Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 79 (1953)

Heft: 9-10: École polytechnique de l'Université de Lausanne: publication du centenaire 1853-1953, fasc. no 1

Artikel: Production et utilisation du gaz

Autor: Perret, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59757

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

et les dépenses de manutention réduites. La centrale de la figure 11 représente au point de vue de l'utilisation de l'espace une réalisation remarquable. On a atteint un taux de 4 kW/m³ installés. La turbine à gaz fournissant un appoint d'énergie supplémentaire est la deuxième particularité de réalisation dans cette centrale. En plus de la puissance nécessaire au refoulement de l'air comburant et des fumées, environ 1 % comme nous l'avons vu plus haut, la turbine permet de recueillir 1,5 % d'excédent de puissance. Aux températures aujourd'hui admises, il va sans dire que la puissance disponible serait plus grande.

Les puissances développées, les dimensions des machines et des appareils, les températures de la vapeur vive aujourd'hui couramment envisagées écartent automatiquement des variations brusques de charge provoquant des changements rapides des contraintes thermiques [10]. Une usure anormale des pièces des machines serait la rançon d'une variation répétée des conditions de fonctionnement. Dans une centrale thermique moderne, le groupe chaudière-turbo aux puissances et aux rendements élevés devrait assurer la charge de base tandis qu'un ou plusieurs groupes turbogaz [11] (fig. 12) d'exécution simple et robuste, absorberaient les pointes et les variations rapides de charge.

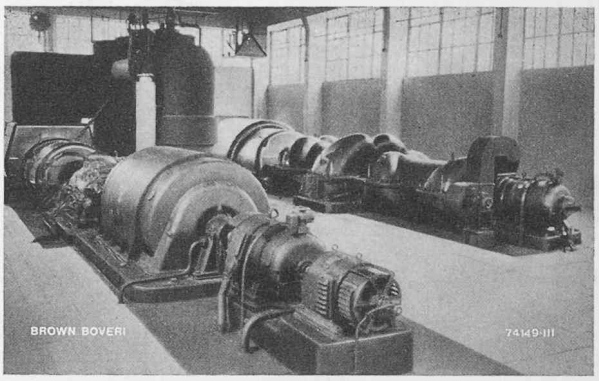

Fig. 12. — Turbine à gaz de 10 000 kW ayant fonctionné depuis sa mise en marche en 1951 pendant plus de 10 000 h à la charge moyenne de 7500 kW avec un rendement thermique industriel moyen de 23,6 %.

A gauche, ligne d'arbre haute pression tournant à vitesse constante entraînant l'alternateur. A droite, ligne d'arbre basse pression à vitesse variable. Au milieu, les deux chambres de combustion.

Ce groupe a marché depuis sa mise en service à l'entière satisfaction de la société qui l'exploite.

Brown Boveri, qui a fait œuvre de pionnier, a livré depuis 1938 pour des installations industrielles du monde entier 16 unités donnant une puissance totale de 110 000 kW répartis sur des groupes de 1200 à 27 000 kW.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *5th Steam Station Cost Survey.* Electr. World 1948.

[2] *Proceedings of a Conference on the Ultra-fine Structure of Coal and Cokes...* BCURA, London, 1944.

[3] Raistrick and Marshall : *The Nature and Origin of Coal and Coal Seams.* London, 1939.

[4] Dr Ing. W. Gums : *Die Kohle.* Essen, 1943.

[5] D. H. Bangham : *Progress in Coal Science.* New York-London, 1950.

[6] Brooks Bejamin F. and Dustan A. E. : *The Science of Petroleum.* London, 1950.

[7] Lowry, H. H. : *Chemistry of Coal Utilisation.* National Research Council Committee, N. Y., 1945.

[8] K. Neumann : *Die Vorgänge im Gasgenerator.* Mitt. Forschungsarb. V.D.J. Heft 140, Berlin, 1913.

[9] F. W. Dombrook : *The Port Washington Plant.* Mechanical Engineering, November 1936.

[10] *Latest technique for quick starts on large turbines and boilers.* A.S.M.E. Spring Meeting, 1950.

[11] H. Pfenninger : *Where gas turbine will fit in future power fields.* Power XI.1946 - I.1947.

[12] *Cinquante ans de construction de turbines à vapeur Brown Boveri.* Revue Brown Boveri nº 10, octobre 1950.

PRODUCTION ET UTILISATION DU GAZ

par G. PERRET, ingénieur E. P. U. L., chef du Service du gaz, Lausanne

Introduction

La fabrication du gaz en Suisse date du milieu du siècle passé. A cette époque, se constituèrent, dans la plupart des grandes villes, des sociétés privées pour la fabrication et la vente du gaz dit « d'éclairage ». En effet, il s'agissait surtout de remplacer l'éclairage public — assuré par quelques lanternes à huile — par un système nouveau et beaucoup plus efficace, obtenu par la combustion directe du gaz provenant de la distillation de la houille. Outre cette destination, le gaz était également employé pour faire marcher des moteurs. Il ne faut pas oublier que l'eau était alors la seule force disponible et que le moteur électrique n'existait pas encore.

Les débuts de ces sociétés furent toutefois très modestes, l'éclairage au gaz étant considéré comme un luxe, si bien qu'en dehors de l'éclairage public, d'ailleurs très restreint, l'éclairage privé fut réservé à de rares privilégiés.

Cependant, des progrès importants dans la fabrication des becs d'éclairage (pouvoir éclairant augmenté pour une plus faible consommation) permirent une plus grande vulgarisation de ce mode d'éclairage, si bien que vers la fin du siècle passé, l'éclairage au gaz était généralisé un peu partout. Les sociétés privées furent rachetées par les communes qui préférèrent assurer l'éclairage public par leurs propres moyens. Les anciennes installations de fabrication privées furent remplacées par des usines plus grandes et l'essor du gaz devint considérable. La cuisson au gaz fit alors ses débuts et ne tarda pas à prendre également un grand développement.

La découverte de la lampe à incandescence ralentit le développement de l'éclairage au gaz, celui-ci subsis-

tant toutefois jusqu'au début de la guerre 1914-1918. La suppression de cette production aurait pu être funeste à l'industrie gazière de l'époque mais l'emploi du gaz pour la cuisson s'était entre temps développée à tel point qu'elle n'eut pratiquement pas à souffrir de cette concurrence.

La guerre 1914-1918 terminée, on assista à un développement considérable de l'emploi du gaz. Toutes les villes d'une certaine importance eurent leurs propres usines, la plupart municipales, et réalisèrent toutes des bénéfices substantiels. Le gaz fut utilisé non seulement pour la cuisson mais aussi pour le chauffage, pour la préparation de l'eau chaude et pour l'industrie. On peut sans exagération considérer la période de 1918 à 1939 comme celle la plus prospère de l'industrie gazière. Cependant, un nouveau concurrent s'annonçait : la cuisinière à l'électricité. En effet, parallèlement au développement du gaz, l'électricité avait fait des progrès considérables. En Suisse particulièrement, pays de montagnes et de fleuves, de nombreux barrages avaient été construits et il devenait nécessaire pour faire rendre les gros capitaux investis de trouver de nouveaux débouchés, à côté de la fourniture du courant pour la lumière et la force motrice.

