

en cas de réparation. La vapeur arrive à l'extracteur par un tuyau *a* communiquant avec la chaudière, *b* est un purgeur. Enfin le gaz pénètre sous la cloche de régulation *R* par un tuyau *C* qui est branché sur la conduite d'aspiration. Cette cloche monte ou descend suivant la pression qui existe dans cette conduite et ce mouvement fait ouvrir ou fermer l'admission de vapeur. La manière dont cette régulation se produit est des plus ingénieuses et donne une grande sensibilité à l'appareil. Le règlement du jet de vapeur a lieu au moyen d'une aiguille qui ferme plus ou moins l'orifice à l'entrée même de la vapeur dans l'extracteur. Dans l'extracteur de Körtling, cette régulation est produite par un papillon qui est moins sen-

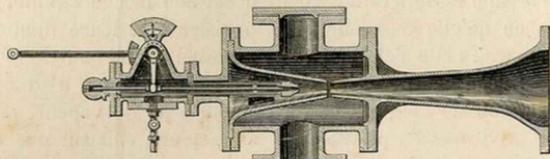


Fig. 36. — Extracteur à jet de vapeur (coupe).

sible que l'aiguille conique de M. Bourdon. La figure 36 représente une coupe de l'extracteur lui-même dans laquelle on peut voir l'aiguille régulatrice placée dans le cône d'entrée de vapeur.

Ces appareils exigent de la vapeur à une pression d'au moins 5 atmosphères; l'utilisation de la vapeur croissant proportionnellement à la pression, il y a un intérêt évident à augmenter autant que possible cette dernière. On peut admettre en pratique que ce genre d'appareils consomme 8 kilogrammes de vapeur à 5 atmosphères par centimètre de contre-pression et par 1000 mètres cubes de gaz extraits. Le condenseur doit avoir une surface de refroidissement de 4 mètres carrés par 1000 mètres cubes de gaz. Les eaux provenant du condenseur doivent être recueillies, bien qu'elles ne marquent que 1 degré à 1 degré et demi; leur teneur moyenne en ammoniacque correspond à 7 ou 10 kilogrammes de sulfate par mètre cube.

Nous avons vu dans la description de l'extracteur à jet de vapeur un appareil dont la fonction est de proportionner l'introduction de vapeur aux quantités de gaz à aspirer ; c'est le régulateur R. Tous les systèmes d'extracteurs doivent être munis d'un appareil de ce genre.

En effet, la production du gaz est sujette à des variations continues et par conséquent, dans tous les appareils actuels, on ne peut déterminer d'avance la vitesse à donner aux extracteurs. On fixe seulement la valeur que la pression devra avoir en marche normale dans les cornues et le régulateur a pour but de maintenir cette pression constante.

L'organe essentiel du régulateur est une cloche équilibrée de telle façon qu'elle descende si la pression intérieure diminue et qu'au contraire elle s'élève si cette pression augmente. Ce mouvement vertical est utilisé pour agir soit sur le robinet d'admission de vapeur ou sur l'aiguille de l'extracteur à jet de vapeur, ce qui modifie la vitesse d'aspiration des extracteurs, soit sur une valve de secours qui permet au gaz aspiré de revenir en arrière. Cette dernière disposition ne doit être considérée que comme secours pour le cas où la marche de l'extracteur serait subitement arrêtée. Dans les grandes usines, on a soin d'avoir un double jeu d'extracteurs pour le cas de réparations à exécuter à l'un d'eux.

Nous avons parlé des extracteurs avant de parler de la condensation parce que, après avoir vu les inconvénients de l'excès de pression dans les cornues, nous avons voulu indiquer de suite les moyens d'y remédier ; mais certaines considérations les font généralement disposer autrement.

Il est bon de placer l'extracteur aussi près que possible du barillet ; car s'il est plus loin, il se trouve exposé à produire des aspirations d'air dans les joints hydrauliques des appareils de condensation et, en outre, si la pression est trop faible, cette condensation se fait trop bien par suite de la précipitation des hydrocarbures légers qui concourent à donner au gaz son pouvoir éclairant. Mais, d'un autre côté, les extracteurs fonctionnent mal, lorsque le

gaz contient trop de goudrons. On devra donc, en pratique, les placer entre les appareils servant à la condensation et ceux qui épurent le gaz.

Condensation du gaz.

Nous avons vu que le gaz abandonne dans le barillet une partie du goudron et de l'eau ammoniacale qu'il contient. La température de la cornue étant au-dessus de 1000 degrés, celle du gaz s'abaisse brusquement à 300 à la sortie, puis à 60 environ dans le barillet; cette différence suffit pour que les vapeurs en suspension dans le gaz prennent l'état liquide, car les points d'ébullition de la plupart des carbures contenus dans le gaz d'éclairage sont supérieurs à 60 degrés. Théoriquement il devrait y avoir condensation complète par le refroidissement. Aussi pendant longtemps les constructeurs d'usines à gaz ont-ils cherché simplement à abaisser la température des produits de la distillation, mais on s'est aperçu peu à peu que les condensations étaient imparfaites et que beaucoup de substances qui sembleraient devoir se déposer sont entraînées par le gaz vers les appareils d'épuration. Les travaux remarquables de MM. Guéguen, Coze, Chevalet, etc., ont montré que les matières volatiles qui s'échappent des cornues et qu'il faut condenser se composent de gaz permanents, de vapeur d'eau, de vapeurs de carbures généralement solubles les uns dans les autres et à points d'ébullition très rapprochés, mais insolubles dans l'eau, enfin de très fines particules de carbone à un état globuleux spécial dans lequel chaque gouttelette est formée de noir de fumée agglutiné par des carbures et constituant le goudron. Aussi les carbures réellement à l'état de vapeur se condensent-ils bien par abaissement de température; mais les globules de goudron, ainsi que les fines particules de carbures condensables en cristaux très ténus tels que la naphthaline, sont entraînées par le courant des gaz permanents comme de la poussière par un courant d'air.

D'un autre côté, on a observé que, si l'on refroidit trop brus-

quement le gaz, on lui enlève des carbures volatils éclairants qui se dissolvent dans les huiles lourdes condensées. On a par suite conclu de nombreuses expériences que, s'il fallait refroidir, il fallait le faire progressivement et enlever les goudrons lourds, au fur et à mesure que la température s'abaissait, de manière à ne pas les laisser en contact avec les carbures volatils lorsque le gaz arrivait à la température ambiante. Enfin on a constaté qu'il était possible de diminuer les dépenses de l'épuration proprement dite en arrêtant, au moyen du lavage pendant la condensation, une partie de l'hydrogène sulfuré libre et la presque totalité de l'ammoniaque. Aussi, aujourd'hui les appareils de condensation ressemblent-ils peu à ceux qui étaient encore employés il y a quelques années. Et nous-même avons eu l'occasion d'appliquer avec succès depuis une dizaine d'années ces nouveaux principes de condensation dans la construction d'usines à gaz et de réaliser ainsi un notable progrès sur la qualité et le rendement du gaz en même temps que nous en séparions complètement les sous-produits.

En résumé : 1° la condensation devra se faire en séparant dès le barillet le gaz chaud du goudron lourd; pour cela les plongeurs devront toujours laisser barboter le gaz, au-dessus du goudron, dans l'eau ammoniacale seule.

2° Le refroidissement du gaz devra avoir lieu méthodiquement et non brusquement avec une élimination continue des goudrons. Ce refroidissement devra se produire, non pas dans des tuyaux longs et à faible section, mais au contraire dans des cylindres de grand diamètre qu'il traversera avec la plus faible vitesse possible, de manière à laisser déposer par leur propre poids les particules solides en suspension dans le courant gazeux. La température du gaz à la sortie de ces condenseurs devra être telle que les carbures volatils solubles dans les huiles lourdes soient encore à l'état de vapeur, le gaz ne devra plus contenir de goudrons lourds.

3° Pour terminer la condensation, le gaz devra être divisé, laminé en quelque sorte et passé aux *scrubbers* (mot anglais qui signifie ratissoire) dans lesquels chaque molécule sera en quelque

sorte frottée soit contre un corps solide, soit contre des gouttes

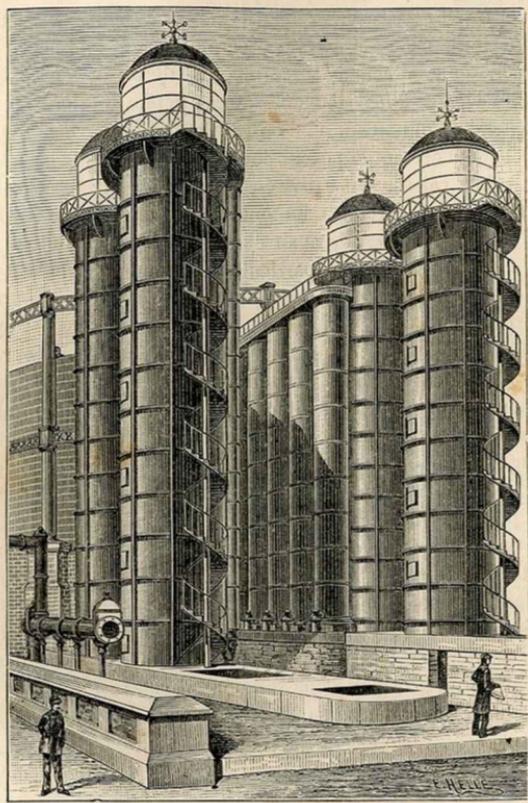


Fig. 37. — Condenseur de l'usine de Salford (Manchester).

d'eau pour en enlever les dernières particules de goudron. Les appa-

reils qui servent à réaliser ces opérations sont souvent confondus. Nous allons les décrire méthodiquement suivant les principes que nous venons d'exposer. Ce sont: 1° d'abord le barillet dont nous avons parlé; 2° les *réfrigérants*; 3° les condenseurs proprement dits. Les réfrigérants se composent d'une série de tuyaux en fonte placés verticalement les uns à côté des autres; la partie inférieure de ces tuyaux est boulonnée sur une ou plusieurs caisses en fonte où les produits condensés se déposent pour s'écouler ensuite au moyen de siphons. Les caisses sont divisées par des cloisons verticales qui obligent le gaz à parcourir toute la longueur des tuyaux. Ce dispositif appelé *jeu d'orgue* avait l'inconvénient de maintenir le gaz à une grande vitesse, les particules de goudron n'avaient pas le temps de se déposer et étaient entraînées jusqu'aux épurateurs. En outre, ces tuyaux s'obstruaient facilement; on les nettoyait au moyen de tringles en fer ou mieux par des jets de vapeur. Quelquefois ils étaient disposés horizontalement; les produits des condensations s'écoulaient alors difficilement; enfin on les entourait quelquefois d'une enveloppe en tôle où circulait un courant d'eau froide.

Aujourd'hui on substitue peu à peu au jeu d'orgue à petits tuyaux très longs des condenseurs à grande section dans lequel le gaz possède une faible vitesse et où la condensation se produit plus rationnellement. On a même été quelquefois jusqu'à employer de vastes chambres de condensation ou des condenseurs chauffés. Les premières sont coûteuses à établir pour de grandes usines, et nous croyons qu'il suffit, quand on emploie des appareils à grande section, de les placer à l'abri pour que le refroidissement ne soit pas trop brusque; nous donnons ci-contre (fig. 37) l'aspect du système de condensation de l'usine de Salford (Manchester) comprenant des condenseurs annulaires à grande section et des scrubbers; ces derniers contiennent un dispositif extrêmement efficace, mais un peu coûteux. Ce sont des planchettes en forme de grillage à travers les fentes desquelles le gaz, passant forcément à l'état très divisé, rencontre une pluie d'eau qui condense l'ammoniac. Lorsque le gaz a traversé les condenseurs réfrigérants, il est



conduit aux scrubbers où il finit de se séparer des produits condensables. Le refroidissement et la diminution de vitesse ne suffisent pas en effet pour le débarrasser des dernières particules de goudron. On emploie alors des appareils dans lesquels le gaz divisé en bulles rencontre des obstacles contre lesquels il se frotte en quelque sorte, est brossé, ratissé et perd les dernières traces de goudron. Certaines usines lavent le gaz après la condensation. Les premiers condenseurs sans lavage étaient surtout des colonnes à coke, sorte de cylindres verticaux dans lesquels on entassait du coke, des cailloux ou des copeaux. Ces matières étaient vite encrassées et la colonne à coke s'obstruait ou ne fonctionnait plus efficacement; on y a presque généralement renoncé et on les a remplacées par des condenseurs à choc. Le plus simple de ces appareils consiste en une série de plaques de tôle percées et disposées de telle sorte que les ouvertures d'une plaque se trouvent en face des espaces pleins existant entre les trous de celle qui la suit. Le gaz traversant ces petits trous est divisé en une multitude de jets qui viennent s'écraser sur une surface pleine en déposant du goudron. M. Servier a construit un système de condenseur à choc très simple composé d'une sorte de vanne à vis dans laquelle la plaque de fermeture est remplacée par un peigne composé d'une série de tiges rondes placées sur plusieurs rangs. Le gaz, laminé par son passage à travers les fentes, dépose les particules de goudron sur les tiges placées directement en face du courant gazeux, et ce goudron tombe à la partie inférieure de la caisse du condenseur d'où il s'écoule par un siphon. On fait monter ou descendre la grille dans le goudron qui reste toujours à une certaine hauteur, de manière à régler le passage que l'on veut donner au gaz proportionnellement à la quantité de gaz fabriqué.

Le condenseur de MM. Pelouze et Audouin (fig. 38) a pour organe essentiel une cloche mobile à section octogonale, formée de deux lames de tôle percées de trous circulaires de 1 millimètre 5. Cette cloche flotte dans une chambre en fonte où elle est soutenue par une tige suspendue elle-même à la partie supérieure d'une

seconde cloche pleine, formant fermeture hydraulique et équilibrée par un système de contrepoids.

Le gaz arrive sous la cloche intérieure percée de trous qu'il traverse, il va frapper les parties pleines de la cloche extérieure

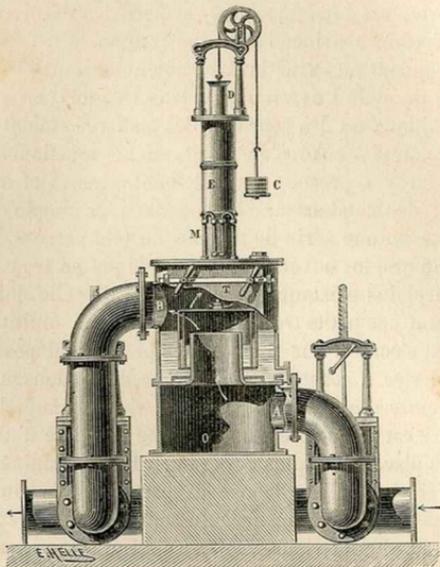


Fig. 38. — Condenseur Pelouze et Audouin.

contre lesquelles les vésicules de goudron viennent s'arrêter pour couler ensuite dans la gorge où se meut la cloche et enfin il sort du condenseur par une tubulure latérale. L'appareil est muni d'un système de *by-pass* qui permet de l'isoler ou de laisser passer le gaz directement dans le cas où un engorgement se produirait. Il faut éviter avec le condenseur Pelouze et Audouin que la température

du gaz introduit descende au-dessous de 30° parce que les goudrons seraient trop épais.

Le nettoyage de la cloche se fait en la plongeant dans l'eau chaude ou mieux dans de l'huile légère de goudron.

En somme, les condenseurs à choc de Servier ou de Pelouze et Audouin remplissent les fonctions des anciennes colonnes à coke lorsqu'elles étaient nouvellement remplies de matières propres, mais ils présentent un avantage qui les rend précieux dans la pratique ; leur nettoyage est très facile et le goudron se sépare vite des surfaces sur lesquelles il se dépose.

On a constaté également l'efficacité du frottement des particules de gaz contre des gouttelettes d'eau ; en outre, ce procédé a l'avantage d'enlever au gaz presque tous, et même, par un lavage méthodique, tous les éléments solubles dans l'eau. Le gaz hydrogène sulfuré, les combinaisons sulfurées de l'ammoniaque et ses sels solubles, tels que le carbonate, sont arrêtés. Aussi, depuis longtemps, l'industrie du gaz a-t-elle employé les laveurs ; dans ces dernières années on a construit les laveurs de manière à condenser en même temps les dernières particules de goudron. Les premiers étaient des caisses contenant un liquide dans lequel le gaz barbotait ; ils avaient surtout pour but de produire l'épuration. Clegg faisait passer le gaz dans un lait de chaux maintenu en mouvement par un agitateur ; Croll remplaçait la chaux par de l'acide

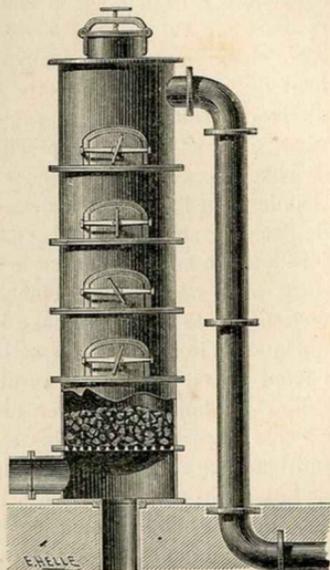


Fig. 39. — Colonne à coke.

sulfurique et Mallet faisait usage de solutions de chlorure de manganèse ou de sulfate de fer en vue d'absorber l'ammoniaque. A l'inconvénient de ne pas être très efficaces, ces appareils joignaient celui d'absorber beaucoup de pression. Aussi, ont-ils été remplacés par des scrubbers ou mieux des laveurs condenseurs. Le plus simple des scrubbers est la colonne à coke lavé (fig. 39). C'est un cylindre vertical en fonte formé de plusieurs anneaux superposés ; entre chaque anneau se trouve une grille supportant du coke. En haut de l'appareil l'eau tombe divisée, soit à travers une pomme d'arrosoir, soit par un tourniquet hydraulique à réaction. Le gaz pénètre par le bas de l'appareil et, traversant les diverses couches de coke mouillé, se partage en une infinité de filets gazeux qui abandonnent l'ammoniaque, une partie de l'hydrogène sulfuré et de l'acide carbonique qu'ils contiennent. Le gaz sort par une tubulure latérale boulonnée sous le couvercle de l'appareil. Des ouvertures pratiquées dans chaque anneau au-dessus de la grille permettent l'enlèvement du coke lorsqu'il est encrassé. On remplace quelquefois le coke par des cailloux, des copeaux ou, comme nous l'avons vu en parlant des scrubbers de l'usine de Salfört, par des grilles en bois. Ce dernier dispositif est assez coûteux, mais il est très efficace. Quelquefois aussi, on dispose dans la colonne du scrubber une série de plateaux horizontaux qui reçoivent l'eau et la maintiennent en lame mince à leur surface ; le gaz parcourt toutes ces surfaces et abandonne également son ammoniaque. Toutefois l'eau, étant moins divisée, agit moins bien qu'avec les appareils indiqués ci-dessus.

