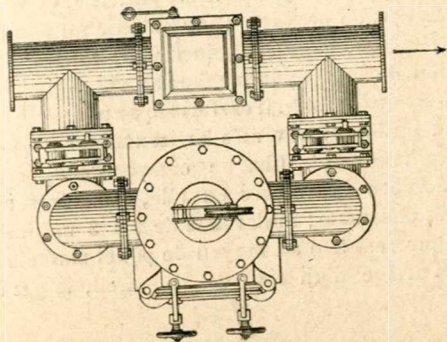
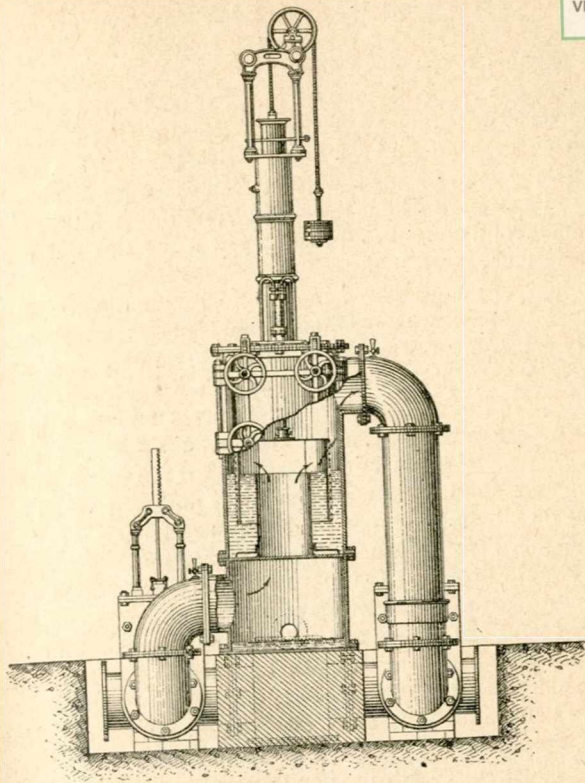


FIG. 41. — Condensateur Pelouze et Audouin.

M. *Chevalet* a imaginé un scrubber assez simple pour petites usines. Le cylindre vertical est coupé par une série de planchers horizontaux munis de petites cheminées par où s'échappe le gaz. Chaque diaphragme est pourvu d'un rebord vertical, de manière à former cuvette. On le remplit de coke ou de copeaux de bois. L'eau arrive par le haut, séjourne quelque temps dans chaque plateau avant de tomber dans celui au dessous. Pour le nettoyage, il suffit de retirer tous les planchers d'un seul coup, au moyen d'une tige qui les traverse tous.

Pour la dissolution complète de l'ammoniaque, on peut employer un *condensateur-laveur* analogue aux colonnes distillatoires. L'appareil consiste en une série de plateaux horizontaux superposés, possédant au milieu une large ouverture à rebord. Une paroi plane au-dessus du plateau force le gaz à se rabattre horizontalement et à s'échapper par les orifices ménagés sur la périphérie où il rencontre la nappe d'eau circulant en sens inverse et se dirigeant vers l'ouverture du milieu. Le lavage ainsi obtenu est fait d'une façon méthodique. Tous les plateaux sont enfermés dans un cylindre en tôle, le haut est libre de manière à recevoir une certaine quantité de coke. On compte généralement $0^m^3,3$ à $0^m^3,4$ d'appareil pour 100 mètres cubes de gaz en vingt-quatre heures, avec une consommation d'eau de 6 litres; l'eau ammoniacale obtenue est à 4°.

Au lieu de plateaux aussi compliqués, on peut employer de simples tôles perforées (système *Chevalet*) avec registres qui permettent de faire varier le nombre des trous et, par suite, la vitesse de circulation du gaz. Il faut absorber 20 à 30 millimètres de pression pour obtenir un bon lavage.

Nous citerons, pour les usines importantes dépassant la production de 3.000 mètres cubes en vingt-quatre heures, le laveur *Standard* (fig. 42). Il est formé par une série de tambours verticaux en fonte, traversés horizontalement par un arbre mù mécaniquement. Chaque compartiment comporte un certain nombre de disques en tôle, clavetés sur l'arbre et boulonnés ensemble; l'intervalle de 2 à 3 millimètres entre deux plaques est fixé au moyen de petits mamelons emboutis. L'eau arrive d'un côté de l'appareil, le gaz de l'autre.