La guerre de 1939 à 1945 ne fit qu'augmenter les difficultés des usines à gaz, mais la fourniture du gaz fut toujours assurée. Il y eut bien évidemment en Suisse des restrictions, légères cependant, comparées à celles des autres pays.

La figure 1 montre quelles ont été depuis 1920 les fournitures totales de gaz en Suisse. On peut voir qu'elles n'ont pas cessé d'augmenter de 1920 à 1944. En 1945, seule année de restrictions vraiment sévères, la fourniture est tombée de 290 à 200 millions de m³ pour remonter ensuite régulièrement et atteindre finalement en 1950 le chiffre de 310 millions, qui n'avait jamais été atteint, même avant la guerre. Cela prouve d'une façon certaine que l'emploi du gaz jouit en Suisse d'une faveur indiscutable et que, si le mode de cuisson n'est pas imposé, l'industrie gazière sera assurée de pouvoir travailler dans des conditions normales. On a souvent reproché à cette dernière d'être tributaire de l'étranger. Cela est exact, mais si la Suisse devait renoncer à toutes les industries travaillant avec des matières premières en provenance de l'étranger, la plus grande partie des entreprises industrielles du pays devraient fermer leurs usines.

En ce qui concerne les usines à gaz, la houille nécessaire pour la distillation représente un tonnage annuel de 650 000 tonnes environ. Après distillation, les usines à gaz restituent au pays une quantité de 350 000 tonnes de coke à laquelle il convient d'ajouter 27 000 tonnes de goudron et 3500 tonnes de benzol. Pendant la guerre, sans le goudron et le benzol livrés par les usines à gaz, les fabriques de produits chimiques et de munition auraient dû arrêter ou limiter leur fabrication à tel point qu'un chômage presque complet en serait résulté de tout leur personnel. En réalité, la Suisse sera toujours obligée d'importer de grandes quantités de combustible solide et liquide, soit pour assurer les besoins du chauffage, soit pour l'industrie.

En 1952, par exemple, les importations de combustible ont été les suivantes :

Coke	644 817 tonnes
Houille, anthracite, briquettes, lignite	2 253 898 »
Huiles de chauffage	662 366 »
Total	3 561 081 tonnes

Les 650 000 tonnes de houille importée pour les usines à gaz ne représentent en définitive que le 18,3 % de ce total et encore faut-il en déduire les 300 000 tonnes de coke restituées au pays après distillation. On conviendra sans peine que ce pourcentage est faible si l'on songe que grâce à cette importation il est possible d'assurer les besoins en gaz de plus de 600 000 ménages et que l'industrie gazière fournit des possibilités de travail à de nombreuses fabriques d'appareils et occupe elle-même plusieurs milliers d'ouvriers.

Nous pensons qu'au moment où certains se posent la question de savoir si le maintien des usines à gaz est nécessaire, ces considérations valaient la peine d'être soulignées.

Production du gaz

Le processus de la production de gaz par échauffement de la houille en vase clos est connu déjà depuis le commencement du XVIIIe siècle. Il fut tout d'abord étudié dans un but scientifique, sans dépasser le domaine du laboratoire. Lorsque, vers le milieu du siècle passé, on commença à faire les premiers essais de fabrication industrielle, on continua tout naturellement à donner le nom de cornues aux récipients dans lesquels la houille était distillée. Ces cornues étaient groupées et constituaient un four.

Les premiers fours pour la production du gaz étaient constitués par un certain nombre de cornues en fonte, chauffées par un simple foyer à coke placé en dessous. Elles avaient la forme de cylindres horizontaux, de section circulaire ou ovoïde. Le gaz dégagé sortait par un tube placé à une extrémité tandis que l'autre extrémité servait pour le chargement.

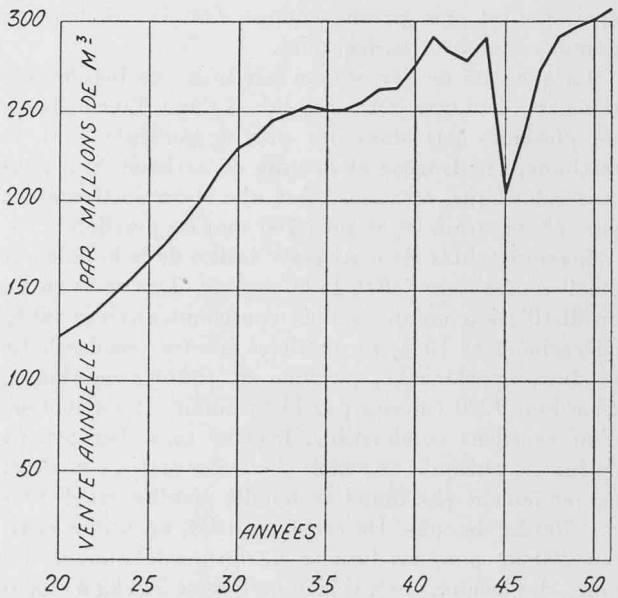

Fig. 1. — Total de la vente annuelle de gaz en Suisse.

Les cornues en fer furent rapidement remplacées par des cornues en terre réfractaire. Leur longueur était généralement de 3 m. Elles pouvaient être chargées de 200 à 300 kg de houille. La distillation durait de quatre à huit heures.

Avec le développement de la fabrication du gaz, les fours à cornues se perfectionnèrent très rapidement, tant dans leur mode de chauffage que dans les dimensions et la forme des cornues. Ils ne sont toutefois employés à l'heure actuelle que dans les petites usines. Les fours comprennent de deux à dix cornues placées soit horizontalement, soit verticalement. Certains fours sont construits avec des cornues inclinées.

Afin d'augmenter la capacité des fours, sans être obligé de construire un nombre impressionnant de cornues, ces dernières furent remplacées par des chambres. Les parois de ces chambres sont construites en briques réfractaires. Elles ont une forme allongée, assez haute et très étroite. Suivant leur disposition, on distingue des fours à chambres horizontales ou verticales. Les chambres horizontales peuvent atteindre plus de 8 m de longueur, 4 m de hauteur et 40 à 60 cm de largeur. Leur contenance varie de 2 à 10 tonnes. Le chargement de la houille se fait par en haut et la sortie du coke par le côté. Les chambres verticales ont souvent jusqu'à 6 m de hauteur, 2 à 3 m de longueur et 20 à 30 cm de largeur. Cette largeur est d'ailleurs plus grande en bas qu'en haut de façon à faciliter la descente du coke qui se fait par-dessous. Le chargement se fait par en haut. La capacité d'une chambre verticale peut atteindre de 3 à 5 tonnes.