Partant de ce principe que, pour obtenir un bon lavage, il faut faire passer le gaz d'abord sur de l'eau ammoniacale, qui absorbe l'hydrogène sulfuré et l'acide carbonique, et terminer par de l'eau pure, tout en maintenant les liquides dans un grand état de division, M. Chevalet a combiné un excellent laveur condenseur (fig. 40). Cet appareil se compose habituellement de trois plaques de tôle perforées de trous de 2 à 3 millimètres de diamètre, montées horizontalement les unes au-dessus des autres dans des

cases rectangulaires en fonte. Chaque plaque est mobile et glisse sur une portée qui règne tout autour de la case; à chaque case il existe un tuyau de trop-plein qui plonge dans une cuvette; ces tuyaux de trop-plein, ainsi que la cuvette, sont indépendants des plaques perforées; il en résulte que celles-ci sont mobiles et qu'elles peuvent être sorties à volonté du laveur par une ouverture

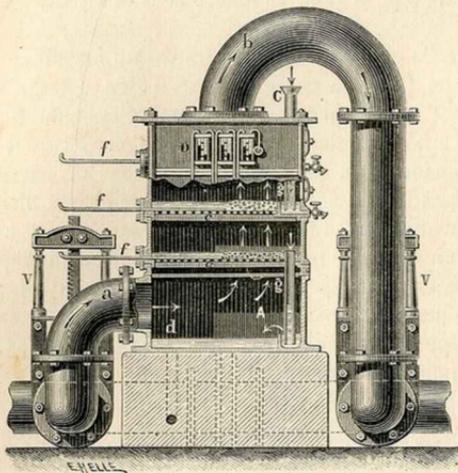


Fig. 40. — Laveur condenseur de Chevalet.

latérale qui règne au niveau de chaque case. Sur chaque plaque perforée coulisse une plaque pleine en tôle serrée par une garniture de caoutchouc et que maintient une plaque métallique. Cette plaque pleine a pour but essentiel de découvrir un plus ou moins grand nombre de trous de la plaque perforée, et cela suivant la quantité de gaz qui passe dans le laveur; il suffit, à cet effet, de tirer plus ou moins cette plaque. Par un entonnoir placé au-dessus de l'appareil, un filet d'eau ordinaire coule sur le premier plateau supérieur; cette eau se répand sur le plateau, et le gaz

arrivant de bas en haut, elle est soutenue par le courant gazeux; arrivée au niveau du tuyau de trop-plein, l'eau coule dans ce tuyau, remplit la cuvette immédiatement inférieure, couvre le second plateau comme le premier, puis passe dans le trop-plein de ce plateau pour se répandre ensuite sur le troisième plateau inférieur; enfin elle coule, par le trop-plein, au fond du laveur et finalement en sort par un siphon pour se rendre dans la citerne à eau ammoniacale.

En face de chaque plateau se trouve un manomètre différentiel, avec une prise de gaz en dessus et en dessous de chacun des plateaux; le manomètre a pour but d'indiquer quelle est la pression absorbée par chaque plateau; si l'on voit qu'il n'y a pas assez de pression, c'est qu'il y a trop de trous découverts pour le volume de gaz qui passe: on pousse alors la plaque pleine jusqu'à ce que le manomètre indique une pression de 10 à 12 millimètres; si au contraire on voit que le manomètre indique trop de pression, c'est qu'il n'y a pas assez de trous découverts; on retire alors la plaque pleine pour découvrir un plus grand nombre de trous. On répète cette manœuvre pour tous les plateaux. Un robinet ou un tampon existe au bas de chaque cuvette de trop-plein pour pouvoir dégorger le goudron ou les impuretés qui auraient pu s'accumuler dans les cuvettes et empêcher les trop-pleins de fonctionner. L'eau de lavage s'écoulant de ce laveur est plus ou moins chargée d'eau ammoniacale et de goudron; cela dépend de l'endroit où l'on dispose ce laveur et de la quantité d'eau que l'on y fait passer. Habituellement, il se place après les réfrigérants ordinaires et avant les cuves d'épuration. Si l'usine à gaz possède déjà des scrubbers, il est tout à fait inutile d'arroser ceux-ci avec de l'eau ammoniacale; il suffit de les employer comme chambres de condensation dans lesquelles, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, le gaz, se refroidissant lentement, se débarrasse des vésicules de goudron en suspension et des poussières de suie par simple dépôt et en raison de la faible vitesse qu'il possède.

On a essayé encore d'autres systèmes de laveurs, mais tous

reposent sur la mise en contact avec l'eau aussi divisée que possible. Un des éléments importants pour obtenir un bon lavage est le temps pendant lequel le gaz reste en contact avec l'eau ; aussi a-t-on quelquefois employé des appareils dans lesquels le gaz, divisé en filets par un grillage, traverse l'eau bulle à bulle, sous des plaques cannelées plongées dans l'eau et presque horizontales. Ces bulles de gaz roulent, en quelque sorte, dans les cannelures et restent assez longtemps en contact avec l'eau pour se débarrasser des produits solubles et du goudron.

En tout cas, quel que soit le système de laveur employé, il faut se servir d'eau aussi froide que l'on peut se la procurer, parce qu'elle retient plus d'ammoniaque en dissolution ; il faut de plus qu'elle soit aussi pure que possible, sinon les sels de chaux en dissolution sont précipités par l'ammoniaque et viennent se déposer sous forme de tartre solide sur les parois des laveurs.

Tous les produits liquides de condensation du gaz sont réunis dans une ou plusieurs citernes d'où on les reprend ensuite, selon les nécessités de vente ou d'emploi.

Ces citernes sont construites en matériaux choisis convenablement pour assurer leur étanchéité. Cette condition d'étanchéité est absolument indispensable pour une usine à gaz, car non seulement elle s'exposerait à des pertes de matières, mais encore elle pourrait infecter les eaux des environs par suite des infiltrations de liquides ammoniacaux ou de goudrons.

Il faut, en outre, construire ces citernes de façon à pouvoir les fermer exactement ; car l'eau contenant de l'ammoniaque, non seulement en combinaison, mais à l'état de simple dissolution, cette ammoniaque se volatiliserait très rapidement.

La figure 41 donne une coupe de citerne à goudron qui est à recommander en raison de sa construction rationnelle.

Le goudron et l'eau ammoniacale arrivent par un conduit en fonte dans une cuvette à trop-plein, d'où ils se déversent dans le premier compartiment de la citerne par une ouverture conique strictement suffisante pour leur écoulement et qui peut être enle-

vée, dans le cas où il serait utile de la nettoyer. Le goudron, étant plus lourd, se sépare de l'eau et se rend au fond de la citerne, où la pression de la colonne d'eau qui le surmonte le refoule peu à peu dans le second compartiment. On enlève le goudron et l'eau ammoniacale au moyen de pompes dont les tuyaux traversent la voûte de la citerne et dont nous avons seulement figuré l'extrémité inférieure. Des ouvertures, fermées au moyen de couvercles s'ajustant bien, permettent de pénétrer dans la citerne pour l'enlèvement de boues ou de goudrons très lourds qui finissent par s'accumuler au fond.

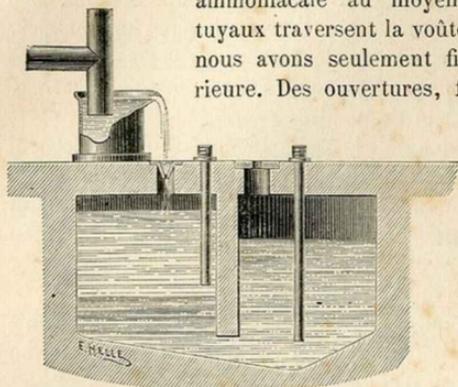


Fig. 41. — Citerne à goudron.

Ces produits sont vendus en nature ou, ce qui vaut mieux, traités pour être vendus sous forme de produits commerciaux. Nous parlerons de cette question dans le chapitre des sous-produits du gaz. Nous allons continuer notre étude en suivant le gaz à travers les appareils qui servent à l'épurer.

Épuration du gaz.

Après avoir traversé les appareils de condensation, le gaz contient encore un certain nombre de substances qui doivent en être éliminées ; ce sont l'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, le cyanogène, le sulfure de carbone et enfin les dernières traces d'ammoniaque qui ont échappé à la condensation et au lavage.

Nous avons vu qu'une condensation et un lavage bien faits

enlèvent la plus grande partie de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniaque.

On sait, du reste, que ces corps forment entre eux des combinaisons et des sels solubles dans l'eau froide; il y a donc tout avantage à terminer la condensation par un lavage à une température assez basse pour enlever au gaz toute la partie de ces substances qu'il est possible de faire disparaître ainsi.

Si on laissait subsister dans le gaz les impuretés que l'épuration lui enlève, l'acide carbonique formerait, lors de la combustion, avec le carbone en excès, de l'oxyde de carbone non éclairant et malsain; le soufre, sous les divers états où il se trouve dans le gaz, produirait avec l'oxygène de l'air de l'acide sulfureux qui noircirait les métaux et les peintures des appartements; le cyanogène se décomposerait en acide carbonique et azote; enfin l'ammoniaque donnerait de l'eau et des acides nitreux.

Pour débarrasser le gaz de ces divers corps, plusieurs procédés ont été suivis successivement; mais il n'en est resté que deux ou trois qui soient usités dans la pratique.

Nous avons vu que Clegg avait le premier employé la chaux à l'état de suspension dans l'eau; le gaz, divisé en bulles, traversait le lait de chaux sous une pression de 0^m,30, pression nécessaire pour que l'épuration fût suffisante. Cette forte pression ayant de grands inconvénients dans la fabrication, on eut l'idée de faire simplement passer le gaz dans la chaux pulvérulente fraîchement éteinte. Ce procédé est resté pendant longtemps le seul pratiqué dans les usines à gaz, et lorsqu'on veut faire une épuration complète, en enlevant l'acide carbonique, il est nécessaire de l'employer. La chaux est éteinte à l'état de farine humide, sans cependant pouvoir s'attacher aux doigts, ou bien on la réduit en pâte et on la laisse sécher pendant vingt-quatre heures. On la dispose ensuite dans les épurateurs en couches bien régulières de 5 à 6 centimètres d'épaisseur. Pour obtenir la meilleure utilisation possible de la chaux, on fait passer le gaz d'abord sur de la chaux ayant déjà servi, puis sur de la chaux neuve. On emploie en moyenne



10 kilogrammes de chaux (mesurée, non éteinte) pour épurer 100 mètres cubes de gaz.

Pour reconnaître si l'épuration est suffisante, on fait passer du gaz sortant des épurateurs dans une éprouvette contenant du papier imprégné d'une solution d'acétate de plomb; si le papier noircit, c'est que le gaz contient encore de l'hydrogène sulfuré. Ce moyen n'indique que la présence de l'hydrogène sulfuré; nous verrons plus loin, en parlant de la vérification du gaz, un meilleur moyen de contrôle par l'analyseur Verdier. La chaux ayant servi à l'épuration contient de l'hydrate de chaux non modifié, du carbonate, du sulfite, de l'hyposulfite, du sulfure, du cyanure et du sulfo-cyanure de calcium.

Graham donne l'analyse suivante d'une chaux d'épuration desséchée :

Hyposulfite de chaux	12,30
Sulfite de chaux	14,57
Sulfate de chaux	2,80
Carbonate de chaux	14,48
Chaux caustique	17,72
Soufre	5,14
Sable	0,71
Eau	32,28
	<hr/>
	100,00

L'exposition de la chaux humide à l'air lui permet d'absorber une certaine quantité d'oxygène; le sulfure de calcium se transforme alors en sulfite, puis en sulfate. Aussi peut-on employer pour l'agriculture la chaux d'épuration, mais seulement lorsqu'elle est restée assez longtemps exposée à l'air pour que cette transformation ait lieu. On peut en obtenir de bons résultats pour les trèfles, le sainfoin, la luzerne, les pois, les haricots, la vesce, les navets; employée fraîche, elle aurait une action nuisible.

En lessivant la chaux d'épuration, on lui enlève les sels solubles, tels que les sels ammoniacaux et les cyanures d'ammonium et de calcium, qui peuvent être employés à la fabrication du bleu de Prusse. On peut s'en servir également dans les tanneries pour



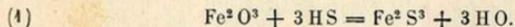
l'épilage des peaux. Dans les usines mêmes, la chaux, tamisée et mise en pâte, est utilisée pour le lutage des cornues.

Ces moyens de se débarrasser des chaux d'épuration sont insuffisants en raison des grandes quantités produites. Aussi les usines à gaz en étaient-elles rapidement encombrées. En outre, l'odeur très désagréable répandue par les vieilles chaux obligeait à les envoyer loin des villes. Enfin on a reconnu que l'épuration à la chaux n'enlève pas le sulfure de carbone, et en Angleterre, où les cahiers des charges des usines obligent à l'éliminer, on a constaté que, *abstraction faite de l'hydrogène sulfuré*, le gaz contenait après l'épuration plus de soufre qu'avant cette opération. Cette remarque jeta surtout en Angleterre un grand discrédit sur l'épuration à la chaux et on lui substitua peu à peu l'épuration par le fer.

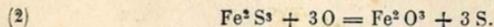
Dès 1835 eurent lieu quelques essais de ce procédé. Croll avait proposé, en 1840, l'épuration par les oxydes métalliques; mais ce ne fut que vers 1847, grâce au procédé de Laming, que l'emploi de l'oxyde de fer se répandit dans les usines.

L'oxyde de fer absorbe parfaitement l'hydrogène sulfuré, mais il n'enlève pas l'acide carbonique, et si l'on veut une épuration complète, il faut employer en même temps un peu de chaux. On néglige, trop souvent, cet acide carbonique, qui cependant fait perdre au gaz une partie de son pouvoir éclairant.

Le grand avantage de l'oxyde de fer, c'est qu'il peut servir très longtemps; en effet, son emploi est basé sur les deux réactions suivantes: le fer, mis en présence de l'hydrogène sulfuré du gaz à l'état de sesquioxyde, se transforme en sesquisulfure.



Si maintenant on expose ce sesquisulfure à l'air, il absorbe de l'oxygène en s'échauffant et le soufre se sépare.



Le soufre reste à l'état de poudre inerte dans le mélange et finit par s'y accumuler; souvent les vieilles matières d'épuration contiennent jusqu'à 50 pour 100 de soufre.



On prépare l'oxyde de fer pour l'épuration, suivant le procédé de Laming, en faisant dissoudre 100 kilogrammes de sulfate de fer dans de l'eau bouillante; la dissolution est versée sur 3 hectolitres de sciure de bois blanc, étendue en couche de 0^m,25, sur un sol imperméable; on remue la sciure jusqu'à ce qu'elle soit bien imprégnée, puis on étale sur elle 1 hectolitre de chaux éteinte et on brasse fortement le mélange en le retournant; la masse, verdâtre d'abord, devient peu à peu rouge brun; elle est alors prête pour l'épuration.

La matière d'épuration est disposée dans les épurateurs, en couches de 0^m,40 à 0^m,50 d'épaisseur, sur des claies en osier serré ou sur des grillages en bois. On peut admettre qu'un mètre cube de matière peut épurer 300 à 400 mètres cubes de gaz par jour pendant un an, et on compte qu'un mètre carré de surface de grille d'épurateur suffit pour épurer 250 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Pour revivifier le mélange, suivant la formule (2), on le soumet à l'action de l'oxygène de l'air, soit en le retirant des épurateurs et l'exposant à l'air en couches de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, soit dans les épurateurs eux-mêmes en faisant traverser la couche de matière par un courant d'air rapide (sinon la masse s'échaufferait trop). Ce courant d'air est lancé par un ventilateur ou un jet de vapeur, ou bien appelé par une cheminée spéciale.

Lorsque la matière de Laming est épuisée, elle contient du soufre, du sulfocyanure d'ammonium, du ferrocyanure d'ammonium.

Buhe a trouvé, après huit revivifications :

Sulfate d'ammoniaque	0,77
Ferrocyanure et cyanure d'ammonium.	4,40
Sulfocyanure d'ammonium	44,08
Hydrates d'oxyde de fer.	46,82
Bleu de Prusse	44,42
Soufre.	33,50
Sciure de bois, goudron, etc.	49,31
	<hr/>
	100,00

En théorie, l'oxyde de fer devrait pouvoir être revivifié indéfiniment; mais, en pratique, des particules de goudron échappées à la condensation finissent par l'encrasser. Le soufre s'y accumule à la longue et finit par former une partie importante de la masse, et enfin, à la suite d'un grand nombre d'expositions à l'air, la masse subit une décomposition spéciale et les composés cyanurés du fer transforment l'oxyde à tel point qu'il n'y a plus qu'une partie qui puisse se revivifier.

Les appareils dans lesquels a lieu l'épuration sont appelés

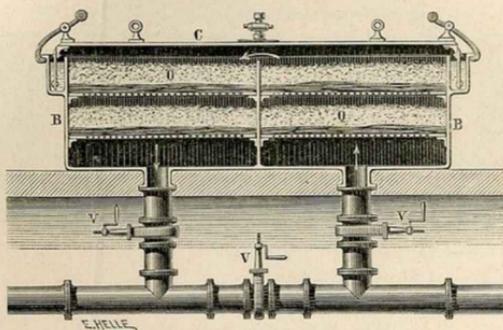


Fig. 42. — Épurateur chimique.

épurateurs; ce sont des caisses en tôle, en briques ou plus souvent en fonte, de forme ronde, carrée, ou rectangulaire (fig. 42) et dans lesquelles on met sur une ou plusieurs claies ou grilles, les matières d'épuration, chaux, mélange de Laming, etc. En haut de la caisse existe une rigole pleine d'eau dans laquelle plonge un couvercle en tôle, fixé par des traverses ou des crochets en fer. Le gaz est amené par des tuyaux en fonte soit au-dessus, soit en dessous de la matière d'épuration, et il la traverse de bas en haut ou de haut en bas; quelquefois, dans un même épurateur, le gaz, amené par le bas, est obligé de traverser jusqu'au

couvrete et de redescendre vers le tuyau de sortie, en contournant une cloison établie au milieu de la caisse.

Toute usine à gaz doit avoir au moins deux épurateurs pouvant être mis en service successivement dans un sens ou dans l'autre ou fonctionnant isolément. La marche du gaz est déterminée par des appareils appelés *distributeurs* ou par des vannes. Les distributeurs sont des cuves cylindriques, contenant de l'eau¹, dans

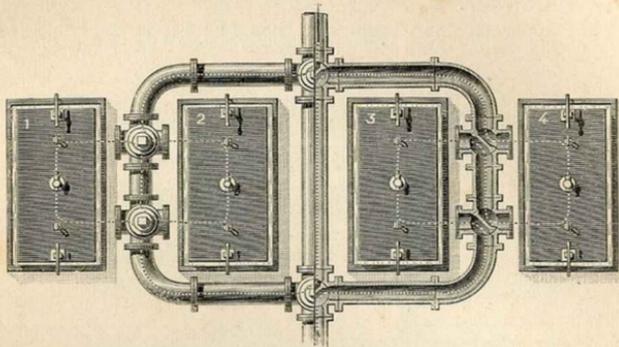


Fig. 43. — Distributeur Nicolas et Chamon.

lesquelles aboutissent, en pénétrant par le bas et dépassant la surface de l'eau, les tuyaux d'entrée et de sortie du gaz ainsi que les tuyaux communiquant avec les épurateurs. Une cloche mobile, portant intérieurement des cloisons qui forment des sortes de compartiments où les tuyaux se trouvent groupés par deux, permet d'envoyer le gaz dans les diverses directions nécessaires.

Un dispositif très commode pour la distribution du gaz dans les épurateurs est celui qui est représenté figure 43. Ce dispositif de Nicolas et Chamon est établi pour quatre épurateurs ; la figure ci-contre en montre le fonctionnement.

1. On a construit également des distributeurs secs remplissant les mêmes fonctions.



D'autres procédés d'épuration ont été proposés, mais ils n'ont pas été l'objet d'une application aussi générale que la chaux et l'oxyde de fer de Laming.

On a essayé le plâtre, les oxydes de manganèse, de zinc, de cuivre. Mallet avait proposé le chlorure de manganèse, résidu des fabriques de chlorure de chaux, lorsqu'on n'avait pas trouvé le moyen de le revivifier.