L'arbre fait 5 à 10 tours par minute, entraînant les plaques de tôle dont une moitié plonge dans l'eau, et l'autre reste au dessus. Il faut 45 à 55 litres d'eau par tonne de houille. En

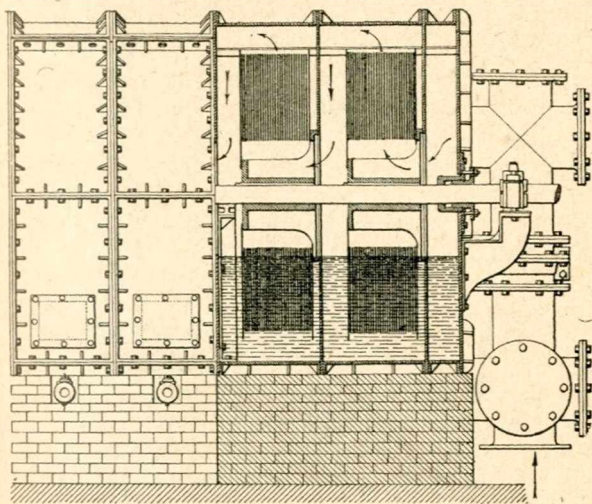


FIG. 42. — Laveur Standard.

règle générale, dans l'opération du lavage, il convient de commencer l'épuration par l'emploi d'eaux ammoniacales et de finir par l'eau pure. Le gaz impur, en contact avec l'eau ammoniacale, sature celle-ci; de plus l'acide carbonique du gaz décompose le sulphydrate d'ammoniaque en donnant du carbonate très soluble et de l'acide sulphydrique enlevé ultérieurement.

53. Extracteurs. — Sur le parcours du gaz, entre les cornues et l'épuration chimique, on intercale un appareil spécial désigné sous le nom d'extracteur ou d'exhausteur, qui a pour but d'aspirer le gaz des cornues pour le refouler dans le gazomètre. Avant son emploi, il fallait que la pression à la sortie

des cornues, fût au moins de 350 à 400 millimètres d'eau pour vaincre toutes les résistances créées par les différents appareils d'épuration. Cette pression exagérée avait comme conséquence d'augmenter les fuites et la production de graphite; de plus, il fallait arrêter la distillation avant sa durée normale de cinq heures. Les extracteurs ont permis d'augmenter la production du gaz de 12 à 15 0/0, aussi leur emploi est-il devenu général. Il y a deux sortes d'extracteurs : 1^o les pompes rotatives; 2^o les extracteurs à jet de vapeur.

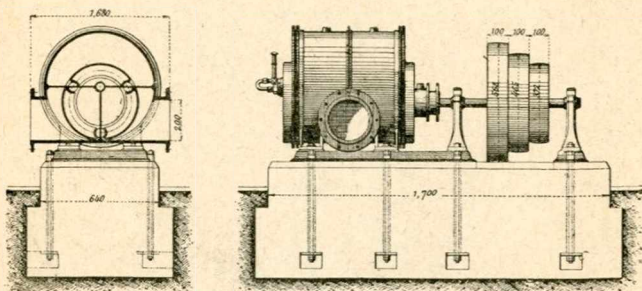


Fig. 43. — Extracteur Beale.

Les pompes rotatives et, en particulier, l'extracteur Beale, sont assez répandus. L'aspiration est produite par la rotation de deux plaques glissant l'une sur l'autre, à l'intérieur d'un cylindre horizontal (fig. 43). L'extracteur peut être à deux ou trois ailes. Le fonctionnement en est très régulier, il peut marcher à vitesse constante ou à vitesse variable, 70 à 100 tours par minute. Il se place après le jeu d'orgue, le goudron aidant son fonctionnement. On compte généralement sur une puissance de 1 cheval par 1.000 mètres cubes de gaz à l'heure et par centimètre de contre-pression. Du reste, si on désigne par h cette contre-pression en mètres; par Q , la quantité de gaz refoulée par seconde en mètres cubes, on aura pour la puissance effective T nécessaire :

$$T = 45Qh.$$

L'appareil précédent exige un moteur spécial. Pour éviter cette complication, on a imaginé d'appliquer au gaz le principe de l'injecteur de vapeur. L'extracteur, alors fort simple, se compose d'une tuyère avec aiguille pour le réglage de la sortie de la vapeur (fig. 44); le gaz aspiré est entraîné par cette