Il est facile de se rendre compte d'après les chiffres ci-dessus que les possibilités de distillation des fours à chambres sont énormes. L'usine à gaz de Zurich, par exemple, dispose de sept fours de neuf chambres chacun, et distille environ 450 tonnes de houille par jour.

La durée de la distillation dans les chambres verticales est d'environ douze heures tandis qu'elle peut aller jusqu'à vingt-quatre heures dans les chambres horizontales. Cette différence provient de la largeur des chambres, la houille ayant beaucoup plus de peine à atteindre la température de distillation lorsque son épaisseur est plus grande, comme c'est le cas dans les grandes chambres horizontales.

La quantité de gaz obtenu par tonne de houille distillée est d'environ 300 à 330 m³. Il s'agit d'un mélange de plusieurs gaz dont les plus importants sont le méthane, l'hydrogène et l'oxyde de carbone. Son pouvoir calorifique, très élevé, est d'environ 5300 calories par m³ mesuré à 0° et sous 760 mm de pression.

Lorsque toutes les matières volatiles de la houille ont été évacuées sous l'effet de la chaleur, il ne reste en fin de distillation qu'un produit contenant environ 90 % de carbone et 10 % de matières inertes (cendres). Ce produit, appelé coke, possède un pouvoir calorifique, d'environ 7200 calories par kilogramme. Il s'agit donc d'un excellent combustible, brûlant sans dégagement de fumée, puisqu'il ne contient aucune matière volatile. Le rendement par tonne de houille distillée est d'environ 700 kg de coke. De cette quantité, on utilise environ 200 kg pour les besoins de l'usine (chauffage des fours, des locaux, etc.), si bien qu'il reste 500 kg à disposition du pays. Les besoins du pays en coke étant actuellement de 900 000 tonnes, 600 000 doivent encore être importées, comme nous l'avons vu plus haut.

Gaz à l'eau

En Suisse et dans la plupart des pays qui nous entourent le pouvoir calorifique du gaz a été fixé à 4200 calories par m³. Pour ramener ce pouvoir calorifique de 5300 à 4200 calories, on lui ajoute d'autres gaz, à pouvoir calorifique plus bas, tels que les gaz de gazogènes ou le gaz à l'eau. On obtient ce dernier en décomposant de la vapeur d'eau sur du coke incandescent. La vapeur se décompose en hydrogène (H) et oxygène (O). L'hydrogène reste à l'état de gaz, tandis que l'oxygène se combine avec le coke pour former de l'oxyde de carbone (CO). Le résultat donne le gaz à l'eau, composé d'environ 50 % d'hydrogène et 50 % d'oxyde de carbone. Le pouvoir calorifique du gaz à l'eau est d'environ 2600 calories. Le gaz à l'eau peut être fabriqué directement dans les cornues ou dans les chambres, vers la fin de la distillation, en envoyant de la vapeur sur le coke incandescent. Le rendement est alors augmenté et peut atteindre 450 à 500 m³ de gaz par tonne de houille distillée. C'est, comme on le voit, un moyen pratique d'économiser la houille.

Le gaz à l'eau peut également être fabriqué dans des installations spéciales. Dans ce cas il peut encore être enrichi par appoint d'huile et atteindre facilement jusqu'à 4500 calories. On obtient alors du gaz à l'eau carburé.

Il ne nous est pas possible d'entrer dans tous les détails de la fabrication du gaz au cours de l'exposé schématique que nous nous sommes proposés de faire ici ; nous nous limiterons à la description de quelques installations caractéristiques, telles que le système de chauffage des fours, l'installation de gaz à l'eau et les gazomètres. Nous prendrons comme exemple les installations de l'usine à gaz de Lausanne qui dispose d'une batterie de cinq fours à chambres verticales. Chaque four comprend cinq chambres d'une capacité de 3 tonnes, chauffées par un gazogène accolé. Ces chambres ont 6,30 m de hauteur, 2,70 m de longueur. Leur largeur est de 23 cm en haut et de 31 cm en bas. Le chargement de la houille se fait par la partie supérieure et l'extraction du coke par-dessous. Pour chauffer de telles chambres sur toutes leurs parois d'une manière régulière, il est évident qu'un simple foyer à grille ne suffirait pas. Dans ce genre de fours, on est obligé pour obtenir un chauffage convenable de disposer un ou plusieurs brûleurs sur toute la hauteur de la chambre, ces brûleurs étant alimentés par un gaz spécial produit dans un appareil appelé gazogène. Le gazogène est une sorte de fourneau à grille qu'on charge de coke en couche très épaisse. On introduit sous la grille de l'air et de la vapeur. En raison de la grande épaisseur de coke, la combustion est incomplète et produit de l'oxyde de carbone (CO), gaz combustible. En effet, en présence d'une quantité d'air supplémentaire (air secondaire), l'oxyde de carbone est combustible et se transforme en acide carbonique (CO^2) qui est le résultat de la combustion normale du coke. La vapeur d'eau se décompose pour former du gaz à l'eau si bien que le gazogène fournit en définitive un mélange de gaz à l'eau, d'oxyde

de carbone et d'azote, ce dernier provenant de l'air introduit sous la grille. Le pouvoir calorifique du gaz de gazogène est d'environ 1100 calories. Le gaz de gazogène est conduit aux brûleurs où, en présence d'une nouvelle arrivée d'air (air secondaire), il est inflammable. Un espace est réservé entre chaque chambre pour permettre la circulation du gaz de chauffage. La figure 2 représente une coupe au travers du gazogène et entre deux chambres voisines. On y voit le gazogène *A*, le brûleur *B* et l'arrivée de l'air secondaire en *C*. Des chicanes *D* assurent une meilleure répartition de la chaleur le long de la paroi des chambres. La température de chauffage, d'environ 1200°, est due au fait que l'air secondaire amené au brûleur a été préalablement réchauffé. Ce réchauffage est obtenu en faisant passer l'air secondaire dans des canaux autour desquels on fait circuler les gaz utilisés pour le chauffage des chambres. On réalise ainsi une véritable récupération de chaleur du gaz de chauffage qui sort du four à des températures variant de 1100 à 1200°. Cette installation porte le nom de récupérateur.

La figure 3 représente une coupe du four au travers d'une chambre et du récupérateur *R*. On remarque, en haut à droite, le tuyau de sortie du gaz produit pendant la distillation. Après avoir passé dans le récupérateur, les gaz de chauffage ont encore une température d'environ 400° ; on les conduit alors dans une chaudière dite de récupération où ils cèdent encore de la chaleur en se refroidissant jusqu'à 200°, après quoi ils sont évacués par la grande cheminée des fours, haute de 40 m.