Les Allemands emploient beaucoup les oxydes de fer naturels, surtout l'oxyde brun limoneux, mélangé ou non avec de la sciure de bois.

Depuis assez longtemps déjà, on a proposé des méthodes d'épuration qui évitent, au moins en grande partie, l'emploi de matières étrangères; en se servant de l'ammoniaque même du gaz. En effet, si l'on dissocie les sels ammoniacaux, produits pendant la condensation, et que, par une élévation de température, l'on expulse l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré, tout en conservant l'ammoniaque en solution, on peut renvoyer cette solution en présence du gaz qui reforme des carbonates et sulfhydrates d'ammoniaque, lesquels seront décomposés de nouveau. Cette méthode, très élégante, essayée à plusieurs reprises (par Hills-Livesey-Claus), n'a pu encore être adoptée généralement à cause de la complication du matériel et des dépenses assez grandes qu'elle entraîne.

Nous venons de passer en revue les différentes périodes de la production du gaz en indiquant les meilleures conditions de l'épuration. Souvent elles ne pourront pas être toutes réalisées dans la pratique; on devra donc, d'après les circonstances locales et la nature des charbons distillés, les organiser, les équilibrer en quelque sorte, pour obtenir la plus grande quantité possible de gaz de bonne qualité, tout en tenant compte des sous-produits que les usines à gaz ont grand intérêt à recueillir, puisqu'ils concourent à abaisser le prix de revient du gaz.

Gazomètres.

Le gaz obtenu pourrait être envoyé de suite à la consommation; mais, comme la production est continue et la consommation intermittente, puisqu'elle a surtout lieu le soir pour l'éclairage, il faut avoir un moyen de l'emmagasiner en quantités suffisantes pour que l'usine puisse toujours suffire aux demandes des abonnés. En outre, bien que continue, la production n'est pas absolument ré-

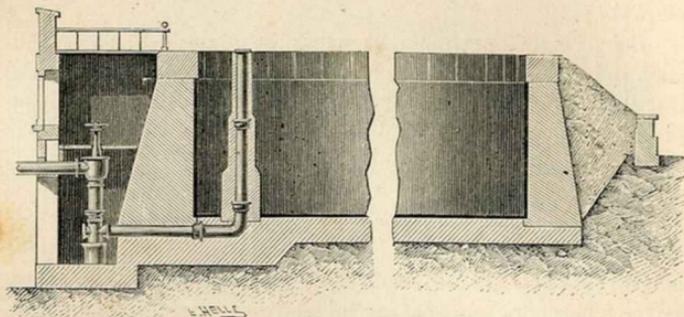


Fig. 44. — Coupe d'une cuve de gazomètre en maçonnerie.

gulière et, le débit variant dans les tuyaux de l'usine, la pression varie également. Comme tous les appareils qui servent à brûler le gaz sont établis pour une pression constante, il faut la régulariser.

Les gazomètres permettent d'obtenir un emmagasinage suffisant pour tous les besoins et une pression constante, puisque leur poids reste sensiblement fixe. Le mot gazomètre (mesureur du gaz) est impropre, les Anglais disent plus exactement: *gasholder* (réservoir de gaz).

Tous les gazomètres comportent une cuve circulaire pleine d'eau, dans laquelle monte et descend une cloche en tôle, sous laquelle arrive le gaz, qui est expulsé à son tour par le poids de cette cloche agissant sur lui.

Les cuves sont en maçonnerie, en tôle ou en fonte.

Elles sont le plus souvent en maçonnerie. C'est seulement dans quelques cas exceptionnels que les cuves sont métalliques ; lorsque, par exemple, la nature du sous-sol est tellement mobile qu'on ne peut y établir une maçonnerie sans d'énormes dépenses de fondations.

Suivant que le gaz est admis dans la cloche, par-dessous ou

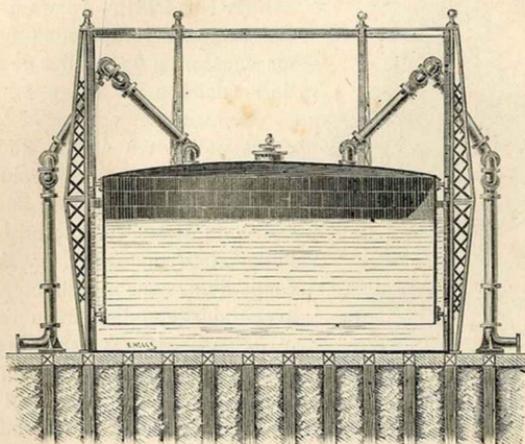


Fig. 45. — Coupe d'une cuve métallique en tôle.

par-dessus, le gazomètre est muni ou n'est pas muni d'un puits. Nous donnons (fig. 44) la coupe d'une cuve de gazomètre en maçonnerie, avec puits.

On peut remarquer la disposition des tuyaux d'entrée et de sortie du gaz qui descendent à un niveau inférieur au fond du gazomètre pour remonter ensuite à l'intérieur de la cuve, au milieu d'un massif de maçonnerie, de telle sorte que leur extrémité supérieure soit dans tous les cas au-dessus de la surface de l'eau. Au point le plus bas des tuyaux d'entrée et de sortie est éta-

blie une tubulure qui plonge dans un pot de siphon et reçoit les condensations produites dans ces tuyaux.

Un système de vannage est toujours installé sur les conduites, de façon à pouvoir isoler le gazomètre.

Les constructeurs doivent apporter les plus grands soins à l'établissement des cuves, de gazomètre et y employer des matériaux de premier choix afin d'en assurer l'étanchéité. Autant que possible, on se sert de bonne meulière maçonnée avec du mortier de ciment de Portland.

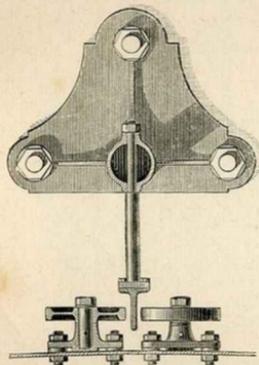


Fig. 46.
Guidage et galets tangentiels.

Lorsque des circonstances spéciales obligent à établir une cuve métallique, il faut avoir soin de la construire sur une masse de béton suffisante pour en assurer la stabilité. Nous donnons (fig. 45) la coupe d'une cuve métallique en tôle, avec guidage et disposition d'arrivée et de sortie du gaz par tubes articulés évitant la construction d'un puits. L'hiver, ces cuves sont exposées à la gelée; il est donc indispen-

sable de maintenir l'eau à une certaine température pour éviter les graves inconvénients de la congélation. On établit pour cela un système quelconque de chauffage; du reste, il est toujours avantageux en pratique d'adjoindre un dispositif de ce genre aux cuves en maçonnerie dont la couronne est trop souvent disloquée par la formation d'une couche de glace à la surface de l'eau.

La même figure 46 montre une cloche ordinaire en tôle dont le mouvement vertical d'ascension est assuré par des guides en fer, le long desquels roulent des galets, fixés à la cloche sur différents points de sa circonférence. Autrefois on les disposait suivant les rayons, ce qui exposait la cloche à des déformations.

Aujourd'hui ces galets sont placés tangentielllement à cette circonférence, comme le représente la figure 45. Elle montre ces galets tangentiels montés deux par deux sur des patins en fonte, qui eux-mêmes sont boulonnés sur la tôle de la cloche. Le guidage, figuré dans ce dessin, est un fer à T maintenu vertical au moyen d'entretoises en fer dont l'extrémité est fixée sur les colonnes de guidage en fonte d'un gazomètre avec cuve en maçonnerie.

La figure 47 donne en élévation une de ces colonnes avec son mode d'attache sur la margelle du gazomètre.

Cette dernière figure représente un dispositif de cloche de gazomètre, dit *télescopique*, employée lorsque l'espace dont on dispose est trop restreint pour donner un grand diamètre aux gazomètres. Ces cloches télescopiques sont formées de plusieurs anneaux cylindriques, s'agrafant les uns aux autres par une gorge hydraulique, construite à la partie inférieure de chacun d'eux, de sorte que, lorsque l'anneau supérieur qui est fermé par une calotte sort de l'eau par la pression du gaz, il accroche l'anneau inférieur et l'enlève à son tour. Les

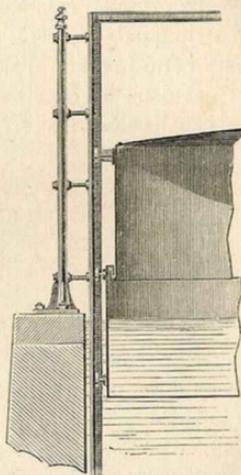


Fig. 47.
Cloche télescopique.

gorges forment joint hydraulique, et une cuve de gazomètre peut ainsi contenir la valeur de plusieurs cloches du système ordinaire. Le cadre de cet ouvrage ne nous permet de fournir que des indications très générales sur la construction des gazomètres; nous ne pouvons que renvoyer aux ouvrages spéciaux pour les détails pratiques de leur installation. On donne ordinairement aux gazomètres une capacité égale aux trois quarts de la consommation journalière maxima; la hauteur de la cuve est égale à celle de la cloche. Les parois de la cloche sont en feuilles de tôle de 2 à 3 millimètres



d'épaisseur, très soigneusement rivées entre elles. Les dimensions de ces appareils sont quelquefois considérables. Il existe à Liverpool un gazomètre de 80 mètres de diamètre, contenant 87 000 mètres cubes de gaz; mais une usine doit plutôt répartir le cube de gaz qui lui est nécessaire entre plusieurs appareils, pour les cas de réparations.

La pression exercée sur le gaz par la cloche dépend du rapport du poids de cette cloche à sa section horizontale. On détermine cette pression d'avance, d'après les conditions d'écoulement du gaz dans les canalisations. La pression du gaz à l'extrémité de ces canalisations ne devrait jamais être inférieure à 30 millimètres d'eau.

Les anciens gazomètres étaient établis en tôles plus épaisses que ceux que l'on fait maintenant; aussi fallait-il souvent les équilibrer par des contrepoids; aujourd'hui on évite ce genre d'accessoires en construisant des cloches plus légères et mieux proportionnées.

Ici se termine la fabrication du gaz proprement dite. Nous avons vu comment il était produit, épuré et emmagasiné. Nous allons dire quelques mots des appareils et moyens employés pour le distribuer aux consommateurs et pour l'utiliser. Nous serons obligé d'en donner surtout une description sommaire, car la discussion de leurs conditions d'établissement et de fonctionnement nous entraînerait en dehors des limites que nous devons nous imposer dans cet ouvrage.

Distribution du gaz aux consommateurs.

La distribution du gaz a lieu de deux manières différentes : soit en le portant dans des voitures après l'avoir comprimé, c'est alors du *gaz portatif*¹, soit en l'envoyant aux points où il doit être consommé en le refoulant dans des tuyaux de conduites, au moyen

1. Le gaz portatif a sa raison d'être lorsque les dépenses de canalisation sont hors de proportion avec les quantités de gaz à débiter.

de la pression qu'exerce sur lui le gazomètre, c'est du *gaz courant*.

Le gaz portatif est un gaz généralement à titre très élevé, produit de la distillation de certains schistes bitumineux dont le type est le boghead qui provient d'Écosse. Pour un même volume consommé, il a un pouvoir éclairant beaucoup plus considérable, afin qu'on puisse transporter une plus grande valeur de gaz pour un même poids mort du matériel de transport. Ce matériel se compose de voitures contenant des cylindres en tôle dans lesquels le gaz est comprimé à l'usine, à une pression de 10 à 12 atmosphères. On le conduit sous ce volume réduit jusque chez les consommateurs où on le laisse se détendre, soit dans des réservoirs analogues aux cylindres des voitures, soit dans de petits gazomètres. Lorsqu'il est détendu dans des cylindres il se trouve emmagasiné sous une pression de 5 à 6 atmosphères qui serait trop élevée pour qu'on pût le brûler directement; on lui fait alors traverser un appareil appelé *régulateur* qui le laisse sortir à la pression strictement suffisante pour les besoins de l'éclairage.

La fabrication du gaz portatif, qui avait été très perfectionnée par d'Hurcourt et Hugon, s'était pendant quelque temps développée en France et à l'étranger (Bordeaux, Orléans, Tours, Bruxelles, Namur, Barcelone, Gènes, Venise et Moscou); mais ce moyen de transport oblige à vendre le gaz à un prix trop élevé pour que les usines à gaz portatif puissent subsister en présence des usines à gaz courant; son application n'est restée possible que dans des cas absolument exceptionnels.

Le transport par canalisations a lieu dans une série de tuyaux qui atteignent le développement nécessité par les demandes des consommateurs auxquels les usines sont obligées de fournir le gaz en raison des conditions de leurs cahiers des charges. Cette dépense absorbe une grosse partie du capital d'établissement des usines. Aussi les constructeurs ne sauraient-ils apporter trop de soin à l'installation des canalisations pour ne pas avoir à les remanier plus tard. On a essayé pour les conduites de gaz les tuyaux en poterie, en bois, en ciment, même en papier goudronné; mais aujourd'hui





on ne se sert plus que de tuyaux en fonte ou en tôle bitumée pour les canalisations, et de tuyaux en plomb ou en fer pour les branchements. En effet, les conditions dans lesquelles sont établies les canalisations exigent qu'elles résistent à l'écrasement et à l'oxydation ; elles doivent cependant conserver une certaine souplesse, pour que les dilatations et les contractions, provenant des différences de température, puissent se produire. Les tuyaux en fonte sont les plus solides et présentent les meilleures garanties de durée, mais leur prix de revient est plus élevé que celui des tuyaux en tôle bitumée.

Pour obtenir de bons tuyaux en fonte, la première condition est relative à la qualité de la fonte qui doit être facilement liquéfiable, dure et étanche. Aujourd'hui on coule généralement les tuyaux debout ; dans l'ancien procédé de coulée horizontale, le noyau fléchissait quelquefois, et les gaz et vapeurs s'échappaient plus difficilement. Les parois des tuyaux doivent être d'égale épaisseur sur toute leur longueur et toute leur circonférence ; ils ne doivent, bien entendu, présenter aucune soufflure ni cassure. On peut s'assurer de leur étanchéité par un essai qui s'exécute en comprimant de l'eau jusqu'à une pression de 10 atmosphères dans l'intérieur des tuyaux fermés aux deux bouts. Les tuyaux en fonte ne diffèrent entre eux que par le mode d'assemblage employé pour les réunir. Parmi un grand nombre de moyens de jonction proposés successivement, les plus employés sont les suivants.

Les tuyaux à *emboîtement* (fig. 48) portent à une extrémité une partie plus large appelée emboîtement dans laquelle on fait entrer le bout du tuyau suivant qui est droit et n'a qu'un simple bourrelet de fonte à cette extrémité. Dans l'espace resté libre entre le tuyau et l'emboîtement, espace un peu plus grand que l'épaisseur du bourrelet de fonte, on fait entrer de la corde ou de l'étaupe goudronnée, en forçant au moyen d'un matoir ; puis, tout autour de l'entrée, on fait un bourrelet en terre glaise, où l'on ménage une ouverture en entonnoir par laquelle on coule du plomb fondu qui remplit le vide entre les deux tuyaux ; comme

le plomb se contracte en se refroidissant, on le mate avec soin jusqu'à refus.

Bien que ce joint laisse une certaine latitude à la dilatation et à la contraction que produisent les différences de température, il arrive quelquefois que le plomb s'écrase, surtout par suite de tassements, et que le joint cesse d'être étanche.

Pour remédier à l'inconvénient que présente le plomb, on a pensé à employer comme joint le caoutchouc, et en effet beaucoup de canalisations sont établies

aujourd'hui avec ce moyen de jonction. Nous citerons, parmi les dispositifs usités, le système Petit très simple et très pratique (fig. 49). Les deux tuyaux sont disposés avec un emboîtement très peu profond et une rondelle en caoutchouc à section carrée est interposée entre les extrémités qui sont munies d'oreilles doubles opposées diamétralement les unes aux autres et venues de fonte avec les tuyaux. La pose est très simple; voici l'instruction donnée par la société des *Forges de Brousseval* qui fabrique spécialement ces tuyaux.

« On pose les tuyaux de façon que les oreilles soient placées verticalement. Cette opération est facilitée au moyen d'une cale en bois qu'on reporte successivement au-dessous de chaque extrémité mâle.

Ceci terminé, il faut graisser les quatre broches, placer la rondelle de caoutchouc sur le bout mâle du tuyau, présenter le bout femelle en l'inclinant légèrement, fixer la patte supérieure au moyen de deux broches enfoncées à moitié, appuyer fortement sur l'extrémité libre du tuyau à poser, en ayant soin de placer la main

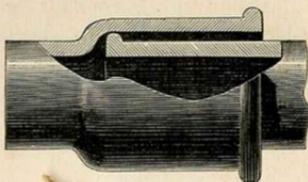


Fig. 48. — Tuyaux à emboîtement.

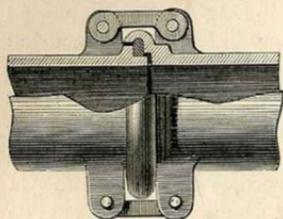


Fig. 49. — Joint Petit.

au-dessous du joint, pour maintenir la rondelle en place, ramener les tuyaux dans la position horizontale, placer la deuxième patte, enfoncer les broches du dessus et du dessous à fond et l'opération est terminée. »

Il faut que la rondelle de caoutchouc soit comprimée convenablement, le serrage s'effectue avec des broches plus ou moins fortes, au choix de l'ouvrier poseur.

L'emploi du tuyau comme levier est un moyen très simple et très puissant qui permet une pose facile et rapide. Ce système de jonction résiste à des pressions considérables qui ne sont pas nécessaires pour le gaz, il est vrai, mais qui permettent de faire l'épreuve des conduites avec beaucoup de sécurité; cette épreuve est une garantie sérieuse pour l'avenir.

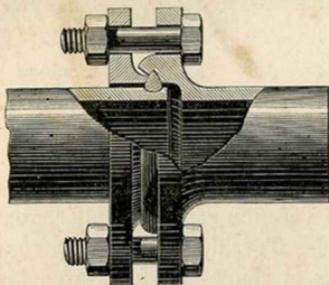


Fig. 50. — Joint Lavril.

Le système Lavril, modification du précédent, est représenté figure 50. Le joint s'effectue, en introduisant l'extrémité du tuyau

simple, portant la bague de caoutchouc fixée dans une rainure peu profonde, dans l'emboîtement du tuyau femelle. Le tuyau femelle porte des oreilles fixes et le bout mâle reçoit une bride mobile qui glisse autour du tuyau. On réunit la bride mobile aux oreilles fixes par des boulons, dont le serrage vient comprimer la bague de caoutchouc à la fois autour du bout mâle et au fond de l'emboîtement. Il faut avoir soin, pour que le joint soit étanche, de serrer bien régulièrement les deux boulons qui produisent le serrage de la bride mobile et par suite la compression du caoutchouc.

Nous devons également noter parmi les modes de jonction des tuyaux le dispositif de la figure 50, dit joint Delperdange, remarquable par sa simplicité. Les tuyaux sont simplement terminés par un petit bourrelet circulaire (que l'on peut même quelquefois suppri-

mer). Une bande de caoutchouc vulcanisé enveloppe le joint qui est assuré et fixé par le serrage d'un collier en fer recouvrant cette bande. Une petite plaque de tôle est placée sous les joints du collier, afin d'éviter que le caoutchouc n'y soit refoulé.