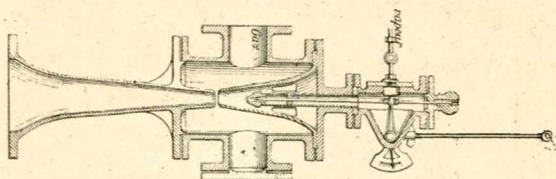


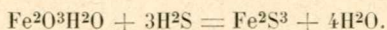
Fig. 44. — Extracteur à jet de vapeur.

dernière. Le mélange passe ensuite dans un cylindre muni de tuyaux verticaux plongeant dans l'eau froide, de manière à condenser la vapeur. Au contraire du précédent, il faut placer l'extracteur après l'enlèvement complet du goudron, qui ne tarderait pas à l'encrasser. La consommation de vapeur est de 8 kilogrammes à 5 atmosphères par 4.000 mètres cubes de gaz aspiré et par centimètre de contrepression; quant au condenseur, il faut compter, dans ces conditions, 4 mètres carrés de surface réfrigérante.

L'emploi d'extracteurs exige l'installation d'appareils spéciaux ou régulateurs. On comprend aisément qu'il puisse y avoir excès ou arrêt dans la production des cornues et, quel que soit le cas, risque d'accident. Un régulateur fort simple consiste à installer, sur la conduite de gaz, une cloche ou régulateur de vide, dont les mouvements peuvent modifier soit la quantité de vapeur admise par l'extracteur, soit le débit du gaz, et permettre à une partie du fluide refoulé d'être aspirée à nouveau.

54. Épuration chimique. — Elle a pour but de débarrasser le gaz des produits nuisibles : acide carbonique, hydrogène sulfuré, cyanogène, que l'épuration précédente n'a pu enlever. Elle est basée sur la propriété qu'ont ces gaz de se

combiner avec certaines substances solides, pour donner des composés spéciaux faciles à retirer. L'acide carbonique est absorbé par la chaux avec laquelle il donne du carbonate de chaux. L'hydrogène sulfuré se combine avec du sesquioxyde de fer pour donner du sulfure de fer :



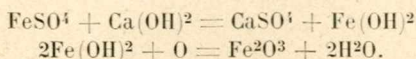
100 kilogrammes de $\text{Fe}^2\text{O}^3\text{H}^2\text{O}$ retiennent 300 kilogrammes de soufre.

Il semblerait, pour cette dernière réaction, qu'après avoir été employée, la matière ne puisse plus servir. Il n'en est rien ; exposé au contact de l'air, le sulfure se transforme, en redonnant du sesquioxyde de fer et en abandonnant le soufre :

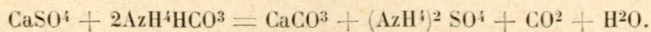


L'oxyde peut ainsi se revivifier plus de quarante fois.

Dans la pratique les diverses réactions ont lieu en même temps. Pour cela, on constitue un mélange, dit mélange de *Laming*, comprenant de la chaux, du sulfate de fer ou coupe-rose verte, et de la sciure de bois humide, qui sert d'éponge. Pour 1 mètre cube de sciure, pesant 250 kilogrammes, il faut 3 hectolitres de chaux, d'un poids de 180 kilogrammes, et 3 hectolitres de sulfate de fer, pesant 350 kilogrammes. Dans ce mélange il se produit une première réaction ; au contact de l'air la chaux décompose le sulfate, en donnant du sulfate de chaux et du sesquioxyde de fer :



Il reste un peu de chaux non attaquée. Le sulfate de chaux décompose, en outre, le carbonate d'ammoniaque, en donnant du carbonate de chaux, du sulfate d'ammoniaque et de l'acide carbonique :



Le mélange de Laming est brassé fortement, au contact de l'air, jusqu'à ce que la matière devienne d'un brun rougeâtre qui caractérise le sesquioxyde de fer. Il est utilisé ensuite par couches de 0^m,50 à 0^m,70, de manière à être traversé facilement par le gaz. S'il est employé sans sciure, l'épaisseur n'est que de 0^m,07 à 0^m,08.

La matière peut être disposée dans le fond d'une cuve en fonte ou maçonnerie (*fig. 45*), à 0^m,30 au-dessus du sol, sur des claies ou planches perforées. Les cuves, ou épurateurs, sont fermées par un couvercle en tôle à joint hydraulique; elles sont rectangulaires ou cylindriques, en une ou plusieurs pièces, suivant les dimensions. Le gaz, arrivant par le haut, à une des extrémités de la cuve, passe successivement sur chaque couche de matière avant de ressortir à l'autre extrémité. On compte généralement 3 mètres carrés à 3^m2,5 de surface de claie par 1.000 mètres cubes de gaz préparés en vingt-quatre heures; il est, dès lors, facile de déduire le nombre des claies et la dimension des épurateurs.