L'usine à gaz de Lausanne distille de 80 à 100 tonnes de houille par jour. Cette houille, préalablement broyée et moulue, puis mélangée selon ses provenances, est ensuite transportée aux silos, visibles dans les figures 2 et 3, situés au-dessus des fours. Elle est introduite dans les chambres selon un horaire régulier, au moyen d'un vagonnet. En fin de distillation, les portes inférieures des chambres sont ouvertes et le coke tombe par son propre poids dans un vagonnet spécial. Ce vagonnet est ensuite amené sous une chaudière où le coke se refroidit lentement en cédant sa chaleur grâce à un circuit d'air qui traverse la masse de coke puis les tubes de la chaudière pour revenir de nouveau à la masse de coke et ainsi de suite. Ce mouvement est produit par un ventilateur et c'est toujours le même air qui est réchauffé au contact du coke puis refroidi dans les tubes de la chaudière. La vapeur fournie par cette chaudière constitue une précieuse récupération de cha-

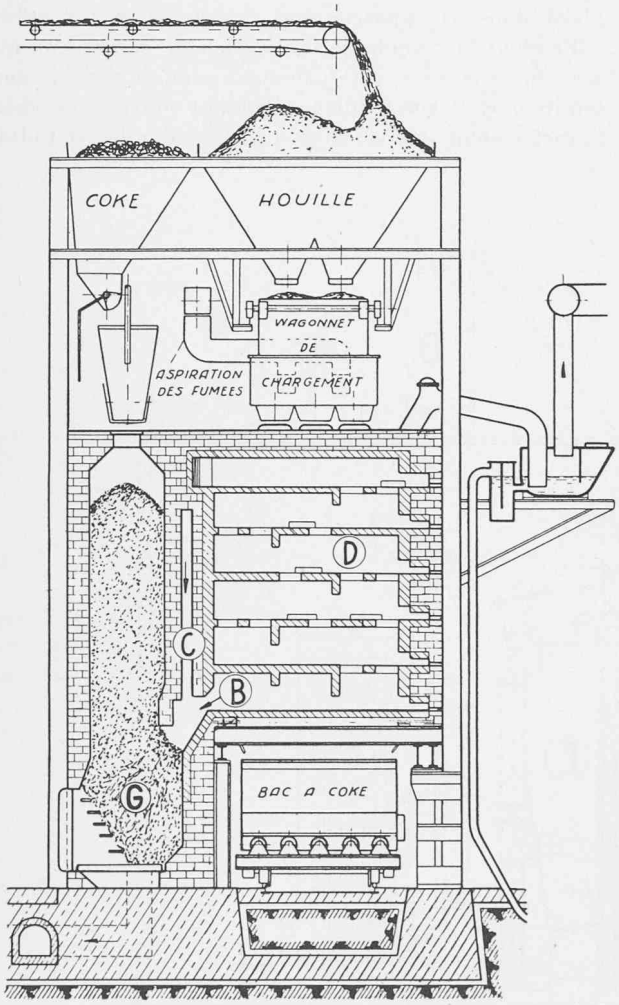

Fig. 2. — Coupe transversale d'un four par le gazogène.

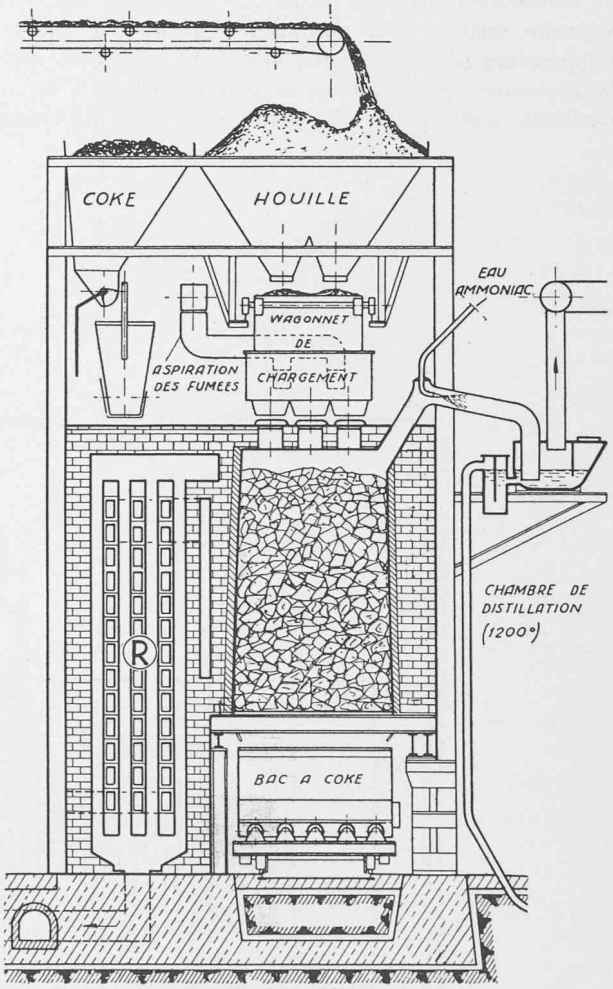

Fig. 3. — Coupe transversale d'un four à travers une chambre et le récupérateur.

leur. D'autre part le coke ainsi refroidi est absolument sec, ce qui augmente beaucoup sa valeur marchande, ainsi que son pouvoir calorifique.

Nous avons dit plus haut que le gaz à l'eau était souvent fabriqué dans des installations spéciales. La figure 5 représente schématiquement une partie de l'installation pour la fabrication du gaz à l'eau carburé. L'organe principal, le générateur *G*, est constitué par un cylindre vertical garni de briques réfractaires dans lequel on introduit le coke. Ce coke est porté à l'incandescence au moyen d'air comprimé amené sous la grille. On arrête alors l'arrivée d'air (soufflage) et on fait passer de la vapeur sur le coke. Cette vapeur se décompose comme nous l'avons vu en hydrogène et oxygène. L'hydrogène reste intact et se dégage à la partie supérieure du générateur, tandis que l'oxygène se combine au coke pour former de l'oxyde de carbone qui va rejoindre l'hydrogène à la sortie du générateur. C'est ce qu'on appelle la période de fabrication. Au cours de cette période, une partie du coke est donc gazéifié pour participer à la formation de l'oxyde de carbone. La fabrication ne peut cependant pas durer longtemps car, pour décomposer la vapeur, il faut prendre de la chaleur au coke qui peu à peu se refroidit. Il convient alors de ranimer la masse de coke de façon qu'elle soit suffisamment chaude pour opérer correctement la décomposition de la vapeur. Pour cela, on arrête l'introduction de la vapeur et l'on fait une nouvelle arrivée d'air comprimé, jusqu'à ce que la température nécessaire soit atteinte. On voit donc que la fabrication de gaz à l'eau ne peut avoir lieu de façon continue, mais qu'elle comprend un cycle infiniment répété de périodes de soufflage, suivies de périodes de fabrication. Ces périodes sont d'ailleurs très courtes : environ une à deux minutes pour le soufflage et trois à quatre minutes pour la fabrication. A côté du générateur, nous trouvons les cylindres *C* et *S* qui sont appelés respectivement le carburateur et le surchauffeur. Ces cylindres, également garnis de briques réfractaires, sont complètement remplis par un empilage de briques placées en quinconce pour permettre le passage du gaz. A la partie supérieure du carburateur *C* se trouve encore une arrivée d'huile sous pression qui, au tmoment de la fabrication, peut être pulvérisée à l'inérieur du carburateur.