Ces systèmes de tuyaux, en dehors de la flexibilité qu'ils donnent aux canalisations, présentent l'avantage de pouvoir être démontés facilement, sans qu'on soit obligé d'en casser une partie, comme cela arrive avec les joints au plomb. Au bout de peu de temps le caoutchouc est superficiellement attaqué au contact de la fonte à laquelle il se colle et produit une jonction absolument parfaite.

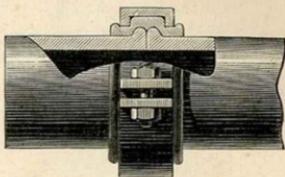


Fig. 51. — Joint Delperdange.

On a essayé en Angleterre et à Hambourg de poser les tuyaux sans aucune substance intermédiaire pour faire joint; la figure 52 représente ce système de tuyaux, dans lesquels le bout mâle tourné entre exactement dans le bout femelle alésé. Au moment de la

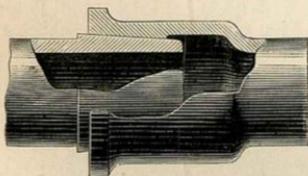


Fig. 52. — Joint anglais.

pose, les bouts doivent être absolument exempts de rouille et de toute matière étrangère adhérente. On les graisse avec un chiffon enduit de peinture à la céruse, puis on enfonce les deux tuyaux l'un dans l'autre avec un maillet en bois. La condition essentielle pour que le joint soit

bien étanche est la perfection de l'alésage et du tournage des parties qui s'emboîtent l'une dans l'autre.

On a essayé de combiner ce joint avec un joint au plomb en pratiquant deux rainures correspondantes dans chacun des tuyaux. Par un trou supérieur on coule du plomb qui remplit les rainures et forme un anneau tenant à moitié dans chacun des tuyaux.

Au lieu du plomb, si l'on place entre les deux tuyaux une bague de caoutchouc, on obtient un joint (fig. 53) qui, perfectionné par divers inventeurs, a donné d'excellents résultats et présente

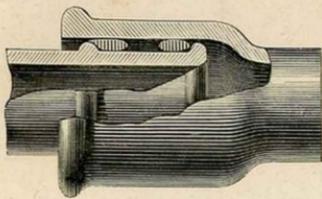


Fig. 53.
Joint avec bague en caoutchouc.

une grande simplicité, mais moins de solidité que les systèmes Petit ou Lavril.

Un très bon dispositif dans cet ordre d'idées est le joint Somzée représenté figure 54. Le bout mâle est conique et porte à son extrémité deux bourrelets entre lesquels on place un anneau en caoutchouc.

L'extrémité antérieure de l'emboîtement est taillée en biseau et derrière cette partie inclinée se trouve un cercle plat. Lorsque l'on monte les tuyaux, le caoutchouc se roule autour du bout mâle et finit par remplir complètement le vide de l'emboîtement.

Les tuyaux en fonte étaient chers surtout il y a quelques années; non seulement à cause du prix de la fonte elle-même, mais parce que les fonderies n'étaient pas outillées comme elles le sont à présent pour fabriquer des tuyaux plus légers et à bien meilleur compte; aussi les tuyaux en tôle bitumée inventés par M. Chameroy eurent-ils un succès d'autant plus grand qu'ils donnent de bons résultats lorsqu'ils sont bien posés. Ces tuyaux sont fabriqués avec de la tôle mince de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, selon le diamètre. Cette tôle est étamée, enroulée en tuyaux, rivée

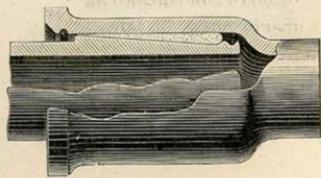


Fig. 54. — Joint Somzée.

et soudée; puis on les entoure avec de la ficelle et on les roule sur une table recouverte d'une couche de bitume mélangé de sable de rivière; le bitume adhère à la ficelle et au tuyau et l'enveloppe ainsi d'une couche préservatrice de 1 à 2 centimètres d'épaisseur selon le diamètre.

L'assemblage de ces tuyaux se faisait primitivement avec un joint à vis. Ce joint, formé d'un manchon adhérent à la tôle, était fileté à une extrémité d'un tuyau et taraudé à l'autre. Les manchons à vis étaient composés d'un alliage de plomb et d'antimoine fondu sur le tuyau lui-même.

Cette jonction donnait trop de rigidité aux canalisations et on lui a substitué le *joint précis* représenté fig. 55. Au lieu de manchons filetés, les extrémités des tuyaux reçoivent des manchons lisses dans lesquels sont seulement pratiquées deux gorges, qui reçoivent de la ficelle cirée ou graissée avec un mélange de plombagine et de saindoux.

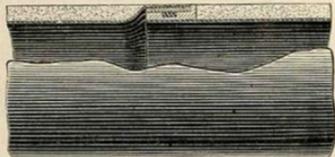


Fig. 55. — Joint précis.

Les tuyaux sont emboîtés à coups de marteau; dès qu'ils sont posés, on a soin de les recouvrir en partie de terre, afin que l'installation des conduites suivantes ne les ébranle pas.

Ces tuyaux résistent bien dans un sol sablonneux et sec, tandis que leur durée est très limitée dans les sols humides. Les prises de gaz doivent être faites très soigneusement et bien soudées sur le tuyau, puis recouvertes exactement de mastic de bitume fondu; sinon l'altération du tuyau se produit très vite à ces prises.

L'industrie du gaz emploie encore, pour ses canalisations, des tuyaux en fer et des tuyaux en plomb; mais ils ne peuvent être recommandés que pour les branchements.

La figure 56 donne un spécimen des moyens de jonction employés pour les conduites en fer; le dessin n'a pas besoin d'explications. Ces tuyaux en fer, aujourd'hui bien établis, sont très faciles à poser en raison de la régularité de leur fabrication. Il y a lieu d'employer le fer de préférence au plomb dans tous les endroits où le plomb pourrait être écrasé ou endommagé d'une façon quelconque.

Les tuyaux en plomb servent surtout pour les installations de

gaz dans les maisons. Si l'on emploie le plomb pour un branchement sous le sol, il faut le poser sur une planchette goudronnée et il est souvent bon de garantir le dessus avec des voliges ou des tuyaux en poterie. Les tuyaux de plomb ne doivent jamais être scellés avec du ciment qui altère le métal.

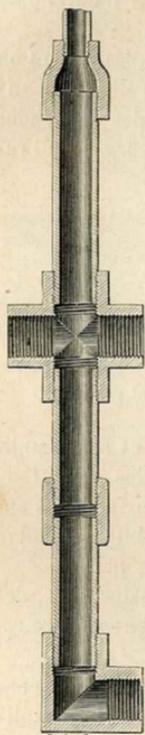


Fig. 56.
Conduite en fer.

Toutes les canalisations sont posées dans des tranchées pratiquées à une certaine profondeur dans le sol des rues où le gaz doit être conduit. Il faut avoir soin de faire ces tranchées assez profondes pour que la circulation des lourdes voitures ne les ébranle pas. On ne devrait jamais poser de tuyaux de gaz à une profondeur inférieure à 0^m,80. La terre enlevée pour la fouille doit être pilonnée avec soin lorsqu'on la remet dans la tranchée.

Quand on a décidé, lors de la construction d'une usine, quel système de tuyaux doit constituer la canalisation, il y a lieu d'en déterminer les dimensions, ou plutôt simplement le diamètre, car les longueurs et les dimensions de détail des tuyaux sont l'affaire du fabricant. Le diamètre des tuyaux dépendra évidemment du volume de gaz à débiter, pendant un temps donné. Or il est assez difficile de déterminer d'avance quelle sera la consommation d'une ville où l'on installe une usine. La comparaison avec des usines analogues ne donnera qu'une approximation momentanée, car on ne peut que difficilement prévoir le développement qu'un pays peut prendre. Il vaut donc mieux compter sur un débit plus élevé que trop réduit et ne tenir que pour très vague l'indication donnée par les engagements d'abonnement. Cependant, d'autre part, on ne peut immobiliser un trop gros capital qui ne donnera un intérêt rémunérateur que dans un temps indéterminé. On devra, tout

d'abord, calculer la consommation des lanternes de ville, puis admettre une consommation moyenne par mille habitants et compter que ce chiffre ne sera guère atteint avant huit ou dix ans. A Paris, pour une population de 2 300 000 habitants la consommation a été en 1885 de 286 millions de mètres cubes, soit environ 12 mètres par habitant; mais ce chiffre est plus élevé que la moyenne obtenue dans des villes moins importantes. En général, on admet que l'accroissement de la consommation peut atteindre 8 pour 100 par an.

Quant à la direction à donner aux conduites principales, elle dépend absolument des circonstances locales; mais en tout cas on a tout avantage à fermer le circuit des conduites, c'est-à-dire à les établir de façon qu'elles forment un réseau fermé dans lequel un tuyau sur lequel a lieu une forte dépense de gaz soit secouru par un autre où elle est moins élevée.

La vitesse avec laquelle le gaz s'écoule dans une conduite d'une section donnée dépend de la pression qu'exerce la cloche sur le gaz, mais cette pression est naturellement limitée en pratique par les conditions de la fabrication et même, en général, on prend comme pression de sortie une pression réduite, au moyen d'un régulateur qui permet de pouvoir forcer le débit, s'il y a lieu, en donnant toute la pression que peut produire la cloche.

Mais le gaz en circulant dans les tuyaux perd de sa vitesse par le frottement le long des parois, par les coudes, les étranglements, etc. Cette réduction de vitesse correspond à une diminution de pression, à une *perte de charge*, qui est proportionnelle à la longueur des tuyaux, en raison inverse de la section et croît très rapidement avec la vitesse du gaz. On n'a pu encore déterminer ces diverses conditions d'écoulement avec une précision suffisante, pour que l'on puisse calculer, d'après la théorie seule, le débit des conduites; aussi se sert-on, en pratique, de formules empiriques ou des tables calculées par M. Arson ou par M. Monnier. Étant donnée une conduite à poser, on en mesure la longueur, la perte de charge, d'après les conditions locales et le débit auquel elle

doit suffire, et au moyen de ces tables on détermine le diamètre à lui donner.

Ainsi le gaz emmagasiné à l'usine dans les gazomètres peut être rendu chez un consommateur, soit en le transportant dans des voitures comme gaz portatif, soit en le faisant passer dans des tuyaux comme gaz courant. C'est une question de prix de revient d'après les dépenses d'installation. Il arrive souvent que l'un et l'autre moyen sont trop coûteux et, si l'on veut employer le gaz pour l'éclairage, le chauffage ou la production de force motrice, il est plus avantageux de le fabriquer sur place; c'est un calcul à faire. En Angleterre, où les conditions de fabrication sont meilleures qu'en France, et où le gaz revient meilleur marché par suite du prix moins élevé du charbon, on n'hésite pas dans tous les points où le gaz ne peut pas arriver par les conduites des usines existantes, à établir de petites usines privées, d'un fonctionnement très simple; nous avons été appelé à établir de ces petites usines dans lesquelles le matériel, réduit à sa plus grande simplicité, peut être dirigé par le premier domestique ou ouvrier venu. La figure 57 représente un modèle d'une installation de ce genre construite par nous et qui comprend un ensemble complet de fabrication: fourneau (avec foyer, cornue, barillets), condenseur, laveur, épurateur et gazomètre.

Une telle usine peut être établie pour des fabrications depuis 5 mètres cubes par jour. Le gaz obtenu ainsi revient plutôt moins cher qu'en l'achetant aux usines.

Les appareils accessoires de la canalisation.

Le gaz, fabriqué et distribué dans une ville, est amené au pied des maisons où il doit être consommé. Mais, pour qu'il soit brûlé d'une façon avantageuse, il doit arriver aux brûleurs dans certaines conditions de pression et de régularité que des appareils accessoires spéciaux sont chargés de lui assurer.

Régulateur d'émission. — Comme nous le disions plus haut,

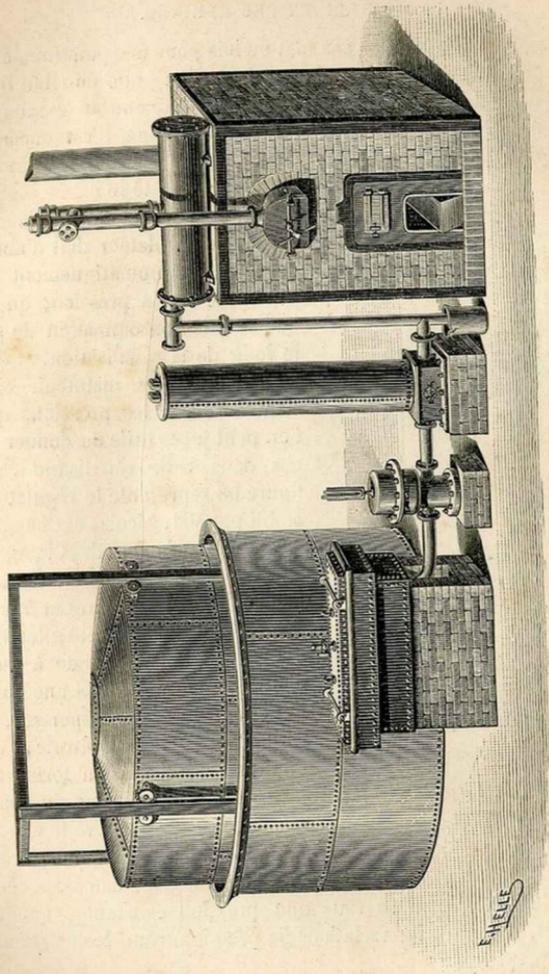


Fig. 57. — Modèle d'une petite usine à gaz particulière.

les appareils qui brûlent le gaz sont établis pour une pression déterminée, qui doit être maintenue aussi régulière que possible dans les conduites de distribution. Ce résultat est obtenu au moyen de *régulateur d'émission*, placé à la sortie de l'usine. C'est encore à Clegg que l'on doit l'invention de cet appareil, dont le principe

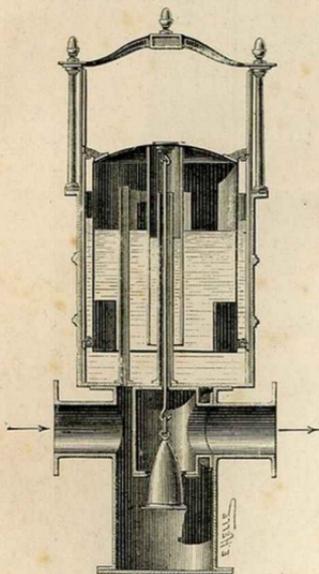


Fig. 58. — Régulateur d'émission.

est toujours resté le même malgré certains perfectionnements de détail. Le régulateur doit d'abord maintenir automatiquement la constance de la pression, quelle que soit la consommation de gaz le long de la canalisation. Il doit ensuite pouvoir maintenir constantes toutes les pressions que l'on peut juger utile de donner au gaz dans cette canalisation. La figure 58 représente le régulateur établi par MM. Nicolas et Chamon, d'après le principe de Clegg, et fait comprendre comment sont réalisés ces desiderata. Cet appareil se compose essentiellement d'une cloche cylindrique à flotteur, en équilibre dans une cuve remplie d'eau, et supportant, à l'aide d'une tige centrale, un obturateur, allongé en forme de

cône, qui vient s'engager dans un tuyau amenant le gaz du gazomètre. Le gaz passant entre le cône et son siège soulève la cloche jusqu'à une certaine position d'équilibre, puis vient alimenter la conduite d'émission. On comprend facilement que, dans ces conditions, le gaz s'écoulera sous une pression constante, quelles que soient, du reste, les variations de pression avant le cône d'admission ou après.

Pour faire varier la pression, il suffira d'ajouter ou de retrancher du poids à la cloche.

La régularité de son fonctionnement dépend de trois conditions principales :

- 1° Le cône doit avoir la plus grande course possible ;
- 2° Il doit avoir la forme parabolique allongée au lieu de la forme conique ;
- 3° La cloche doit avoir la section maxima.

Les régulateurs doivent être munis d'un by-pass, qui permette de les mettre en dehors du circuit du gaz.

Régulateurs d'abonnés. — Le régulateur de l'usine maintient une pression constante au départ du gaz de l'usine, mais il arrive forcément que si

dans une maison un bec continue à brûler, lorsqu'on en éteint une série dans son voisinage, il donne une flamme exagérée jusqu'au moment où le régulateur de l'usine aura rétabli une pression normale, et il faut pour cela un temps assez long ; ou, inversement,

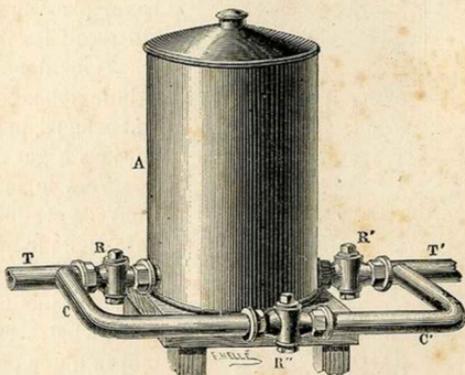


Fig. 59. — Régulateur d'abonné.

un bec, réglé pour un débit déterminé, baissera et la pression extérieure changera par suite d'accroissement de consommation dans les appareils voisins. On remédie à ces inconvénients en plaçant chez les abonnés de petits régulateurs (fig. 59) dont le principe est le même que celui des régulateurs d'usine, mais qui sont enfermés dans une boîte en tôle pour les mettre à l'abri des chocs et de la poussière.

Siphons. — Le gaz sortant des gazomètres est toujours chargé d'une plus ou moins grande quantité de vapeurs qui se condensent dans les canalisations, où elles trouvent, surtout l'été, une température inférieure à celle de la cloche. Il faut donc pouvoir enlever les liquides condensés, qui finiraient par obstruer la canalisation. Pour cela, lors de la pose des conduites, on a soin de leur donner une certaine pente, soit en suivant celles des rues où elles sont placées, soit en donnant dans les rues horizontales une plus grande profondeur aux tranchées à une extrémité qu'à une autre. Dans tous les points bas on place un siphon ou pot en fonte qui reçoit les liquides condensés.

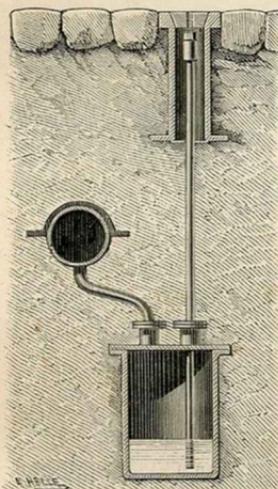


Fig. 60. — Siphon.

Nous donnons (fig. 60) un modèle de siphon complet d'après l'excellent manuel pratique des directeurs d'usines à gaz de M. Coudurier.

Vers le milieu et à gauche, se trouve la conduite du gaz au-dessous de laquelle le branchement du siphon est fixé au moyen d'une bride. Un tube vertical, plongé presque jusqu'au fond du pot, sert à en extraire l'eau au moyen d'une pompe. A la partie supérieure de l'appareil un bouchon de regard, monté sur une tête en fonte, permet la visite du siphon.

Les siphons doivent être visités très régulièrement et vidés avec soin sous peine de voir des conduites interceptées par l'eau. En général, les siphons les plus rapprochés de l'usine sont ceux qui reçoivent le plus d'eau. Un siphon qui se remplit d'une façon anormale indique une rupture dans la canalisation; en effet, les eaux de pluie pénètrent alors par la fissure produite et viennent s'ajouter aux eaux de condensation.