Dans ces conditions le mélange doit être renouvelé toutes les vingt-quatre heures. Pour pouvoir faire ce changement, sans interrompre la fabrication du gaz, il faut disposer au moins de deux épurateurs. Le plus souvent, on en met quatre. Le gaz circule méthodiquement dans trois d'entre eux, pendant que le quatrième est en préparation. Les quatre cuves peuvent être placées chacune au sommet d'un carré, dont le centre est occupé par une cloche de distribution qui permet d'isoler l'un quelconque des épurateurs (*fig. 46*). La manœuvre du couvercle de cette cloche se fait au moyen d'une vis. On peut encore disposer les épurateurs sur une ou plusieurs rangées; la distribution du gaz se fait alors au moyen de vannes à deux ou trois voies.

Le couvercle des cuves d'épuration étant assez lourd à manœuvrer, on peut employer, à cet effet, un pont roulant, ou plus simplement une grue à pivot. La revivification de la matière a lieu sous des hangars spéciaux en couches de 20 centimètres environ, sur des planchers à claires-voies. L'oxydation du sulfure de fer se fait avec un grand dégagement de chaleur et d'odeur désagréable. Lorsque la matière

est épuisée, ce qui arrive après une épuration de 30.000 mètres cubes de gaz par mètre cube de matière, elle renferme

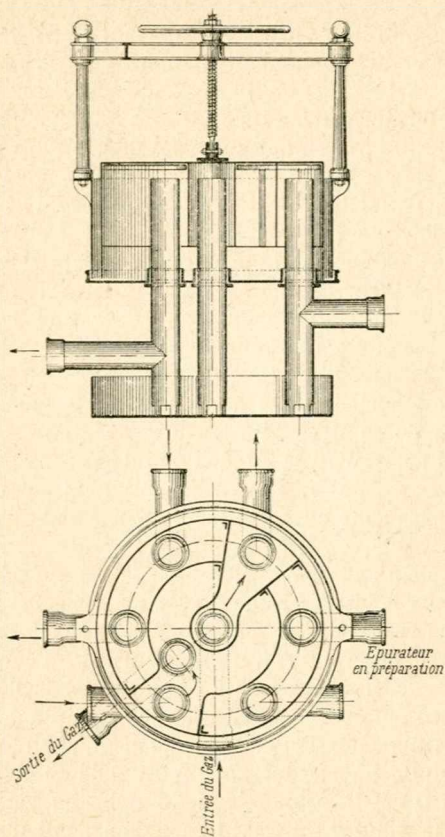


FIG. 46. — Cloche de distribution.

beaucoup de soufre et de goudron. Comme elle contient des sels d'ammoniaque et des cyanures de fer, on la soumet à un lavage important. Le gaz, ainsi purifié, ne doit pas noircir

le papier à acétate de plomb ni troubler l'eau de chaux. On a imaginé d'autres modes d'épuration, mais leur emploi ne s'est pas répandu.

55. Compteurs de fabrication. — Avant d'envoyer le gaz sous la cloche du gazomètre, il est intéressant d'en connaître la quantité fabriquée, en la faisant enregistrer par des compteurs de fabrication. On se trouve renseigné, en outre, sur la valeur des pertes, puisqu'on est fixé, d'autre part, sur la quantité de gaz vendu. Le principe de ces appareils est le même que celui des compteurs d'abonnés dont ils diffèrent par l'addition d'organes enregistreurs, qui permettent de suivre à chaque instant la marche de la fabrication.

Les modèles d'enregistreurs sont, du reste, assez nombreux. Toutes les vingt-quatre heures, on retire une feuille de papier sur laquelle se trouve inscrit, heure par heure, le service de l'usine. En outre, ces compteurs nécessitent : une alimentation constante du niveau de l'eau, des tubes indicateurs de ce niveau, un jeu de valves formant *by-pass*, c'est-à-dire permettant la circulation du gaz sans passer par le compteur et, enfin, l'aménagement de trous d'homme dans le corps même du cylindre ou sur les plateaux pour le nettoyage.