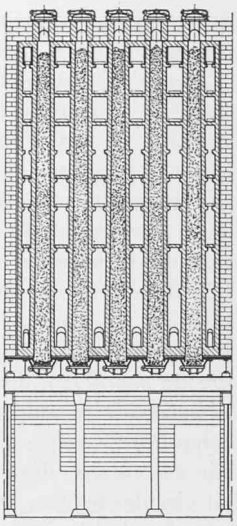

Fig. 4. — Coupe longitudinale d'un four.

Pendant la période de soufflage, les produits de la combustion du coke (fumées) passent au travers du carburateur et du surchauffeur avant d'être évacués à l'air libre par la cheminée *D*. Les empilages de briques placés dans ces appareils sont alors fortement chauffés.

Pendant la période de fabrication, le gaz à l'eau qui sort du générateur est également conduit dans le carburateur et le surchauffeur. Pendant son passage dans le carburateur une certaine quantité d'huile est pulvé-

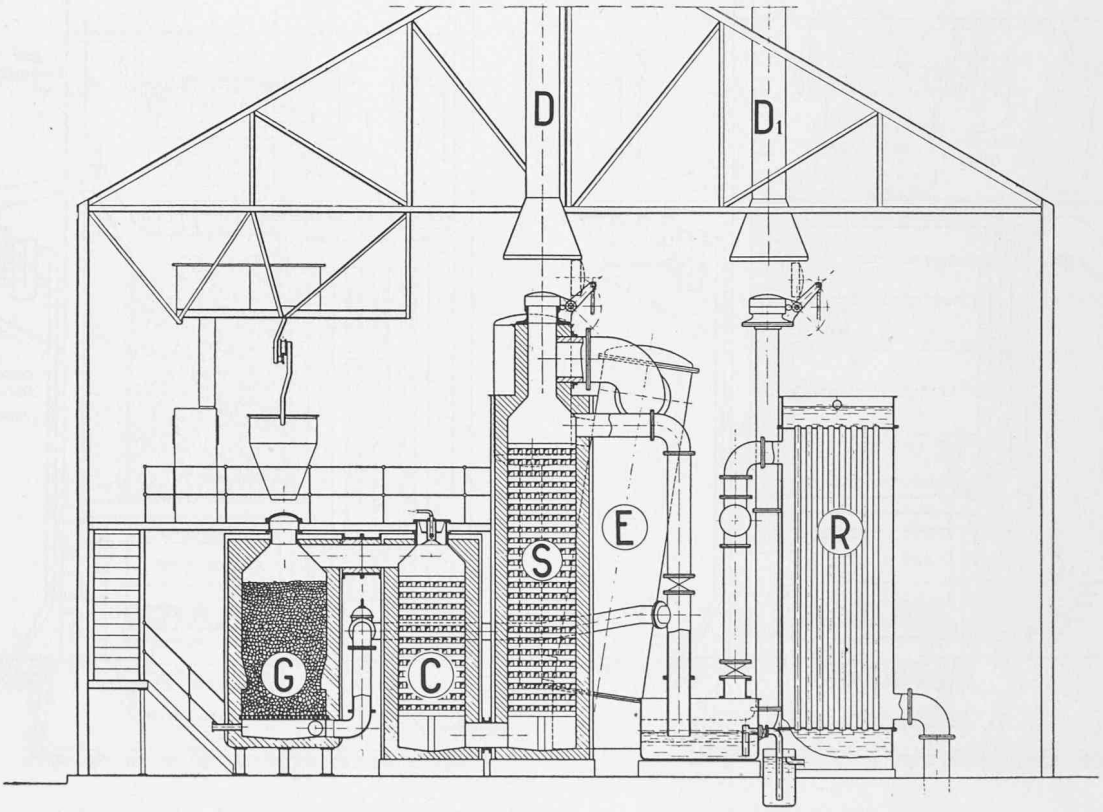

Fig. 5. — Installation pour la fabrication du gaz à l'eau carburé.

risée ; au contact des briques d'empilage, cette huile se décompose en produits très volatiles qui resteront dans le gaz, et en produits très lourds qui se déposeront sur les briques d'empilage. Après son passage dans le surchauffeur, le gaz à l'eau carburé est refroidi dans un réfrigérant *R* puis conduit dans un gazomètre spécial, d'où il sera repris en temps opportun.

Suivant la quantité d'huile pulvérisée, il est possible de donner au gaz à l'eau un pouvoir calorifique déterminé. Il en résulte une très grande souplesse pour l'ensemble de la production.

La manœuvre des différentes vannes nécessaires pour les opérations de soufflage et de fabrication peut être exécutée soit manuellement soit automatiquement. Lors de la manœuvre manuelle, l'ouvrier doit contrôler, montre en main, les temps nécessaires pour les opérations de soufflage et de fabrication.

Les installations de gaz à l'eau jouent le rôle d'installations de secours ou d'appoint. Elles sont très rapidement mises en service ou arrêtées, ce qui n'est pas le cas pour les fours de distillation dont l'arrêt nécessite presque toujours une reconstruction complète.

Le gaz de houille fabriqué dans les fours est du gaz brut contenant du goudron, de la naphtaline, de l'ammoniaque, du soufre, etc. ; tous ces produits peuvent obstruer les canalisations ou causer la corrosion rapide des installations d'utilisation. Ils sont éliminés du gaz au moyen de différents appareils qu'il serait trop long d'énumérer ici. Notons cependant que certains de ces produits, comme le goudron, le soufre, sont très appréciés des industries chimiques pour lesquelles ils constituent souvent une matière première indispensable à leur fabrication.

Fabrication et consommation journalière

Afin d'assurer une répartition régulière du travail de chargement et de défournage, la fabrication du gaz est répartie de façon égale sur les vingt-quatre heures de la journée. C'est ainsi qu'à Lausanne pour une journée normale où la consommation aura été de 46 000 m³, la production des fours sera d'environ 1900 m³ par heure. Or, la consommation est loin de suivre cette régularité. La figure 6 montre graphiquement les variations de la consommation suivant les heures de la journée. On peut voir que cette consommation présente deux pointes très nettes au moment des repas de midi et du soir. A midi, par exemple, cette pointe atteint 7750 m³/heure, soit quatre fois la fourniture horaire des fours.