Vannes. — Enfin il est toujours bon de pouvoir isoler les uns des autres les diverses parties d'une canalisation, afin de pouvoir faire des réparations ou de parer aux accidents; pour cela on pose de distance en distance des vannes manœuvrées du sol avec une clef ou placées dans un regard accessible. La figure 61 représente une vanne Séraphin, qui constitue un des modèles les meilleurs et les plus répandus. Ce genre de vanne est également employé dans tous les appareils de fabrication des usines.

Régulateurs de district. — Si nous continuons à suivre les conduites et à examiner les divers accessoires qu'elles comportent dans le but d'assurer la circulation du gaz dans des conditions convenables, nous trouvons encore un appareil de régulation, le régulateur de district. En effet, le gaz dont la pression est déterminée à l'usine et chez les abonnés subit quelquefois ce que l'on appelle des à-coups par suite d'allumage ou d'extinction subits du gaz, dans un grand établissement, par exemple; et pour empêcher que la secousse ne se transmette dans toute la canalisation, on place sur le parcours un régulateur qui a pour but non seulement de préserver les quartiers environnants des irrégularités d'éclairage, mais encore de ramener dans les limites voulues la pression dans le district visé. La figure 62 représente un des meilleurs appareils que l'on puisse employer dans ces conditions, à cause de sa sensibilité; c'est le régulateur de Giroud. Son principe est le même que celui des régulateurs déjà décrits. On devra remarquer dans ce système: les compensateurs qui neutralisent les effets de l'immersion; le guidage qui, se faisant par le centre, permet au flotteur de se mouvoir sans frottement appréciable; enfin la présence de très petites ouvertures, permettant à l'air de pénétrer dans une seconde enveloppe qui entoure la cloche supérieure; l'air

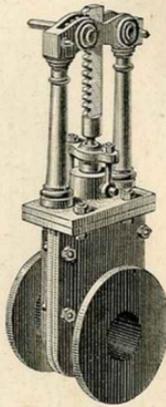


Fig. 61.
Vanne Séraphin.

ne pouvant ainsi pénétrer que très lentement dans cette enveloppe, on évite de cette façon les mouvements brusques du régulateur. Cet appareil sert également bien comme régulateur d'usine; nous en avons placé ici la description parce que nous estimons que par l'emploi de bons régulateurs de ce genre, judicieusement répartis sur le parcours d'une canalisation (précaution trop sou-

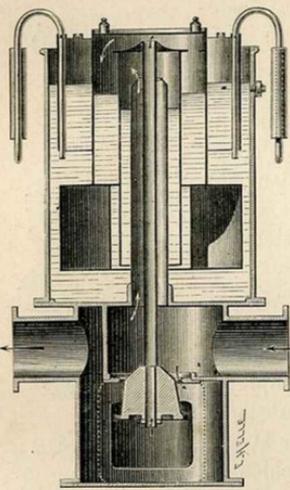


Fig. 62. — Régulateur Giroud.

vent négligée), on pourra toujours empêcher les brusques mouvements des flammes de gaz, si désagréables pour les consommateurs; les lanternes municipales fonctionneraient aussi plus régulièrement et enfin ces appareils remédieraient aux variations de pression qui, dans une ville un peu accidentée, proviennent des différences de niveau des canalisations.

Branchements. — Ainsi nous voyons le gaz circuler librement dans les canalisations pourvues de siphons et de vannes, avec une pression à peu près constante, grâce aux régulateurs; il faut maintenant le faire pénétrer chez les consommateurs au moyen de bran-

chements qui viennent le prendre à la conduite principale. Étant déterminé le point où sera placé le compteur chez le consommateur de gaz, on ouvre la chaussée à peu près en face de ce point jusqu'au niveau de la canalisation, en ayant soin d'établir le fond de la tranchée en pente régulière. On déroule ensuite le tuyau de plomb depuis le compteur jusqu'à la conduite, en le posant bien régulièrement sur des planchettes en bois goudronné, et on procède à l'établissement de la prise.

La prise de gaz peut se faire de plusieurs façons selon la na-

ture de la canalisation. Quand cette dernière se compose de tuyaux bitumés, on dégarnit le tuyau de son enveloppe de bitume sur une surface suffisante, on nettoie la tôle avec soin et on en vérifie l'étamage que l'on refait s'il le faut (en employant de la résine ou de la bougie pour décaper la tôle et non de l'acide chlorhydrique). On pratique dans la tôle, avec une mèche spéciale, un trou d'un diamètre égal à celui que présente à l'extérieur le branchement en plomb. On engage légèrement l'extrémité de ce dernier dans la conduite et on fait tout autour une soudure à empâtement. Toute cette petite opération exige une certaine dextérité à cause du gaz qui s'échappe par l'ouverture pratiquée dans la canalisation. Lorsque la soudure est faite, on mastique soigneusement à chaud la partie de conduite qui avait été découverte, ainsi que la soudure, puis on rebouche la tranchée.

Si la canalisation est en fonte, il se présente deux cas : ou bien il existe sur la conduite une tubulure à bride sur laquelle on vient fixer le plomb avec une contre-bride ou bien il n'existe pas de tubulure. Dans ce dernier cas, on perce le tuyau à l'aide d'un bec d'âne ou mieux avec une mèche montée dans un appareil *ad hoc* (fig. 63), qui a l'avantage de faire un trou à bords nets et de la dimension voulue sans perte sensible de gaz. Cet appareil permet en outre de tarauder en même temps le tuyau de fonte, si l'on veut y visser un branchement en fer. Le dessin ne demande pas d'explications et montre suffisamment comment l'appareil est fixé provisoirement sur le tuyau pour procéder au perçage. Lorsque le trou est fait, pour y appliquer un tuyau de plomb, on démonte tout l'appareil en laissant la mèche en place, on prépare l'extrémité du tuyau de plomb en y enfilant d'abord un collier

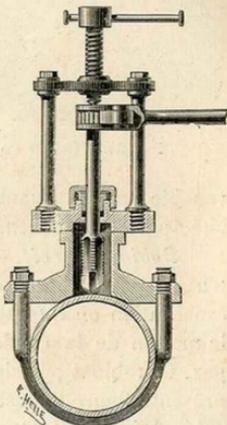


Fig. 63. — Appareil pour percer les conduites.

en fer spécial (fig. 64). On soude, à une distance de cette extrémité égale à l'épaisseur de la fonte, un collet en plomb. On applique

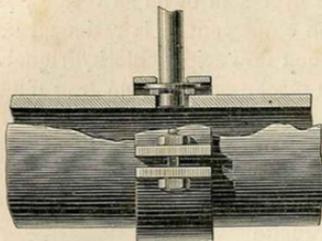


Fig. 64. — Collier en fer.

ensuite sous le collet une rondelle en cuir gras ou du mastic et on vient engager le bout du plomb à la place de la mèche qu'on enlève rapidement. On pose alors la seconde partie du collier en fer et les boulons, et l'on termine la prise en serrant ces derniers à fond; puis on procède au remblai.

Il est évident qu'il faut choisir une dimension de branchement con-

venable pour la quantité de gaz que l'on suppose devoir être débitée par ce branchement.

Robinet d'arrêt. — Le gaz pris sur la canalisation peut maintenant arriver chez le consommateur, mais entre le compteur et la canalisation on interpose au moins un robinet qui permet d'isoler la maison de la conduite de gaz. Ce robinet principal, représenté figure 65, est appelé *robinet d'arrêt*; il est en cuivre pour les branchements dont les diamètres s'élèvent jusqu'à 50 ou 60 millimètres. Pour les diamètres supérieurs on emploie des robinets en fonte ou des vannes. Dans beaucoup de localités, on pose un second robinet dit *de sû-*

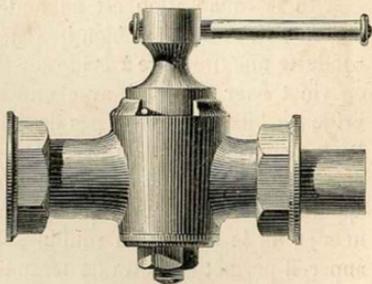


Fig. 65. — Robinet d'arrêt.

reté entre le robinet du compteur et la canalisation. Il est généralement placé à l'extérieur dans les soubassements des maisons ou les devantures des magasins. Il possède une clef spéciale qui est entre les mains des employés de l'usine à gaz, et qui permet d'ar-

rêter à volonté la fourniture du gaz sans être obligé de couper le tuyau.

Manomètre. — Il est souvent utile de vérifier si le gaz arrive au compteur dans de bonnes conditions de pression, car quelquefois d'anciens branchements sur lesquels on veut prendre du gaz sont obstrués. On s'assure de l'arrivée du gaz au moyen du manomètre dont le nom signifie mesureur de pression. Un manomètre (fig. 66) se compose essentiellement de tubes en verre ajustés dans une monture métallique qui les fait communiquer entre eux par la partie inférieure (ou bien encore d'un seul tube recourbé en U). L'extrémité supérieure de l'un des tubes est ouverte à l'air libre; l'extrémité de l'autre communique avec les conduites de gaz. Les deux branches étant à moitié remplies d'eau, le gaz exerce sa pression sur la surface de l'eau et la fait monter dans un tube pendant qu'elle descend dans l'autre; la mesure de la pression est donnée par la différence de niveau dans les deux branches, comptée en millimètres. Si donc lors de l'établissement d'un branchement, après avoir fait la prise, on fait communiquer un manomètre avec le tuyau contenant le gaz, la pression de ce dernier sur l'eau sera indiquée par la dénivellation des colonnes d'eau.

Appareils indiquant les fuites. — Le manomètre sert en même temps d'indicateur de fuites.

Aussi beaucoup de compagnies de gaz en prescrivent-elles l'emploi lors de l'installation du compteur et des appareils d'éclairage dans une maison. En effet, si tous les tuyaux, appareils d'éclairage et de chauffage, compteur, etc., sont posés régulièrement, si leurs robinets ferment bien, si les joints sont étanches et que l'on ouvre le robinet d'arrêt permettant l'arrivée du gaz dans les appareils jusqu'aux robinets fermés des brûleurs, le manomètre posé sur un point quelconque des tuyaux de la maison indiquera une certaine



Fig. 66.
Manomètre.

pression. Que l'on vienne ensuite à fermer le robinet d'arrêt, c'est-à-dire à supprimer la communication des tuyaux de l'installation particulière avec la canalisation où le gaz est toujours en pression, ce gaz renfermé absolument devra maintenir la colonne d'eau à la même hauteur, tandis que, s'il y a la moindre fuite, le gaz s'échappant, la pression diminuera et laissera l'eau prendre le même niveau dans les deux tubes du manomètre. Ce moyen de contrôle très simple devrait être plus fréquemment mis en usage et surtout mieux connu des abonnés qui éviteraient bien des accidents par son emploi.

Le gaz arrive donc jusqu'au point où il doit être consommé. Les usines à gaz livrent le gaz à l'entrée de la maison, les abonnés ont le droit de l'employer comme bon leur semble, pour l'éclairage, le chauffage et la production de force motrice, dans des appareils de leur choix et sous leur responsabilité. Nous allons passer en revue quelques appareils employés pour ces usages, mais auparavant nous devons savoir par quel moyen sera contrôlée la quantité de gaz fournie par l'usine au consommateur.

Compteur à gaz. — Comme nous l'avons vu, le gaz d'éclairage, au début de cette industrie, se vendait à forfait : les consommateurs s'abonnaient pour un certain nombre de becs devant brûler un certain nombre d'heures ; mais il y avait sans cesse des contestations parce que l'abonné pouvait prolonger clandestinement la durée de son éclairage ou bien employer des flammes de plus grandes dimensions qu'il n'était convenu ; aussi Clegg rendit-il à l'industrie du gaz un grand service en inventant le compteur dont la fonction est de mesurer et de compter en même temps le gaz livré aux abonnés. Ce gaz se vend généralement aujourd'hui au volume et se paye d'après le nombre de mètres cubes consommés.

Tout compteur à gaz se compose de deux organes : l'appareil mesureur, de capacité fixe, qui se remplit et se vide alternativement de gaz ; chaque remplissage est indiqué par l'appareil enregistreur. Il existe deux systèmes de compteurs, les compteurs humides employés en France presque exclusivement, et les compteurs secs

presque inconnus en France, mais assez répandus en Angleterre et en Allemagne.

Compteur humide (fig. 67). — L'organe essentiel est le volant, organe mesureur formé d'un tambour monté sur un arbre horizontal et divisé en quatre compartiments par des cloisons planes obliques sur l'axe. Il est suspendu dans une enveloppe contenant de l'eau jusqu'à un certain niveau un peu supérieur à l'axe.

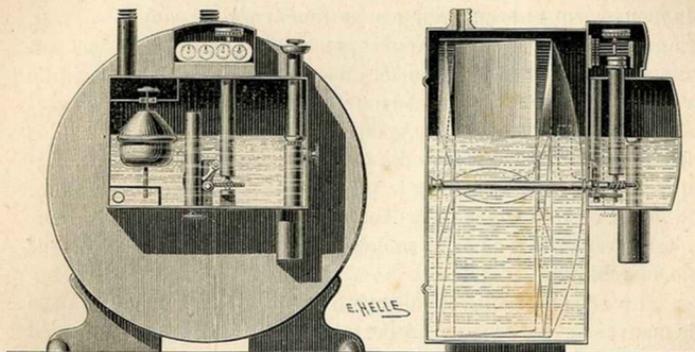


Fig. 67. — Compteur à gaz humide.

Chacun des compartiments porte deux fentes opposées diagonalement et pratiquées sur les deux faces du tambour; l'une d'elles sert à l'entrée, l'autre à la sortie du gaz.

Les quatre fentes d'entrée placées du même côté du volant sont recouvertes par une calotte métallique soudée tout autour sur le tambour et portant au centre une ouverture circulaire dont le bord supérieur est au-dessous du niveau de l'eau. Un tuyau recourbé pénètre sous cette calotte par l'ouverture centrale et amène le gaz dans l'espace compris entre la calotte et le tambour. Dans cet espace le gaz trouve hors de l'eau l'ouverture de l'un des compartiments, s'y introduit et, pressant sur la cloison, la soulève en



communiquant au volant tout entier un mouvement de rotation. Ce mouvement fait découvrir l'ouverture du compartiment suivant qui commence à se remplir, pendant que le premier achève de s'emplir ; dès qu'il est complètement plein de gaz, l'ouverture d'entrée de ce premier compartiment s'immerge et un peu après, son ouverture de sortie commençant à émerger de l'eau, le gaz s'en échappe dans l'enveloppe extérieure qui est en correspondance avec les appareils d'éclairage. La seconde chambre continuant à se remplir entretient le mouvement et le premier compartiment s'enfonçant dans l'eau, le gaz en est entièrement expulsé pendant que le troisième compartiment se remplit à son tour et ainsi de suite. Le mouvement de rotation s'explique aisément en raison de la différence des pressions d'entrée et de sortie, cette dernière étant forcément plus faible, puisque le gaz trouve des ouvertures pour s'échapper, tandis qu'à l'entrée existe toujours la pression du gaz de la canalisation. Si le gaz ne trouve pas d'écoulement, c'est-à-dire si aucun brûleur n'est ouvert, il n'y a pas de mouvement de rotation et le compteur ne marche pas.

Le volant est fixé à un arbre central qui est entraîné dans le mouvement de rotation. A l'extrémité de cet arbre est disposée une vis sans fin qui engrène avec une roue dont l'arbre porte un pignon commandant à son tour une série d'engrenages. Sur les axes de ceux-ci sont fixées les aiguilles de cadrans dont les circonférences sont divisées de manière à indiquer le nombre de tours du volant et les multiples de ces tours. Quand on connaît la capacité du tambour et le nombre de révolutions indiqués par les aiguilles, il est facile de déterminer le volume de gaz qui a traversé le compteur. Du reste, la série des engrenages est calculée pour traduire le nombre de tours en mètres cubes.

Mais on comprendra d'autre part que la capacité des compartiments dépend du niveau de l'eau puisque la capacité mesurante est celle qui émerge. Si donc le niveau de l'eau montait ou descendait, le volume varierait. Comme le mouvement d'enregistrement n'indique que le nombre des rotations, il faut que la capacité des



compartiments reste invariable. En effet, si la capacité mesurante augmentait par suite d'abaissement du niveau de l'eau, l'usine serait lésée puisque les mètres cubes qu'elle vend seraient en quelque sorte plus grands! Si au contraire le niveau de l'eau s'élevait, ce serait l'abonné qui, à son tour, y perdrait. On comprendra donc l'importance de la conservation de ce niveau.

L'eau s'introduit dans le compteur par un trou qui est fermé ordinairement par un bouchon à vis. Lorsque le compteur contient la quantité d'eau voulue, l'excédent s'écoule par une ouverture latérale également fermée par un bouchon à vis. Enfin un troisième bouchon que l'on aperçoit au-devant du compteur sert à vider les condensations qui peuvent se produire dans le tuyau amenant le gaz dans le volant. Pour éviter que le consommateur, connaissant trop bien la construction d'un compteur, essaye de frauder l'usine en augmentant la capacité mesurante par une suppression d'eau, une soupape montée sur un flotteur vient fermer le passage d'entrée du gaz si l'eau descend trop au-dessous du niveau réglementaire; d'autre part, pour que l'eau n'atteigne pas un niveau trop élevé réduisant le volume mesurant du volant, le siphon ou tuyau recourbé par où passe le gaz pour entrer dans le tambour est arrêté à un niveau tel que l'eau y pénètre et le noie, arrêtant le passage du gaz.

Tel qu'il est, le compteur est un mesureur de volume assez exact; l'erreur commise dans l'appréciation des volumes dépasse rarement 5 pour 100. Ce chiffre n'est atteint que dans des cas exceptionnels, surtout lorsque l'instrument n'est pas monté convenablement; en général, les erreurs de mesurage sont au détriment des usines. Il faut avoir soin de placer les compteurs dans un endroit sec, à l'abri de la chaleur et des grands froids. Beaucoup de fabricants se sont ingénies pour remédier aux erreurs de mesurage qui peuvent se produire surtout par la dénivellation, et aussi pour prévenir les fraudes de consommateurs peu consciencieux qui voudraient essayer de brûler le gaz sans le payer en empêchant le compteur de *marquer*.

Le froid, en produisant la congélation de l'eau, peut arrêter le fonctionnement du compteur; on pare à cet inconvénient en remplaçant l'eau ordinaire par des dissolutions de glycérine à 30 ou 40 pour 100, par de l'alcool étendu contenant 20 pour 100 d'alcool absolu. On a proposé également des solutions de chlorure de calcium; le meilleur moyen d'éviter la gelée consiste à choisir convenablement l'emplacement du compteur et à l'entourer d'enveloppes de laine ou de feutre. Suivant les besoins, on fabrique des compteurs de dimensions très variables, depuis ceux qui servent à alimenter 3 becs (ils ne sont plus guère en usage) ou 5 becs, jusqu'à ceux de 500 becs et au delà.