Les compteurs atteignent des dimensions considérables : quelques-uns débitent jusqu'à 50.000 mètres cubes par jour. L'enveloppe se fait en fonte à plusieurs anneaux juxtaposés ou en un seul anneau en divers segments. Ils se construisent sur commande. Le volume d'un compteur est facile à déterminer, en se donnant la production maxima d'une journée, y compris l'augmentation probable de débit, et en s'imposant la condition de ne pas lui faire faire plus de 100 tours à l'heure. Si Q est le volume total du débit en vingt-quatre heures, v le volume du gaz du compteur, qui n'est autre que la couronne cylindrique ayant pour hauteur la longueur du volant et pour base la surface comprise entre le contour extérieur du volant et la circonférence correspondant à la ligne d'eau, on aura :

$$Q = v \times 100 \times 24 ;$$



d'où :

$$v = \frac{Q}{100 \times 24}$$

On prend le plus souvent la longueur du volant égale à son diamètre ; dans ces conditions on a le minimum de matière et de frottement dans l'eau.

La pression, absorbée par un compteur, ne doit pas excéder 10 à 12 millimètres pour des faibles débits (500 à 2.000 mètres cubes), et 15 à 18 millimètres pour des débits de 5.000 à 30.000 mètres cubes.

56. Gazomètres. — Le gaz préparé d'une manière continue doit être emmagasiné, pour les besoins intermittents de la consommation, dans un réservoir spécial ou gazomètre constitué par une cloche renversée sur une cuve à eau. La cuve, établie le plus souvent dans le sol, se fait en maçonnerie, quelquefois en fer ou en fonte. Le radier est formé par un béton permettant de répartir la charge uniformément sur le sol ; on lui donne de 50 à 80 centimètres d'épaisseur, correspondant à une pression de 25 à 30 kilogrammes par centimètre carré. Les parois, en maçonnerie ou métal, doivent pouvoir résister à la pression considérable de l'eau ; il est vrai qu'elle est compensée en partie par la poussée des terres. L'épaisseur va en diminuant de la base au sommet ; elle est, à la base, égale au tiers ou à la moitié de la hauteur pour s'abaisser à un dixième au sommet. Des formules spéciales permettent de calculer ces dimensions. Toute la cuve est revêtue intérieurement d'une couche en ciment de première qualité de 2 à 5 centimètres, qui doit être parfaitement étanche pour éviter toute communication avec les nappes voisines.

La cloche est formée par un cylindre en tôle surmonté d'une calotte sphérique. Sa capacité utile doit atteindre 60 à 75 0/0 de la consommation maxima en vingt-quatre heures, et ne jamais descendre au-dessous de 50 0/0. On admet, comme rapport de la hauteur au diamètre, 1/3 à 1/5. L'épaisseur des tôles dépend des dimensions de la cloche ; elle

varie, en outre, avec leur position. Le tableau ci-dessous indique les chiffres les plus employés.

CAPACITÉ des GAZOMÈTRES	PARTIE CYLINDRIQUE		CALOTTE					
	Haut et bas		Rangées intermédiaires		Anneaux externes		Rangées du milieu	
mètres cubes	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
100 à 500	2,5	à 3,0	2,0	à 2,5	2,5	à 3,5	2,0	à 2,5
500 à 1.000	3,0	à 3,5	2,5	à 2,75	3,0	à 3,5	2,5	à 2,75
1.000 à 2.000	4,0		3,0		4,0		3,0	
2.000 à 5.000	5,5		4,0		5,5		4,0	

Les feuilles, de 1 mètre de haut, assemblées au moyen de rivets posés à froid, sont recouvertes ensuite extérieurement d'une peinture au minium et au goudron. La calotte est maintenue dans la cuve par l'intermédiaire d'une charpente qui a servi au montage (*fig. 47*) ; on la raidit au moyen d'armatures fixes en fer cornière ou à double **T** avec treillis transversal, suivant l'importance du diamètre. Lorsque la cloche sort de la cuve, il faut la guider au moyen de supports reposant sur des dés en fonte ou en maçonnerie disposés tout autour sur la margelle de la cuve et reliés en haut par des entretoises (*fig. 48 et 49*). Les dimensions de ces colonnes se calculent de façon à pouvoir résister à l'effort du vent, en admettant que la pression exercée sur le cylindre soit égale à 0,57 de la pression totale agissant sur sa surface plane verticale ; la valeur de cette pression par mètre carré est évaluée à 200 kilogrammes.

Les guides proprement dits sont installés aux flans de la cuve et se prolongent le long des colonnes en forme de double **T**, de 0^m,20 à 0^m,25 de large, sur les ailes duquel viennent rouler des galets disposés deux par deux tangentiellement à la circonférence de la cloche, de manière à ne pas la déformer. On emploie également des galets normaux aux guidages.

La cuve doit avoir la hauteur de la cloche ; mais, lorsque