Nous avons donc vu que l'usine à gaz est capable d'accumuler le gaz fourni heure après heure par la batterie de fours. Cette accumulation se fait dans des gazomètres, appareils suffisamment volumineux pour signaler partout la présence d'une usine à gaz. Nous ne décrirons pas les gazomètres classiques à cuve d'eau et cloche, car nous pensons qu'ils sont suffisamment connus. Il existe par contre des gazomètres dits secs, dont la construction mérite une description spéciale. Comme le plus grand des gazomètres de l'Usine à gaz de Lausanne est de ce type, nous avons jugé opportun d'en donner ici une description sommaire. Les figures 7 et 8 représentent une coupe générale et le détail du joint de disque. Ce gazomètre est composé d'un grand cylindre de 33,50 m de diamètre et de 52 m de hauteur. Fermé à sa partie inférieure au niveau du sol, il porte à son extrémité supérieure une toiture percée de nombreuses fenêtres et auvents pour assurer une ventilation convenable. A l'intérieur du cylindre se meut un disque métallique *D* porté par la pression du gaz. Le gaz entre et sort du gazomètre par deux tuyauteries raccordées sur le fond du gazomètre. Lorsque la production est plus grande que la consommation le disque monte, tandis qu'il descend dans le cas contraire. La contenance totale du gazomètre, quand le disque est tout en haut, est de 40 000 m³, soit presque la production totale de l'usine en vingt-quatre heures. Le poids du disque est de 280 tonnes et cette charge énorme est maintenue en équilibre uniquement par la pression du gaz. Les gazomètres secs sont appréciés pour les avantages suivants : pression constante à n'importe quelle position de remplissage, pas de chauffage de cuve ou de tasses de télescopes comme dans les gazomètres humides, entretien plus facile des parties métalliques — ces dernières n'étant pas en contact avec de l'eau; par contre, un soin tout particulier doit être donné au dispositif d'étanchéité du disque. En effet, la partie du gazomètre située au-dessus du disque est en contact avec l'air et un mélange explosif pourrait se former dans le cas où du gaz pénétrerait dans l'espace supérieur. C'est pourquoi la toiture du gazomètre est abondamment pourvue d'orifices de ventilation de façon à évacuer le plus rapidement possible le gaz qui, en cas de fuite, pourrait s'échapper au-dessus du disque. On comprendra facilement que le dispositif d'étanchéité des disques de gazomètres secs a fait l'objet d'études très poussées. Dans certains gazomètres, cette étanchéité est obtenue par une gorge remplie de goudron, dans d'autres, par des segments semblables à ceux des pistons de moteur à explosion. C'est le cas du gazomètre de Lausanne dont le disque est muni de deux segments en caoutchouc. La figure 8 représente le détail du dispositif d'étanchéité. On peut distinguer en coupe les deux segments *S* superposés dont la section est de 10 × 9 cm ; ces segments sont fixés sur une bande verticale de tôle ondulée suspendue à la charpente du disque par les attaches 1). La tôle ondulée et les segments sont pressés contre la paroi du gazomètre au moyen des leviers à contrepoids réglables 2). Une forte toile caoutchoutée 3)

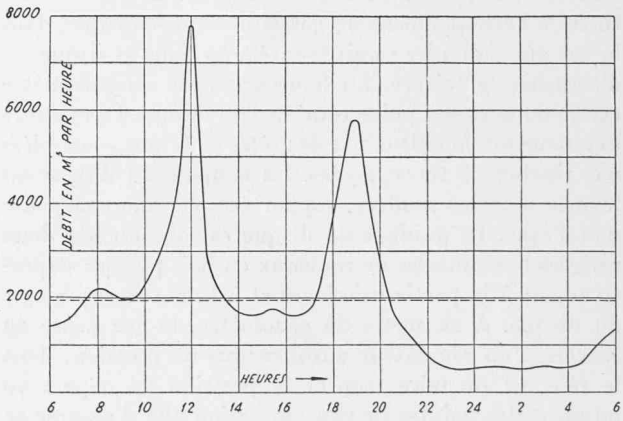

Fig. 6. — Variation de la consommation horaire pendant vingt-quatre heures.

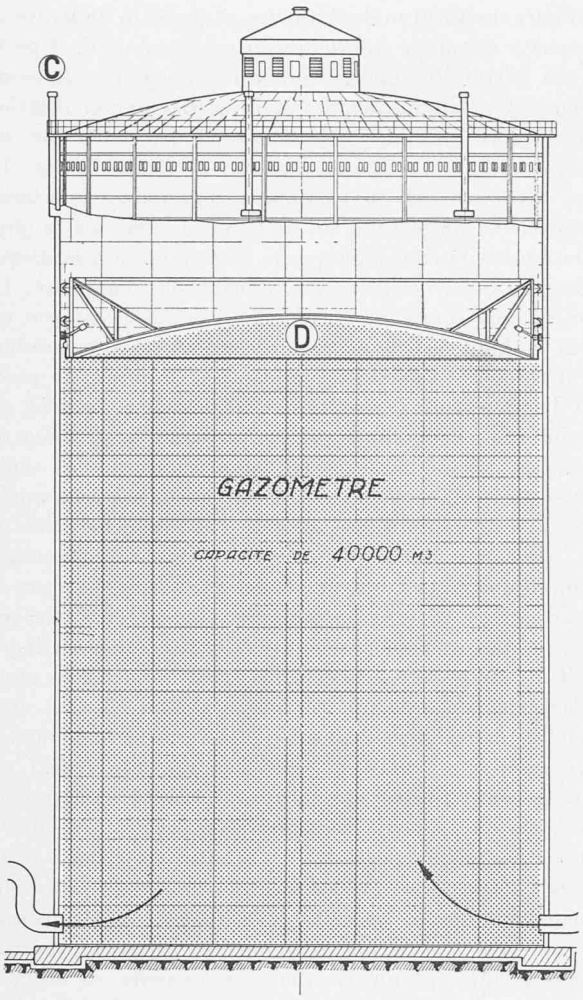

Fig. 7. — Coupe générale d'un gazomètre sec, syst. Klönne.

assure la liaison et l'étanchéité entre cette partie mobile et la coupole métallique du disque. L'espace entre les deux segments est rempli de graisse introduite au moyen de 84 graisseurs dont le contrôle est assuré quotidiennement, en même temps que celui de la pression exercée par les contrepoids sur les segments. Un ascenseur composé d'une petite nacelle permet de descendre sur le disque quelle que soit sa position. Dans la figure 7 on peut voir à la partie supérieure, sur les flancs du gazomètre, un certain nombre de petites cheminées communiquant avec l'intérieur. Elles sont destinées à l'échappement du gaz situé sous le disque, dans le cas où ce dernier serait monté trop haut et risquerait d'arracher la toiture. La hauteur totale du gazomètre est de 60 m et son poids total de 600 tonnes. Le cylindre extérieur est constitué par des tôles de 5 mm assemblées par rivetage à têtes noyées. La coupole du disque est formée de tôles soudées, supportées par une charpente métallique. Le guidage du disque est obtenu par deux rangées horizontales de rouleaux en bois placées respectivement à la partie inférieure et à la partie supérieure du disque. A sa sortie du gazomètre, le gaz passe au travers d'un régulateur automatique de pression, dont le rôle est de faire monter la pression de départ au moment des pointes de consommation afin d'assurer en bout de réseau une pression aussi régulière que possible.