Compteurs d'usines. — Le compteur a été tout d'abord considéré comme le moyen de vendre le gaz d'une façon exacte. On reconnut bientôt qu'il est avantageux pour les usines comme contrôle même de la fabrication, et aujourd'hui toutes les usines possèdent un compteur dit de fabrication, servant à indiquer les quantités de gaz fabriquées et envoyées aux gazomètres. Nous aurions dû rationnellement en parler à la suite des appareils de l'usine; mais, en raison de l'explication assez délicate de cet appareil, nous avons préféré renvoyer jusqu'ici les quelques mots que nous avons à en dire, parce que le compteur de fabrication ne diffère que très peu du compteur d'abonnés. En effet, son principe et son fonctionnement sont absolument les mêmes que ceux que nous venons d'exposer. En raison de sa destination spéciale, le contrôle de la fabrication, il est pourvu d'organes particuliers qui non seulement lui permettent de l'exercer avec précision, mais encore d'en laisser une trace. La figure 68 représente un de ces compteurs avec son vannage spécial et by-pass permettant de mettre le compteur en dehors de la circulation du gaz s'il lui arrivait un accident. Ce dispositif de vannes à tampon est très avantageux. Sur la face du compteur on peut voir deux gros tubes de niveau en verre, qui permettent de s'assurer d'un coup d'œil s'il contient assez d'eau. Le niveau de l'eau dans ces compteurs s'abaisserait très rapidement en effet, à cause de la grande quantité de gaz qui les traverse, si

l'on n'avait le soin de les remplir tous les jours. Enfin le compteur d'usine comporte un appareil spécial appelé *rapporteur de fabrication*. C'est l'appareil qui laisse, comme nous le disions, une trace de contrôle. Ce rapporteur, vulgairement appelé *mouchard*, se compose d'un mouvement qui, agissant sur un crayon ou un tire-ligne, laisse sur le papier des traces ou lignes dont les dimensions sont proportionnelles aux quantités de gaz fabriquées, et comme le papier est mû lui-même d'un mouvement uniforme proportionnel au temps, on a, minute par minute, le diagramme de la fabrication du gaz dans l'usine. Pour réaliser ces deux mouvements, l'arbre du volant passe dans la paroi de devant du compteur à travers une presse-étoupe ; non seulement il

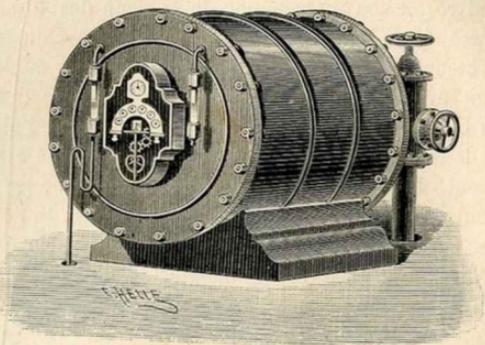


Fig. 68. — Compteur d'usine à gaz.

actionne une série d'engrenages faisant tourner des aiguilles devant plusieurs cadrans, dont les divisions représentent des mètres cubes, mais encore il commande à son extrémité le mouvement circulaire d'un plateau sur lequel on fixe un disque de papier fort. Cette feuille de papier tourne ainsi avec une vitesse proportionnelle à la vitesse de rotation du volant du compteur, par conséquent au volume de gaz qui le traverse. Une horloge est disposée au-dessus du plateau qui porte ce papier, et un crayon mis en mouvement à l'aide d'une bielle actionnée par la grande aiguille de l'horloge trace des courbes sur le disque ; la distance entre les points de naissance de ces courbes sur la circonférence indique le volume fabriqué par heure.



Un très ingénieux dispositif du rapporteur est dû à MM. Nicolas et Chamon. Les disques sont remplacés par des bandes de papier enroulées sur un cylindre vertical faisant un tour complet en vingt-quatre heures. Les bandes sont divisées en heures et fractions. Cette feuille porte en outre des divisions verticales représentant des dizaines de mètres cubes. Le crayon ou tireligne, destiné à tracer automatiquement les lignes représentant les volumes écoulés, est actionné par une came spéciale, dite en cœur, qui reçoit son mouvement de la roue des dizaines du cadran. Le tracé de la came étant une spirale d'Archimède dont les rayons vecteurs croissent proportionnellement aux angles décrits, il s'ensuit évidemment qu'elle élève et abaisse verticalement ce crayon proportionnellement au chemin parcouru par l'aiguille des dizaines, et la trace laissée sera l'expression graphique exacte de ce mouvement. Dans le cas d'une marche normale, les courbes produites sont des hélices enroulées sur le cylindre. Si l'on déroule le papier (ce que l'on fait tous les jours en le remplaçant à heure fixe), les hélices se transforment en lignes droites et l'on peut ainsi reconnaître très simplement si la fabrication a été régulière¹.

Ce dispositif présente encore cet avantage que toutes les feuilles peuvent être réunies en album à la suite les unes des autres (ce qui est très facile à cause de leur forme rectangulaire) et présentent ainsi la collection des graphiques exacts de la marche d'une usine. Si nous avons un peu insisté sur ce détail du matériel de l'industrie du gaz, c'est à cause de son importance pour les conclusions que l'on en peut tirer. En effet, le compteur de fabrication vous dira : si la houille employée est de bonne qualité par les rendements enregistrés ; si le chauffage des cornues se fait dans de bonnes conditions, puisque, s'il est régulier, la distillation est régulière et par suite les courbes tracées le seront aussi ; si les charges se font aux temps voulus ; si les canalisations sont en bon

1. L'équation de ces droites est $(y = \frac{V}{V'} x)$, V étant la vitesse du crayon et V' la vitesse de rotation du cylindre.

état; si les compteurs d'abonnés sont maintenus à niveau; si l'éclairage public ne dépasse pas sa consommation normale, puisqu'on a la quantité de gaz fabriqué à l'usine et qu'on peut comparer avec celle qui est payée par les abonnés et le service municipal. C'est, en un mot, l'agent le plus fidèle et le plus sûr que puisse trouver un directeur d'usine pour le contrôle de ses divers services.

Compteurs secs. — Le compteur sec est peu employé en France et n'est pas admis à Paris. Cependant il présente cer-

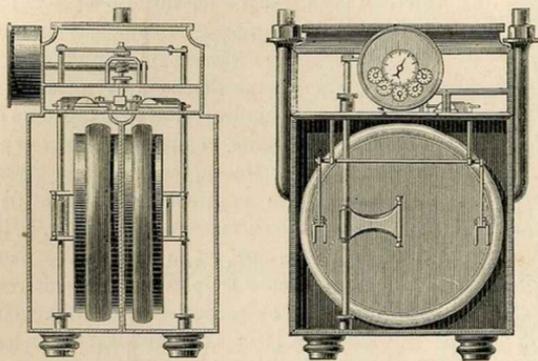


Fig. 69. — Compteur sec.

tains avantages que n'ont pas les compteurs humides. Il n'exige pas une pose rigoureusement d'aplomb, il évite le service du nivellement pour remettre l'eau enlevée pour le passage du gaz; il ne craint pas la gelée. Il n'a ni vis de vidange ni vis de réglage et n'est pas exposé à se noyer. Son aspect extérieur est celui d'une boîte en tôle carrée, à l'extérieur de laquelle on n'aperçoit que les raccords d'entrée et de sortie du gaz. Sa capacité carrée est divisée en deux parties par une cloison verticale, à laquelle on a soudé de chaque côté un anneau en tôle qui est relié d'une manière étanche, par du cuir préparé spécialement, à un disque

de tôle de même diamètre pouvant se mouvoir à une certaine distance de la cloison. Les disques mobiles sont guidés dans leur mouvement par des bras horizontaux. Les tuyaux d'entrée et de sortie sont mis alternativement en communication avec chacun des compartiments par des tiroirs horizontaux à coquille établis dans la partie supérieure du compteur (fig. 69).



Fig. 70.
Compteur de poche.

Le gaz arrivant par le raccord d'entrée trouve libre l'ouverture d'un des compartiments qui vient de se vider, il pénètre à l'intérieur et pousse la cloison mobile jusqu'à l'extrémité de sa course. A ce moment les tiroirs changent la direction du courant de gaz, de telle sorte que le compartiment qui vient de se remplir soit mis en communication avec le tuyau de sortie pendant que le premier compartiment accomplit le mouvement inverse. On reproche à ce système de compteur la construction délicate de ses tiroirs qui s'encrassent rapidement, si le gaz n'est pas propre, et la facilité avec laquelle les membranes souples en cuir s'altèrent, se durcissent, se racornissent en diminuant le volume de la capacité mesurante. La conséquence de cette réduction de volume est un mesurage inexact au détriment de l'abonné.

Enfin nous devons encore parler d'un appareil de mesure — le *compteur de poche* — qui, s'il ne présente pas les caractères spéciaux de précision des compteurs dont nous venons de parler, permet de contrôler facilement, rapidement, la consommation d'un appareil à gaz quelconque et, si l'appareil est bien établi, avec une erreur de 2 à 3 pour 100 seulement. Le compteur de poche, ou *aérorhéomètre*, figure 70 (modèle A. Grenier), se compose d'un tube de verre B dans lequel se meut librement un disque de verre A,

percé de petits trous et surmonté d'une tige de verre B, terminée à sa partie supérieure par un disque C un peu plus grand que le premier; ce dernier glisse dans un tube métallique conique, terminé à la partie supérieure par un bouchon fileté auquel on peut adopter un brûleur E quelconque. Si l'on visse l'appareil sur un raccord où arrive du gaz et si l'on allume le brûleur, il se produit un écoulement de gaz qui soulève les deux petits disques jusqu'à une certaine hauteur correspondant à une graduation placée sur une échelle métallique disposée le long du tube de verre. Cette graduation représente le débit en litres par heure, de l'appareil, et n'est que la traduction de l'équation générale. $D = K \times P$, dans laquelle D est le débit, P la pression produisant l'écoulement du gaz et K un facteur dont la valeur dépend de l'appareil. On détermine expérimentalement la graduation de l'appareil qui porte du reste une seconde graduation des pressions en millimètres d'eau. L'appareil, dans la figure 70, est représenté monté sur un pied en fonte auquel le gaz arrive par un tuyau de caoutchouc.

Canalisations intérieures.

Le gaz parvenu dans le local où il doit être consommé, pour l'éclairage, le chauffage ou la force motrice, à la libre disposition de l'abonné, comme nous l'avons dit, part du compteur par une série de tuyaux de plomb, de fer ou de cuivre. Disons de suite que ces tuyaux sont souvent d'un diamètre trop faible, soit que l'on veuille éviter de grosses saillies le long des murs, soit que l'on cherche à réaliser une économie, mal comprise du reste, parce que de trop faibles conduites sont toujours la cause d'un éclairage irrégulier. Le diamètre des tuyaux à employer varie nécessairement suivant le nombre des becs à alimenter. A son départ du compteur, le tuyau de plomb doit avoir un diamètre égal à celui du branchement qui amène le gaz de la rue. On le diminue ensuite à mesure que des prises sont faites sur son parcours. Mais il faut également que le compteur soit d'une dimension suffisante pour fournir le



gaz qui sera brûlé. Nous donnons ci-dessous, à titre d'indication générale, deux tableaux où sont notés la consommation qu'un compteur peut alimenter avec les diamètres intérieurs des branchements qui leur conviennent et les diamètres à donner aux tuyaux posés dans les maisons selon leur longueur.

Les becs dont il est question dans ces tableaux consomment 135 à 140 litres à l'heure.

COMPTEURS.

NOMBRE DE BECS ALIMENTÉS.	DÉPENSE A L'HEURE.	DIAMÈTRE DES BRANCHEMENTS.
3 becs.	360 litres.	20 millimètres.
5 —	700 —	20 —
10 —	1 400 —	27 —
20 —	2 800 —	35 —
30 —	4 200 —	40 —
40 —	5 600 —	45 —
60 —	8 400 —	50 —
100 —	14 000 —	55 —
150 —	21 000 —	60 —
200 —	28 000 —	80 —

TABLEAU DES DIAMÈTRES

A DONNER AUX TUYAUX DE GAZ DANS LES MAISONS.

DIAMÈTRE des TUYAUX.	LONGUEUR DES TUYAUX DEPUIS LE COMPTEUR JUSQU'AUX BECS.														
	3m	6m	9m	12m	15m	18m	21m	24m	27m	30m	33m	36m	39m	42m	45m
	NOMBRE DE BECS BRULANT 135 LITRES A L'HEURE.														
10	10	7	5	4	3	2	1	»	»	»	»	»	»	»	»
15	25	14	10	8	6	5	4	3	3	2	2	1	»	»	»
20	60	38	26	19	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1
25	100	64	42	32	25	20	16	13	10	8	7	6	5	4	3
30	150	95	65	48	37	30	25	20	16	13	10	8	7	6	5
40	350	228	156	114	90	70	60	50	40	35	30	25	21	16	13

Nous pensons que ces renseignements seront utiles à beaucoup de consommateurs de gaz, parce que nous avons vu nous-même combien les installations insuffisantes causent d'ennuis.

Appareils d'éclairage au gaz.

Les appareils à gaz sont posés le long des tuyaux qui amènent le gaz dans une maison aux divers points où l'on juge nécessaire d'avoir de la lumière.

Tout appareil à gaz se compose de trois parties : la prise, l'appareil, le brûleur. La prise se fait toujours de la même façon : une plaquette de bois appelée patère est scellée au plafond ou dans le mur. Sur cette plaquette, on fixe, au moyen de vis, une pièce de cuivre circulaire appelée raccord, soudée au centre au tuyau de plomb qui amène le gaz. Une partie cylindrique creuse et filetée extérieurement est établie au milieu du raccord et sur cette partie filetée on vient visser les appareils à gaz. Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de décrire les innombrables modèles d'appareils à gaz dont la fabrication est une importante industrie bien parisienne, où l'on retrouve le goût tout particulièrement élégant de nos fabricants. Le troisième organe d'un appareil à gaz est le *brûleur*, supporté par l'appareil proprement dit. Il existe deux classes de brûleurs ou becs à gaz : ceux qui brûlent le gaz à l'air libre et ceux qui le brûlent à l'aide d'une cheminée en verre comme dans les lampes à huile à double courant d'air. Une troisième classe pourrait être établie avec les brûleurs *dits intensifs*, créés depuis quelques années pour tirer meilleur parti du gaz en produisant la combustion à haute température par l'utilisation de la chaleur perdue.

Un brûleur à gaz n'est, par le fait, qu'un foyer dans lequel la combustion est dirigée en vue de donner de la lumière au lieu de produire de la chaleur.

Les mêmes problèmes dont nous avons parlé au sujet du chauffage se présentent ici, et c'est par l'analyse exacte des condi-

tions mêmes du phénomène que l'on peut arriver au meilleur résultat, c'est-à-dire à obtenir le maximum de lumière avec le minimum de gaz brûlé.

La flamme est un gaz à l'état de combustion. Si elle est trop épaisse, la combustion n'a pas lieu au centre; aussi, dans une flamme cylindrique un peu épaisse, comme celle que l'on obtient avec un jet de gaz enflammé, la partie centrale est-elle presque uniquement composée de gaz non brûlé et froid, parce que l'oxygène de l'air nécessaire à la combustion n'y parvient pas. Si au contraire le jet de gaz est trop mince, la flamme n'est plus éclairante, parce que la combustion est trop complète; il y a excès d'air. On admet généralement que, lors de la combustion du gaz d'éclairage, il y a dissociation de ses éléments; une partie est brûlée complètement pour amener à haute température du carbone devenu libre qui est porté à l'incandescence; mais si l'arrivée de l'oxygène est trop rapide, la dissociation ne se produit plus de la même façon; la flamme n'est plus éclairante, mais développe beaucoup de chaleur. La condition essentielle pour un bon éclairage est de proportionner le rapport des volumes du gaz et de l'air qui produit la combustion. La condition essentielle à réaliser exige qu'il y ait assez d'oxygène pour déterminer la combustion en laissant du carbone libre, qui sera porté à l'incandescence par l'élévation de température produite.

En général, les gaz les plus denses sont les plus riches en carbone et les plus éclairants; mais il faut que, lors de la combustion, le brûleur soit disposé pour leur fournir plus d'air.

De la disposition du brûleur dépend donc la bonne utilisation du gaz. Nous allons passer en revue ceux qui sont considérés comme le plus avantageux.

Becs à air libre. — Dans les becs à air libre, la flamme est plate, et cette forme est produite par deux types de brûleurs, les becs papillons et les becs Manchester. Nous ne parlerons que pour mémoire des becs à jet, dans lesquels la flamme est fournie par un jet de gaz sortant d'un orifice circulaire. La combustion s'y produit

dans de mauvaises conditions; aussi ne sont-ils employés que rarement, comme motifs d'illumination par exemple.

Le *bec papillon* est un cylindre creux en fonte, cuivre, porcelaine ou stéatite, terminé par une calotte sphérique, dans laquelle est pratiquée une fente par où le gaz s'échappe en lame mince (fig. 71).

D'après les expériences de MM. Audouin et Bérard, la fente doit avoir une largeur de $0^{\text{mm}},6$ pour obtenir le maximum de pouvoir éclairant avec le gaz de Paris.

C'est le bec type employé pour les lanternes publiques; sa consommation normale est de 140 litres à l'heure avec une flamme de 32 millimètres de hauteur et 66 millimètres de largeur; il fournit alors une quantité de lumière égale à 1,1 de celle fournie par une lampe Carcel. Si, au lieu de brûler du gaz de Paris dans un bec de ce type, on voulait s'éclairer avec un gaz riche comme le gaz portatif, qui est du gaz de Boghead, la flamme serait fumeuse, rougeâtre et peu éclairante. On emploie pour ce gaz spécial des becs à fente très mince et l'on augmente la pression de sortie du gaz, afin que le volume du gaz très riche en carbone soit moins grand par rapport au volume d'air en contact avec la flamme. Avec le gaz de Paris, les becs papillons à fente de $0^{\text{mm}},6$ doivent brûler sous une pression de 2 à 3 millimètres d'eau, tandis que les becs alimentés au gaz riche, avec fente de $1/10$, exigent une pression de 20 à 25 millimètres.



Fig. 71.
Bec
papillon.



Fig. 72.
Bec
Manchester.

La flamme plate est également produite à l'air libre par le *bec Manchester*, qui donne à la flamme la forme en queue de poisson. Le bec Manchester (fig. 72) est un cylindre creux en fonte, cuivre, porcelaine ou stéatite comme le précédent; mais, au lieu d'une calotte sphérique, il se termine par une surface légèrement concave percée de deux trous obliques convergents. Le gaz sort par ces deux trous, sous forme de deux jets qui, en se rencontrant, s'écrasent et forment une nappe telle que, lorsqu'on l'allume, la flamme

produite est perpendiculaire au plan déterminé par l'axe de ces trous. Ces becs résistent mieux aux courants d'air, mais exigent une pression plus forte; enfin, lorsqu'on veut augmenter la flamme, elle se déforme, n'éclaire plus et fait entendre un sifflement particulier. Leur consommation est beaucoup plus élevée que celle des becs papillons à égale quantité de lumière obtenue.

Becs à double courant d'air (fig. 73). — Ces becs sont établis sur le principe du bec à huile d'Argand dans lequel l'arrivée de l'air est activée par une cheminée en verre qui entoure la flamme.



Fig. 73. — Bec à double courant d'air.

Ils sont constitués essentiellement par un anneau en cuivre, porcelaine ou stéatite percé d'un certain nombre de petits trous sur une ou plusieurs circonférences de cercle et assez rapprochés pour que les petits jets de flamme se réunissent pour que les petits jets de flamme se réunissent immédiatement au-dessus des orifices, en donnant naissance à une flamme cylindrique continue. L'anneau est alimenté par un double conduit en cuivre fondu, sur lequel il est mastiqué. Ce double conduit se termine à la partie

inférieure, par un tube fileté, servant à le fixer sur l'appareil qui doit le supporter. L'air est appelé dans la flamme et autour d'elle, par une cheminée de verre, et son arrivée est régularisée par un panier en cuivre ou porcelaine, fixé au-dessous de la couronne. La hauteur de la cheminée doit être proportionnée au diamètre et au débit de la couronne, puisque l'arrivée de l'air dépend de cette hauteur. Les trous pratiqués sur la couronne sont en nombre très variable, depuis 10 jusqu'à 100; leur diamètre varie également beaucoup. Ces becs doivent également brûler à basse pression pour être avantageux.

Lanternes de ville. — Les lanternes de ville (fig. 74) ne présentent aucune particularité au point de vue du brûleur ou de l'installation. Le modèle adopté n'a été depuis longtemps en France l'objet d'aucun perfectionnement notable. Il n'y a même que peu de temps que l'on a pensé à le garnir d'un réflecteur, et, cette

disposition n'est appliquée que dans un petit nombre de villes. Il y aurait cependant beaucoup à faire pour les rendre plus avantageuses, tant au point de vue de l'éclairage produit que de l'utilisation du gaz consommé.

Becs intensifs. — Lorsque l'éclairage électrique a commencé, il y a quelques années, à devenir pratique par l'invention des machines dynamo et magnéto-électriques, des lampes à incandescence, des bougies Jablochhoff, etc., le premier objectif de ceux qui le proposaient fut la lanterne de ville, parce que la démonstration était plus brillante dans les rues, surtout comparée à la lumière des becs des lanternes de ville. Les gaziers, stimulés, voulurent montrer que le gaz pouvait donner un aussi bon éclairage, et les ingénieurs de la Compagnie parisienne créèrent *les pots à feu* de la rue du Quatre-Septembre en concurrence avec la bougie Jablochhoff de l'avenue de l'Opéra. Ce brûleur se compose de six becs papillons à fente, 6/10 de millimètre, montés en couronne par des porte-becs coudés. Deux coupes en cristal régularisent l'alimentation de l'air. Un bec central, qui s'allume lorsque la couronne s'éteint, sert à l'éclairage ordinaire après minuit. Un appel d'air énergique, produit par un chapiteau spécial, refroidit les vitres de la lanterne. La consommation normale de ce bec est de 1400 litres à l'heure. Son pouvoir éclairant est égal à celui de 14 carrels, soit 100 litres par carcel. Ces mêmes becs isolés, à fente 6/10, exigent 130 litres environ par carcel. Ce résultat est dû à la température plus élevée de la combustion et à l'alimentation d'air qui est meilleure. Mais cette solution n'est pas suffisante pour obtenir une sérieuse économie. C'est dans l'idée appliquée d'abord par Siemens, dans la *récupération*, qu'il faut chercher la vraie



Fig. 74.
Lanterne de ville.

solution d'un éclairage économique par la combustion à haute température.

La figure 75 représente les éléments essentiels du *brûleur intensif de Siemens* : G est la chambre d'arrivée du gaz, R une

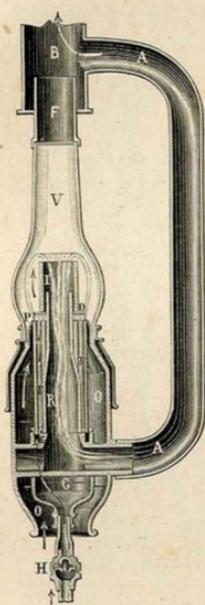


Fig. 75.
Brûleur intensif.

cheminée centrale intérieure, O la chambre d'air, F la cheminée télescopique couverte, B la cheminée verticale, A la cheminée latérale ou d'appel, P le peigineur inférieur, I un cylindre en porcelaine, V le verre, T les tubes formant brûleurs.

Le gaz traverse le régulateur H et se détend dans la chambre G, puis il s'engage dans les petits tubes brûleurs T. A la sortie de ces tubes, il se mélange avec l'air qui débouche en P, après s'être élevé dans la chambre O et avoir léché les parois des chambres intérieures.

La combustion s'effectue en D et la nappe lumineuse, formée par la juxtaposition des petits jets de gaz, s'élève tout d'abord, puis, se renverse grâce à la cheminée d'appel A, autour d'un cylindre I, en matière réfractaire, dont elle vient déborder l'arête supérieure en rentrant à l'intérieur de la chambre R ; les parois de cette chambre R se trouvent ainsi portées à une haute température par la seule chaleur des produits de la combustion qui s'échappent par la cheminée latérale.

L'air arrivant en sens inverse s'échauffe progressivement au contact de ces parois dans la chambre annulaire O, et atteint une température voisine de 500° lorsqu'il se mélange en P avec le gaz. La combustion a donc lieu à haute température, et les résultats que les fabricants annoncent pour les quatre modèles construits, sont les suivants :

N ^o du bec.	Consommation en litres à l'heure.	Intensité lumineuse en carrels.	Consommation par carcel-heure.
N ^o 1	1600	46 à 48	33 à 55
N ^o 2	800	20 à 22	38 à 40
N ^o 3	600	43 à 45	40 à 45
N ^o 4	300	5 à 7	45 à 50

Un grand nombre de dispositifs ont été créés depuis, suivant ce même principe, quand on vit qu'il donnait de bons résultats; la forme du bec Siemens n'étant pas commode pour les installations, les constructeurs qui ont suivi la même idée, ont cherché à rendre l'appareil plus facile à poser en mettant le récupérateur au-dessus. Nous donnons ci-contre la coupe d'un bec très répandu, le *bec Wenham* (fig. 76). AA, sont les entrées d'air; BB, récupérateur; CC, descente d'air chaud; EE, brûleur annulaire; FF, réflecteur émaillé; G, loquet de fermeture; H, charnière; IJK, coupe en cristal; L, évacuation des produits de la combustion; N, fumivore.

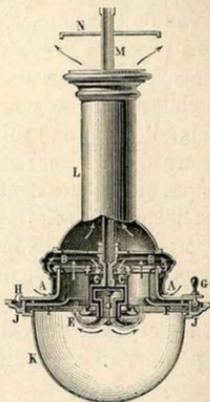


Fig. 76. — Bec Wenham.

On utilise ainsi la chaleur perdue pour amener le gaz et l'air avant leur combinaison à une température beaucoup plus élevée, qui porte au blanc éblouissant les particules de carbone en suspension dans le gaz.

Les résultats annoncés sont :

N ^{os} des appareils.	Gaz dépensé à l'heure.	Intensité lumineuse en carrels.	Consommation par carcel-heure.
N ^o 4	477 litres.	5 carrels.	35 litres.
N ^o 2	374 —	42 —	38 —
M ^o 3	437 —	47 —	25 —

D'autres becs¹ basés sur le même principe atteindraient même une dépense inférieure à 20 litres par carcel, ce qui mettrait la lumière du gaz à un prix beaucoup plus bas qu'avec tout autre système d'éclairage; car si l'on compte le mètre cube de gaz au prix de 0 fr. 30, la carcel, à raison de 20 litres par heure, ne coûterait que 0 fr. 006. Comme on le voit, il est donc possible aujourd'hui d'obtenir, pour s'éclairer, des prix beaucoup plus réduits que précédemment. Le progrès ainsi réalisé par le gaz, au point de vue de l'économie, est considérable si on le compare aux anciens procédés d'éclairage. Nous donnons ci-dessous un tableau comparatif du prix de la lumière obtenue par différents moyens. Le chiffre indiqué pour l'électricité est déduit de documents récents; il comprend un élément négligé en général pour le gaz : l'usure du brûleur; ce facteur devient fort important pour les lampes électriques dont la durée est limitée, bien que depuis quel-que temps on soit arrivé à la prolonger dans des proportions importantes; le prix indiqué se rapporte à l'éclairage par incandescence, le seul que nous croyons pratique pour l'éclairage particulier, l'emploi des lampes à arc n'étant admissible que pour les grands espaces. Ces chiffres, de même que ceux qui se rapportent au pétrole, sont extraits d'un très intéressant mémoire de M. Ph. Delahaye.

1. Nous avons seulement, dans ce volume, parlé du bec Siemens, parce que c'est celui dans lequel a été, pour la première fois, appliquée la récupération. Nous avons dit un mot du bec Wenham, qui est actuellement le plus répandu. Pour traiter la question d'une manière complète, il aurait fallu parler des becs Clamond, Popp, Cromartie, Sugg, Schulke, Brettmayer, Bower, Delmas, etc., etc., qui seront étudiés dans un autre volume relatif à l'éclairage moderne.

PRIX COMPARATIF DES DIVERS ÉCLAIRAGES.

NATURE DE L'ÉCLAIRAGE.	POUVOIR ÉCLAIRANT en bougies (de la lumière obtenue).	POUR LA LUMIÈRE de 1 BOUGIE.		DÉPENSE par mois DE 120 HEURES pour la lumière de	
		Matière brûlée en 1 heure.	Dépense en 1 heure.	1 bougie.	7 bougies valeur de 1 bec de gaz.
				Francs.	Francs.
	Bougies.		Centimes.	Francs.	Francs.
1° Bougie de l'Étoile (un paquet de 485 grammes donnant 47 heures d'éclairage et coûtant 1 fr. 40)	1	10 ^{sr} ,32	2,97	3,57	25
2° Chandelle (à poids égal donnant la même lumière que la bougie et coûtant 1 fr. 60 le kilogramme)	0,90	10 ^{sr} ,32	1,652	2,20	15,40
3° Huile à 1 fr. 40 le kilogramme (carcel de 7 bougies brûlant 42 grammes à l'heure)	7,0	6 ^{sr} ,00	0,84	1,008	7,05
Modérateur, 28 grammes à l'heure.	5,5	5 ^{sr} ,52	0,77	0,924	6,50
Quinquet, 28 grammes à l'heure.	5	6 ^{sr} ,5	0,91	1,09	7,63
4° Pétrole à 0 fr. 40 le litre, dans une lampe donnant 7 bougies, consommant 45 grammes à l'heure; verre, mèche et entretien compris	7,00	6 ^{sr} ,43	0,52	0,624	4,36
5° Electricité, lampe à incandescence.	7	»	0,5	0,60	4,20
6° Gaz de houille, bec Bengel, à 0 fr. 30 le mètre, 105 litres à l'heure.	7	15 ^{ll} ,0	0,45	0,54	3,78
Bec Wenham	35	5 ^{ll} ,0	0,15	0,18	1,26

La bougie française de l'Étoile sert de terme de comparaison.

Vérification du pouvoir éclairant.

Pour apprécier la quantité de lumière fournie par un bec de gaz et se rendre ainsi compte de la valeur éclairante du gaz fabriqué, on compare la lumière à examiner à la quantité de lumière fournie par une source lumineuse type.

Les deux sources lumineuses sont disposées pour éclairer également un même objet : à cet effet, l'une d'elles étant fixe, l'autre est rapprochée ou éloignée jusqu'au moment où l'œil estime l'éclairage égal; la valeur relative des lumières est calculée d'après la mesure de ces distances à l'objet éclairé. En effet, l'intensité de l'éclairage varie en raison inverse de la distance pour un point et en raison inverse du carré de cette distance pour une surface; si l'on connaît la distance, on trouve facilement la puissance lumineuse cherchée par rapport à la source type.

Il faut donc choisir une lumière type ou étalon, et un dispositif permettant de mesurer les distances respectives des deux lumières pour un même éclairage.

Cette méthode de mesure s'appelle *photométrie* (mesure de la lumière), et les appareils employés des *photomètres*.

Lumière type. — En France, la lumière type officielle est celle de la lampe Carcel, brûlant 42 grammes d'huile de colza épurée à l'heure.

On se sert souvent en pratique de la bougie de l'Étoile, de 5 au paquet, pesant 100 grammes et brûlant à raison de 10 grammes à l'heure, avec une hauteur de flamme de 52^{mm},5. La lumière donnée par une telle bougie est à celle de la carcel comme, 1 : 7,4.

La bougie de l'Étoile de 6 au paquet, pesant 83^{gr},3, donne le rapport 1 : 7,6.

En Angleterre, on emploie des bougies de spermaceti de 6 à la livre et brûlant 7^{gr},776 (120 grains) à l'heure; la carcel vaut 8,3 de ces bougies. En Allemagne, l'unité usitée est la bougie de

paraffine, de 6 à la livre et de 20 millimètres de diamètre; elle brûle 7^{gr},5 à l'heure pour une flamme de 50 millimètres, le rapport à la carcel est 1 : 7,5. Enfin à Munich, l'unité est la bougie stéarique conique brûlant 10^{gr},4 à l'heure, avec un rapport de 1 : 6,5.

M. Violle a proposé un étalon moins variable que les sources de lumière précédemment énoncées, c'est la lumière émise normalement par un centimètre carré de platine fondu, à la température de solidification. Cette méthode, d'une exactitude incontestable, n'est malheureusement pas facile à mettre partout en pratique. La valeur de la lumière fournie par cet étalon, plutôt scientifique que pratique, est égale à environ 11 carcel.

L'appareil photométrique, ou photomètre le plus simple est celui de Rumford. Une tige verticale est placée entre les deux lumières à comparer et un écran blanc, les deux lumières produisent deux ombres sur l'écran. On laisse à une distance fixe l'une des deux lumières, et on recule ou avance l'autre, jusqu'à ce que les deux ombres aient une égale intensité. On mesure les distances des lumières à la tige et on en déduit les rapports d'intensité.

À Paris, la méthode suivie par le service du contrôle de l'éclairage est celle qui a été formulée par Dumas et Regnault. D'après le traité de 1861, la Compagnie Parisienne doit fournir un gaz, qui, brûlant dans un bec d'Argand, modèle Bengel, de dimensions réglementaires, sous une pression de 2 à 3 millimètres d'eau, consomme au maximum 27^{lit},5 pour donner une lumière égale à celle que fournit une lampe Carcel (également de dimensions réglementaires) en brûlant pendant le même temps 10 grammes d'huile de colza épurée. Le photomètre employé est celui de Foucault, représenté (fig. 77); il se compose essentiellement d'une boîte divisée en deux compartiments par une cloison verticale mobile, dans laquelle est enchâssée une lame de verre amidonnée C formant écran, que l'on observe par un tube conique T en forme de lunette. En face de l'écran sont placées les deux lumières : le bec de gaz K, dans lequel le gaz est amené du compteur NS par le tuyau de caoutchouc M; et la lampe Carcel G placée

à la même distance de l'écran sur le plateau d'une balance Deleuil, construite spécialement. Les deux rayons lumineux viennent éclairer séparément chacune des deux moitiés de l'écran, et si l'on regarde ce dernier par l'ouverture de la lunette, on aperçoit la moindre différence dans l'intensité des deux sources lumineuses.

La lampe étant allumée, on règle la hauteur de la flamme de gaz, jusqu'à ce qu'elle donne une lumière égale à celle de la lampe, puis on ajoute à la tare J, qui équilibre la lampe, un poids

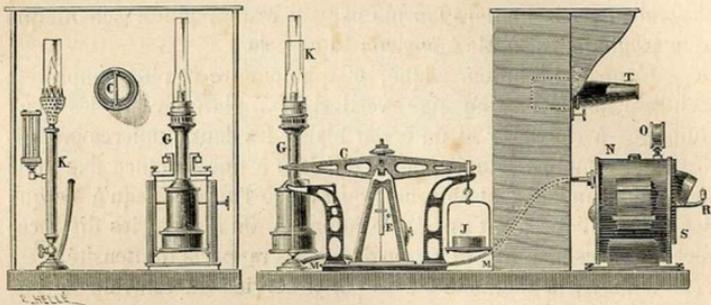


Fig. 77. — Photomètre Foucault.

de 10 grammes qui la maintient à une hauteur déterminée. On met en mouvement à la fois l'aiguille d'un compteur chronométrique O et l'aiguille indicatrice du compteur à gaz (on les avait au préalable ramenées au point zéro). Lorsque 10 grammes d'huile sont brûlés dans la lampe, le fléau C de la balance s'incline et vient détacher un petit marteau E qui tombe sur un timbre, dont le son avertit l'observateur que l'expérience est terminée. Il pousse alors un levier qui arrête le mouvement des aiguilles indicatrices et, ouvrant un bec veilleuse R, il lit la quantité de gaz consommé pendant la durée de l'expérience. Cette méthode donne des résultats d'une grande précision, à la condition de maintenir toujours constantes les conditions de l'expérience; c'est-à-dire que les brûleurs doivent toujours être rigoureusement réglés de

la même façon (mèche, verre, qualité d'huile de la lampe, bec à gaz et verre à gaz).

Un autre dispositif de photomètre très employé est le photomètre à tache de Bunsen, représenté figure 78. Sur une table sont placés : 1° le bec type ou la bougie type D, dont la lumière arrive au photomètre C par l'ouverture rectangulaire d'un écran *d*; 2° le

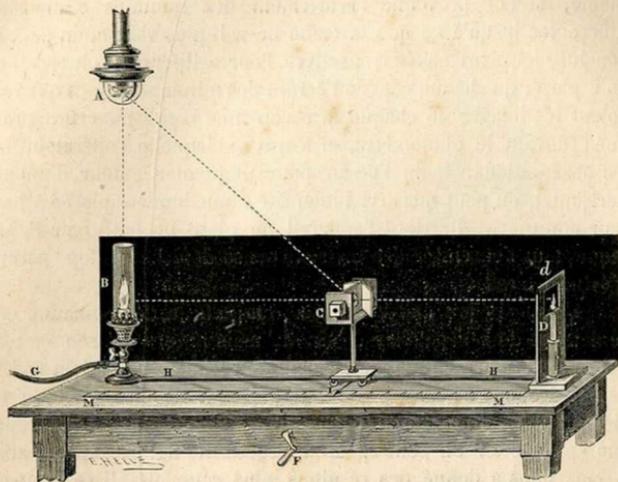


Fig. 78. — Photomètre Bunsen.

photomètre mobile sur un petit chariot, qui peut avancer ou reculer le long d'une rainure H; au moyen d'un système de fils, passant sur des poulies de renvoi et mus par une manivelle F, on provoque son déplacement dans un sens ou dans l'autre; 3° le bec B qui fournit la flamme du gaz à examiner et qui est alimenté par le tuyau G amenant le gaz d'un compteur d'expériences. Le photomètre glisse le long d'une règle divisée M fixée sur la table. Un index I, adapté au support de cet instrument, correspond à son axe et indique exactement sa situation sur la règle.

Le photomètre a pour organe essentiel un écran en papier au centre duquel on applique d'un côté une large tache de blanc de baleine que l'on gratte avec un couteau, et que l'on chauffe ensuite légèrement. La tache détermine une certaine transparence dans le papier. Si l'on place de chaque côté, à égale distance, des lumières d'égale intensité, la tache disparaît; ou, ce qui revient au même, si l'on provoque l'écartement des lumières d'intensités différentes jusqu'à ce que la tache ne soit plus visible, on peut en conclure leurs intensités respectives. Pour faciliter cette observation, on a placé, de chaque côté de l'écran, des miroirs obliques qui renvoient les images de chaque face vers une petite ouverture pratiquée devant le photomètre, et à travers laquelle l'opérateur fait les observations. Enfin l'écran pouvant pivoter autour d'un axe horizontal, on peut mesurer l'intensité d'une lumière placée à hauteur comme A. Derrière l'appareil on place un fond noir E, sur lequel tout l'ensemble des instruments se détache; ce fond permet d'éviter les reflets.