Nous terminerons ce petit exposé sur l'Usine à gaz de Lausanne en ajoutant encore que cette dernière distribue le gaz dans trente-deux communes dont celles de Morges, Rolle et Nyon alimentées par une conduite à haute pression de 44,5 km, qui est la plus longue de Suisse.

Utilisation du gaz

Comme nous l'avons indiqué plus haut, l'utilisation principale du gaz a lieu dans les appareils de cuisson, qui absorbent à eux seuls 80 à 90 % de la production de gaz de l'ensemble des usines suisses.

La cuisinière à gaz restera toujours le plus simple et le plus robuste des appareils de cuisson. La souplesse de réglage de la flamme, ainsi que la rapidité de chauffage constituent des avantages hautement appréciés par les cuisiniers de métier ainsi que par les ménagères. Le rendement des cuisinières à gaz est du même ordre de grandeur que celui des cuisinières électriques, soit environ le 60 % de la chaleur dépensée. Des progrès importants ont été réalisés au cours de ces dernières années dans la construction des brûleurs et des fours qui sont maintenant munis de thermostats. Certaines marques de cuisinières ont également réalisé l'allumage central supprimant l'obligation d'allumer chaque feu séparément. En Amérique, on va même jusqu'à équiper les cuisinières d'appareils permettant de limiter d'avance la quantité de gaz nécessaire à la cuisson d'un plat, de sorte que la ménagère n'a plus à surveiller, le gaz s'éteignant une fois la cuisson terminée.

En dehors de la cuisson, le gaz est utilisé pour la préparation d'eau chaude, pour le chauffage des locaux, pour l'industrie, etc.

Les appareils à eau chaude sont de deux types bien distincts : les appareils dits instantanés, dans lesquels l'eau est chauffée au moment de l'ouverture du robinet et les appareils dits à accumulation dans lesquels un certain volume d'eau est chauffé préalablement.

Les appareils instantanés sont capables de fournir d'une façon ininterrompue des quantités d'eau chaude variant de 600 à 1200 litres par heure suivant la température désirée. On peut les comparer, sans exagération, à de véritables sources d'eau chaude. Dans le type le plus simple, dit « Piccolo », l'allumage se fait à la main tandis que dans les « automates » l'allumage du gaz est commandé par l'ouverture du robinet d'eau chaude. La figure 9 donne un schéma de ce dernier type d'appareil. Il y a lieu de noter que les appareils modernes sont tous munis de frein à l'allumage, de façon à provoquer un allumage progressif du brûleur, ainsi que de dispositif de sécurité empêchant le gaz d'arriver au brûleur lorsque la veilleuse d'allumage est éteinte. La figure 10 représente le principe de la commande de l'arrivée de gaz par l'ouverture du robinet d'eau. Le soupape d'amenée du gaz au brûleur est reliée directement à une membrane M soumise de chaque côté à la pression de l'eau, respectivement avant et après un organe d'étranglement E (Venturi) intercalé dans la tuyauterie. Si l'eau vient à manquer, les pressions de chaque côté de la membrane sont les mêmes et la soupape de gaz reste fermée. Dès que, par l'ouverture du robinet d'eau, un circuit d'eau s'établit, il y a perte de

charge dans l'étranglement (Venturi) et, par suite, différence de pression sur les faces de la membrane qui se déplace alors sur la gauche et provoque l'ouverture de la soupape de gaz.

Les appareils à accumulation sont représentés par le schéma, figure 10. Ils se distinguent essentiellement des Cumulus électriques par le fait que leurs brûleurs sont constamment en service et que les temps de chauffe sont beaucoup plus courts. Il en résulte que la quantité quotidienne d'eau chaude est sans rapport direct avec leur capacité. Ainsi un boiler à gaz de 100 litres, à brûleur normal, peut fournir 500 litres d'eau à 75° en vingt-quatre heures. Le même boiler, mais à chauffage rapide, fournira, chose remarquable, 2400 l en vingt-quatre heures. La quantité d'eau chaude nécessaire pour la préparation d'un bain normal étant d'environ 80 litres, on voit qu'avec un boiler de 100 litres, à brûleur normal, il sera possible de préparer quatre bains dans un espace de douze heures, à condition de les espacer de quatre en quatre heures.

Lorsqu'il est nécessaire de prévoir de grandes réserves d'eau, on utilise un dispositif comme celui qui est représenté sur la figure 11. Un réservoir de la capacité désirée est accouplé à un corps de chauffe constitué par un boiler de très petite capacité mais de très grande puissance de chauffe. L'eau circule par thermo-siphon du corps de chauffe au réservoir pour revenir à nouveau se réchauffer dans le corps de chauffe. Des thermostats contrôlent les différentes températures du réservoir et du corps de chauffe de façon à interrompre l'accès du gaz au brûleur dès que les températures désirées sont atteintes. Ce système est généralement installé pour les grandes distributions d'eau chaude des immeubles locatifs. Ces corps de chauffe peuvent fournir jusqu'à 16 500 litres d'eau chaude en vingt-quatre heures.