L'examen journalier du gaz comporte la détermination non seulement de son pouvoir éclairant, mais encore de son état de pureté. On se contente généralement de vérifier s'il contient encore de l'hydrogène sulfuré, en le faisant passer sur une bande de papier imbibée d'une solution d'acétate de plomb suspendue dans une éprouvette. Un petit appareil, représenté fig. 79, appelé analyseur, nous a donné des résultats plus complets. Il se compose d'un flacon à pied, fermé par un bouchon en caoutchouc, traversé par un tuyau en cuivre dans lequel est mastiqué un tube de verre, qui peut amener le gaz presque au fond du flacon. Le tuyau en cuivre est surmonté d'un bec à jet, dont l'ouverture a 1 millimètre de diamètre; un robinet placé sur une branche latérale permet, soit d'envoyer le gaz vers le fond du flacon d'où il remonte ensuite au bec à jet, soit de l'envoyer directement au bec à jet. Quand l'on veut savoir si le gaz contient de l'acide carbonique, on verse au fond du flacon quelques centimètres cubes d'eau de chaux limpide, et s'il contient de l'acide carbonique, le gaz traversant l'eau de

chaux bulle à bulle détermine la formation de carbonate de chaux, qui rend l'eau laiteuse ; dans le cas contraire, elle reste limpide. Pour savoir si le gaz contient de l'hydrogène sulfuré ou de l'ammoniaque, on suspend à un crochet spécial, placé au-dessous du bouchon, des papiers réactifs dont le changement de couleur indique la présence de ces impuretés ; on fait usage soit de papier imbibé d'acétate de plomb qui noircit avec l'hydrogène sulfuré, soit de papier imbibé d'une solution de teinture de tournesol légèrement rose ; le gaz contenant de l'ammoniaque libre ramène au bleu la teinture de tournesol.

Enfin le bec à jet de l'analyseur peut, dans une usine, servir au contrôle continu ou intermittent de la qualité du gaz ; en effet, l'on a constaté que, si l'on donne à la flamme du gaz de Paris, débité en forme de jet, par un trou de 1 millimètre de diamètre environ, une hauteur de 105 millimètres, la consommation sera de 38 litres à l'heure. Si le gaz est moins éclairant, il faut consommer plus de gaz pour maintenir cette hauteur de flamme. Si donc le volume de gaz consommé pour obtenir cette flamme d'une manière continue est déterminé à l'aide d'un compteur d'expériences, on en déduira le pouvoir éclairant du gaz.

La hauteur de flamme est mesurée par une petite tige cou-dée que l'on voit sur le côté gauche de la figure ; elle doit être maintenue à la hauteur voulue par une vis de pression, et cette hauteur est vérifiée au moyen de l'échelle d'un petit manomètre placé latéralement. On peut également faire passer le gaz, avant son arrivée à l'appareil, dans un régulateur de Giroud, par exem-

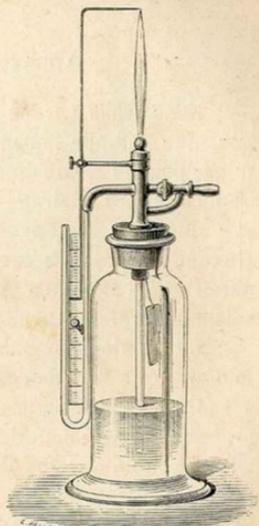


Fig. 79. — Analyseur F. Verdier.

ple, qui maintient fixe la dépense de gaz ; dans ce cas, le volume de gaz débité étant constant, la longueur de la flamme variera proportionnellement au pouvoir éclairant. Ce dispositif permet de s'assurer d'une façon continue de la valeur du gaz fabriqué dans une usine.

Appareils de chauffage au gaz.

Nous avons vu, en parlant des origines de la fabrication du gaz, que Philippe Lebon avait bien compris la possibilité d'utiliser le gaz pour le chauffage ; mais ce ne fut que longtemps après son application à l'éclairage qu'il reçut effectivement cet emploi. Malgré quelques tentatives de divers inventeurs, tels que Merle, Hugueny, Bardot, c'est seulement vers 1850 que nous voyons paraître des appareils pratiques. Ils venaient d'Angleterre et généralement brûlaient avec une flamme blanche.

L'invention par Bunsen du brûleur qui porte son nom a permis aux appareils de chauffage au gaz de se répandre.

Ceux dans lesquels le gaz brûlait avec une flamme blanche avaient l'inconvénient de déposer du noir de fumée sous les ustensiles à chauffer. Dans le bec Bunsen, au contraire, la combustion est complète, et le gaz, donnant en outre un chauffage énergique, ne salit pas les objets en contact avec la flamme. Le bec Bunsen (fig. 79) se compose d'un bec à jet, surmonté d'un tube cylindrique vertical, ouvert à ses deux extrémités (à la base sont tout simplement pratiquées des ouvertures latérales à la hauteur du bec à jet). Le gaz, sortant par le bec à jet avec une certaine pression, entraîne avec lui dans le tube une certaine quantité d'air avec lequel il se mélange, et si l'on enflamme ce mélange de gaz et d'air, on obtient une flamme bleuâtre très peu colorée. La quantité d'air entraîné est égale à 4 ou 5 fois le volume du gaz, et comme en haut du tube il y a appel d'une quantité à peu près égale, le gaz se trouve dans la proportion de 1 à 8 volumes d'air.

La température produite est d'environ 800 degrés, et, si l'on peut par un dispositif quelconque augmenter la proportion d'air, on arrive à obtenir des températures beaucoup plus élevées. Le principe de ce brûleur a été appliqué à la plus grande partie des appareils de chauffage employés pour la cuisine ou dans l'industrie.

Pour que la combustion du gaz soit complète, il faut avoir soin de maintenir aussi constantes que possible les proportions du mélange de gaz et d'air, et c'est pour obtenir ce réglage qu'à la base du tube vertical



Fig. 80. — Brûleur Bunsen.

du brûleur Bunsen, on établit un robinet d'air que l'on peut voir dans la figure 80; c'est un petit tube enveloppant le premier sur une certaine hauteur et glissant à frottement libre autour de lui; il est percé de trous correspondant à ceux du tube enveloppé, de telle sorte que, si on fait tourner d'une certaine quantité ce tube,

les espaces pleins qui existent entre les trous recouvrent les ouvertures du tube central. La surface de l'ouverture laissée libre doit être telle qu'elle livre à l'air un passage proportionné à ce volume de gaz débité par le bec à jet; ce dernier volume est réglé par un robinet ordinaire placé sur le conduit d'arrivée du gaz.



Fig. 81. — Bec Adnet.

Plusieurs constructeurs ont eu l'idée de produire ce réglage automatiquement; un très ingénieux dispositif est celui de Adnet, représenté figure 81, et dans lequel

le robinet qui règle l'arrivée du gaz porte un levier fixé à une petite manivelle placée au-dessous de ce robinet. Lorsqu'on tourne plus ou moins le robinet, le levier, en avançant ou reculant, déplace proportionnellement le tube du robinet d'air et produit

ainsi le réglage voulu. Ce modèle est muni d'un petit tuyau arrivant près du sommet du brûleur. Ce petit tuyau appelé *veilleuse*, laisse passer un très faible jet de gaz qui reste toujours allumé et permet le rallumage rapide du brûleur lui-même; au sommet du

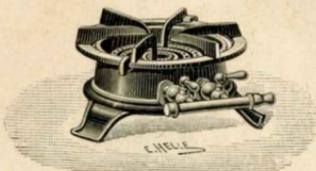


Fig. 82. — Fourneau à gaz,
double couronne.

même brûleur, on peut voir une pièce mobile, formée d'un manchon percé de petits trous ronds qui laissent passer le gaz en nombreux jets et donnent une flamme divisée, très commode dans certains cas.

Ces appareils, d'un usage courant dans les laboratoires, ont été appliqués aux usages de la cuisine, d'abord sous la première forme du bec Bunsen, en groupant quelques-uns d'entre eux dans un corps en fonte servant de support aux vases à chauffer. Mais ce dispositif donnait aux fourneaux trop d'élévation; on eut alors l'idée de disposer le brûleur horizontalement et de le recourber à son extrémité, comme on peut le voir figure 82; cette extré-

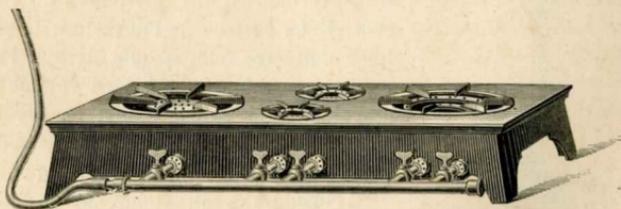


Fig. 83. — Fourneau de cuisine, à gaz.

mité est couverte par un chapeau ou champignon, analogue au manchon percé de la figure précédente, mais d'un diamètre plus ou moins grand selon les dimensions du fourneau. On dispose quelquefois deux, trois de ces brûleurs et même plus sur un même bâti en fonte, de manière à constituer un fourneau qui puisse dans

une cuisine, servir à chauffer plusieurs plats à la fois, la figure 83 représente un de ces appareils.

Le gaz s'applique aussi bien à la cuisson des aliments contenus dans des vases avec un liquide qu'au rôtissage et au grillage des viandes ; mais, dans ce dernier cas, on emploie généralement de préférence des appareils dans lesquels le gaz brûle blanc en très petits jets maintenus à distance des pièces à cuire.

La figure 84 représente une rôtissoire Octrue, dans laquelle le gaz arrivant par le robinet figuré pénètre à la base de la rôtissoire dans une rampe en fer ou tube percé d'une vingtaine de petits trous par lesquels il s'échappe en jets assez faibles

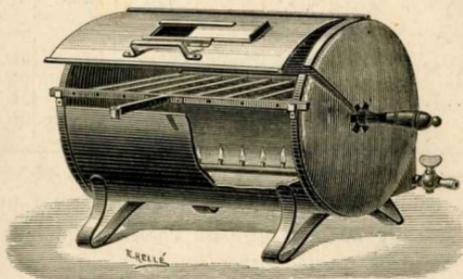


Fig. 84. — Rôtissoire Octrue.

pour donner des flammes n'ayant que 20 à 30 millimètres de longueur. On peut griller des viandes placées sur un gril mobile ou disposées sur une broche que l'on tourne à la main ou que l'on met en mouvement au moyen d'un tourne-broche mécanique. On observe la cuisson par un regard.

Il n'y a que peu d'années que l'emploi du gaz pour la cuisine a commencé à se répandre. Le public hésitait à s'en servir à cause de divers préjugés attachés à ce mode de chauffage. On a prétendu longtemps que les aliments cuits au gaz avaient un goût spécial, et que la dépense était beaucoup plus élevée qu'avec le charbon de bois ou les fourneaux économiques. La pratique a démontré qu'avec des appareils bien construits, la qualité de la cuisine au gaz était aussi bonne que par les autres systèmes. Quant au prix de revient, nous ne pouvons mieux faire que de donner

quelques chiffres empruntés à l'ouvrage de M. Germinet, sur le chauffage au gaz. Une dépense plus élevée ne peut provenir que de gaspillage.

NATURE DU COMBUSTIBLE.	QUANTITÉ d'eau élevée de 0 à 100.	TEMPS	QUANTITÉ de combustible consommé par litre.	PRIX		DÉPENSE PAR HEURE	
				unité.	totaux.	du combustible.	coût argent.
Gaz.	5 litres.	32 min.	39 ^{lit} ,39	0 fr. 30	0 fr. 012	358 litres	0 fr. 107
Id.	3 —	20 —	40 ^{lit} ,16	par 1000l.	0 fr. 012	350 —	0 fr. 105
Charbon de bois.	5 —	37 —	0 ^{kg} ,062	0 fr. 20	0 fr. 012	0 ^{kg} ,469	0 fr. 094
Id.	3 —	23 —	0 ^{kg} ,074	0 fr. 20	0 fr. 015	0 ^{kg} ,517	0 fr. 103

Mais, dans la pratique, il faut tenir compte d'une perte journalière de 20 pour 100 du charbon employé (à cause de l'allumage et des pertes par extinction) qui n'est presque jamais mis immédiatement à l'étouffoir, tandis que le gaz s'allume instantanément, et peut être éteint aussitôt qu'une opération est terminée.

C'est ce que prouve la comparaison suivante, résultant d'expériences, pour élever de 0 à 100° 1 litre d'eau.

Charbon de bois. . . .	0 ^{kg} ,068	
Perte, 20 pour 100. . .	0 ^{kg} ,013	
Total.	0 ^{kg} ,084	à 0 fr. 20 le kilogramme.
Gaz, 42 ^{lit} ,8 à 0 fr. 30 le mètre cube.		0 ^{fr} ,012
Bénéfice sur le charbon de bois		0 ^{fr} ,003
		soit net, 24 pour 100.

Le pot-au-feu, le plat populaire par excellence, semble avoir été inventé pour être fait au gaz. Suivant l'expression technique, il doit *mijoter*, ce qui est singulièrement facilité par le réglage exact du gaz, permettant en outre la suppression de toute surveil-

lance. Nous donnons encore, d'après M. Germinet, les prix comparatifs de la cuisson au gaz et au charbon.

POT-AU-FEU AU GAZ

Composition	{ Bœuf	4 ^{kg} ,000
	{ Eau, 3 litres	3 ^{kg} ,000
	{ Légumes assortis	0 ^{kg} ,130
Ensemble		4 ^{kg} ,130

Bouillon obtenu : 2 litres et demi.

CUISSON.	TEMPS.	DÉPENSE	
		GAZ.	ARGENT.
Écumage à 100°	30 minutes.	139 litres.	0 fr. 041
Entretien du bouillonnement (par livre, 68 litres = 0 fr. 02)	5 heures.	340 —	0 fr. 102
Récapitulation	5 h. 30	479 litres.	0 fr. 143.

POT-AU-FEU AU CHARBON DE BOIS

(Même composition que ci-dessus.)

Bouillon obtenu : 2 litres et demi.

TEMPS		DÉPENSES TOTALES DE COMBUSTIBLE.		
ÉCUMAGE.	ENTRETIEN du bouillonnement.	Poids.	Prix du kilogramme.	Coût.
30 minutes.	5 heures.	0 ^{kg} ,870	0 fr. 20	0 fr. 17

Résidus du charbon : 0^{kg},250 (comprenant les frais d'allumage).

Nous pourrions multiplier les exemples et nous trouverions toujours que l'avantage est du côté du gaz. Nous n'avons du reste cité ceux qui précèdent que pour répondre à l'objection relative de la dépense. On pourrait également constater une différence assez curieuse à son profit, c'est que les rôtis cuits au gaz perdent moins de leur poids que par tout autre mode de cuisson.

Il est inutile, bien entendu, de parler des nombreuses facilités

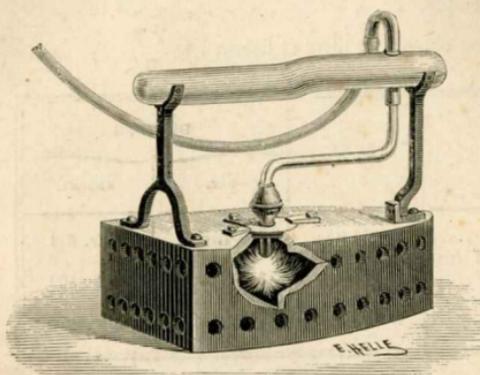


Fig. 85. — Fer à repasser, à gaz.

que donne la cuisine au gaz : rapidité d'allumage et d'extinction, propreté, absence de cendres et de fumée, etc. Peu à peu, du reste, le gaz tend à se répandre pour les usages domestiques. Aujourd'hui on l'emploie pour le chauffage des bains (avec 0 fr. 35 à 0 fr. 60 de gaz, selon la saison, on

chauffe un bain dans un laps de temps qui ne dépasse pas 40 minutes), la torréfaction du café (0^{kg},500 de café, sont grillés en 18 minutes avec 85 litres de gaz, soit 0 fr. 25), le chauffage des fers à repasser, etc.

Ce chauffage est quelquefois d'un emploi industriel chez les blanchisseuses, les chapeliers et les tailleurs, qui font usage des fers devant être maintenus tout le jour à la même température. Dans ce cas on n'emploie plus le fourneau simple, analogue au fourneau de cuisine et sur lequel il suffit de poser les fers pour les chauffer, il faut que la source de chaleur suive le fer ; on se sert des fers système Pieplu, où le gaz est brûlé dans le fer lui-même par adjonction d'air sous pression, ou même avec un bec

Bunsen placé à l'intérieur comme dans le modèle indiqué figure 85; mais, dans ce dernier cas, le chauffage revient plus cher.

Le gaz se prête à mille applications dans l'industrie et dans les laboratoires qui ont besoin d'un chauffage rapide, énergique et propre. Parmi les nombreux appareils employés, nous ne pouvons en choisir que quelques-uns comme types caractéristiques, les limites de cet ouvrage ne nous permettant pas de citer tous les dispositifs dans lesquels le gaz sert de combustible.

Nous avons vu dans les appareils de cuisine le gaz brûlant avec l'air mélangé par appel, comme dans le bec Bunsen, ou brûlant blanc en petits jets dans la rôtissoire Ocrue. Si la flamme est envoyée dans un appareil chauffé au rouge et muni d'une cheminée, même de longueur assez réduite, immédiatement la température obtenue peut atteindre un degré plus élevé. Ainsi le four à moufle d'Adnet, représenté figure 86, permet non seulement de faire des incinérations dans son coffre en terre réfractaire, mais encore d'arriver à cou-



Fig. 86. — Four à moufle Adnet.

per plus quand on a une cheminée suffisante. Cet appareil comporte trois ou quatre becs Bunsen, montés sur un même tube; chacun d'eux est surmonté d'une tête en fonte qui aplatit la flamme.

La cheminée du four d'Adnet détermine l'appel d'une plus grande quantité d'air et, en augmentant sa hauteur, on peut obtenir des températures assez élevées pour fondre le cuivre, l'or et même la fonte.

Nous avons dit que le brûleur Bunsen utilisait un volume

d'air égal à huit fois le volume de gaz; or, pour brûler complètement un volume de gaz, nous savons qu'il faudrait 14 volumes d'air; donc, plus nous nous rapprocherons de cette proportion, plus élevées seront les températures obtenues. C'est ce qu'a réalisé M. Perrot, de Genève, dans son four de fusion, dont nous

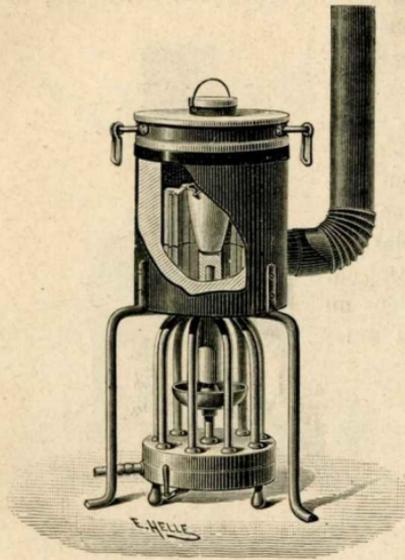


Fig. 87. — Four Perrot.

donnons une coupe (fig. 87), d'après un modèle établi par un de nos plus ingénieux constructeurs de ce genre d'appareils, M. Wiessnegg. Le gaz amené sous le four arrive à un brûleur formé de six becs Bunsen recourbés au sommet et fixés sur une même boîte en fonte; les flammes de ces six brûleurs se réunissent au-dessous du creuset à chauffer. Celui-ci est supporté par une pièce en terre réfractaire et entouré par un fourneau à double enveloppe également en terre réfractaire. Les produits de la combustion s'échappent par une cheminée fixée latérale-

ment et au bas de l'enveloppe extérieure. Cette cheminée, de deux ou trois mètres de hauteur, produit un appel d'air énergique à la base du fourneau et au moment même de l'entrée de la flamme du gaz à cette base. Le mélange, qui se compose d'environ 1 volume de gaz pour 10 à 11 d'air, se forme ainsi au-dessous du creuset, et brûle dans l'espace qui l'entoure; la flamme qui circule dans la double enveloppe concourt encore à élever la température qui atteint 1,200 degrés environ. Cet appareil aujourd'hui très