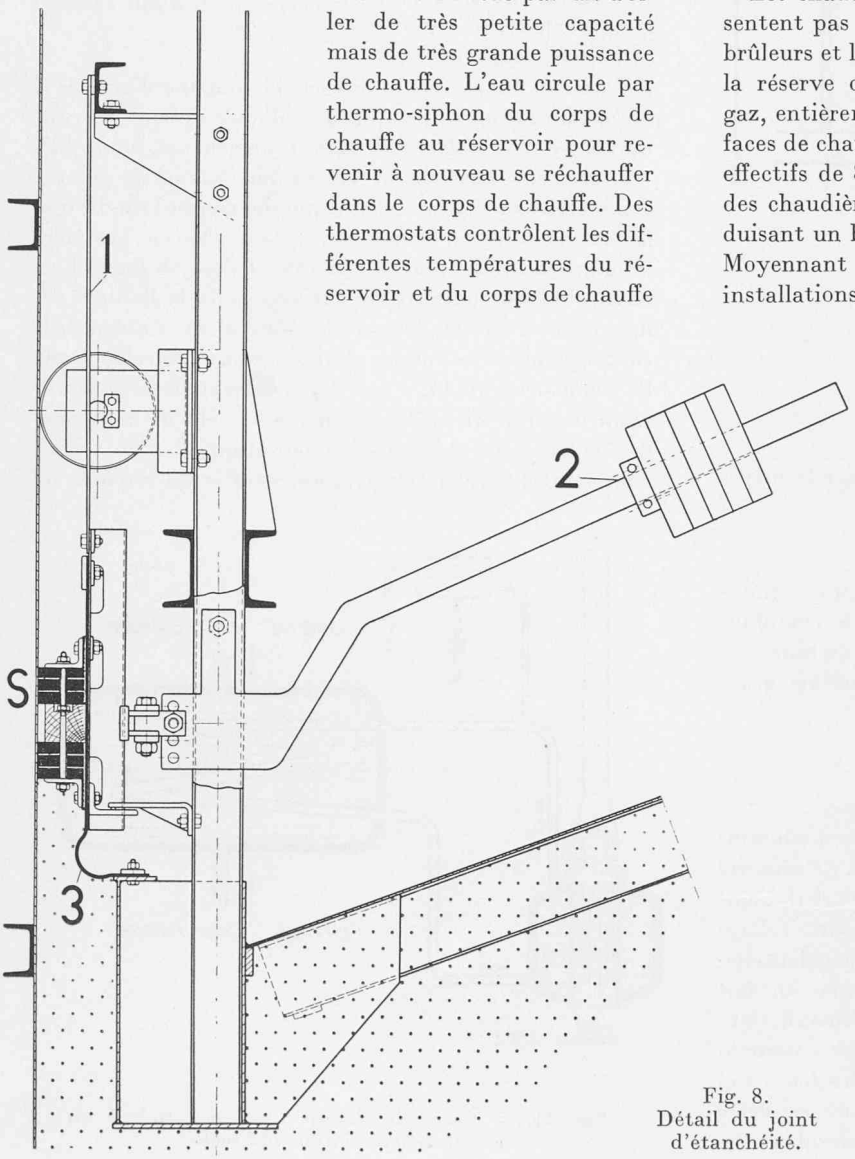

Fig. 8.
Détail du joint d'étanchéité.

Le chauffage des locaux au moyen du gaz peut être réalisé soit au moyen de radiateurs, soit au moyen de chauffage central, soit encore au moyen d'aérothermes. Les radiateurs à gaz sont constitués par un ensemble de surfaces de chauffe (tubes, éléments, corps creux, etc.) parcourus par les gaz brûlés provenant de brûleurs placés à la base de ces surfaces de chauffe. Ils ne contiennent pas d'eau et sont de ce fait très rapidement efficaces. Ils sont très appréciés dans tous les cas où un chauffage rapide est nécessaire (bureaux, ateliers, etc.). Dans les aérothermes à gaz, les surfaces de chauffe de l'air pulsé sont également constituées par des tubes parcourus par les gaz brûlés provenant d'un ensemble de brûleurs à gaz. De même que les radiateurs à gaz, ils présentent l'avantage d'être mis très rapidement en service et de se prêter très facilement à la commande par thermostats. Ils sont principalement employés pour les chauffages d'églises, de grandes salles, de cinémas, etc.

Les chaudières de chauffages centraux à gaz ne présentent pas de particularité spéciale, si ce ne sont leurs brûleurs et le fait que le vide habituellement prévu pour la réserve de combustible est, dans les chaudières à gaz, entièrement utilisé pour le développement des surfaces de chauffe, ce qui permet d'obtenir des rendements effectifs de 85 à 90 %. On peut également transformer des chaudières à charbon en chaudières à gaz en introduisant un brûleur à gaz dans le foyer de ces dernières. Moyennant certaines précautions, limitation du tirage, installations de chicanes dans le foyer, on peut obtenir des rendements semblables à ceux existant pour les chaudières spécialement prévues pour le gaz.

Un nouveau système de chauffage par rayonnement infra-rouge a fait son apparition ces dernières années. Employé d'abord presque uniquement dans des buts industriels, il est appliqué maintenant pour le chauffage de grands locaux normalement difficiles à chauffer par convection, tels qu'ateliers, halles de montages, etc., et même pour le chauffage de terrasses, de tribunes de stades, d'entrées de magasins, etc. L'installation est constituée de panneaux radiants chauffés au gaz, placés généralement au-dessus des espaces à chauffer et rayonnant la chaleur vers le bas de la même façon que nous parvient, en somme, la chaleur solaire. Ce système de chauffage est direct et presque instantané. Tout ce qui se trouve sur le passage des rayons calorifiques émis (sol, plancher, meubles, machines, etc.) est très rapidement chauffé. D'autre part, les rayons calorifiques à basse température (non lumineux) ne pouvant traverser les surfaces vitrées, il s'ensuit que

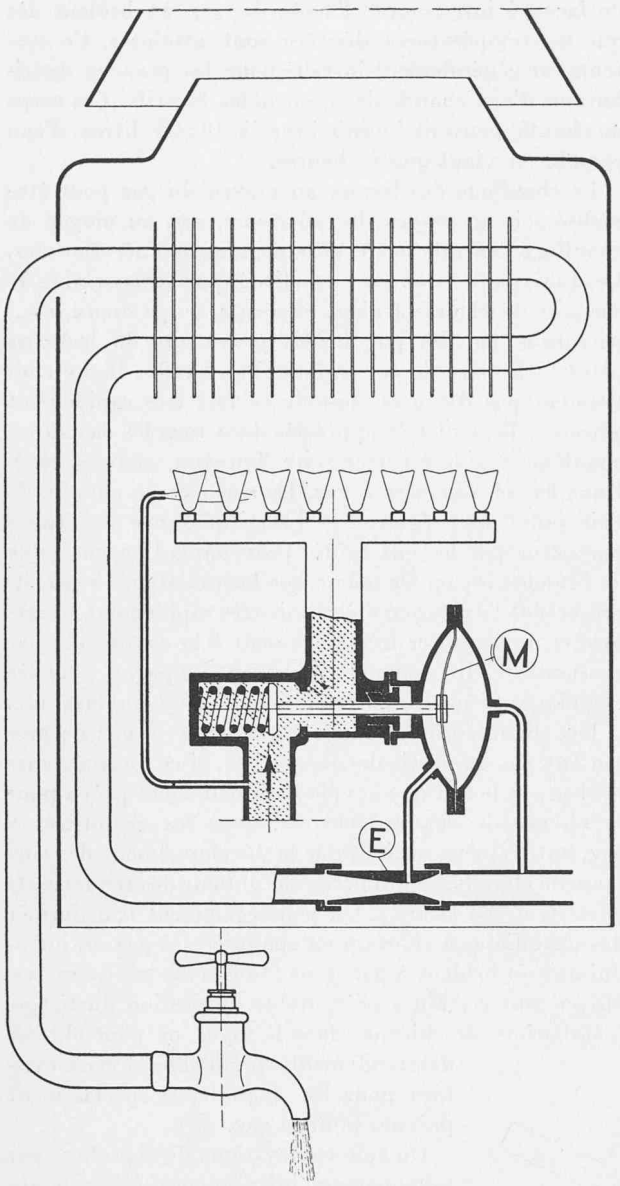

Fig. 9. — Schéma d'un appareil instantané pour la préparation de l'eau chaude.

les pertes de chaleur dues aux vitrages sont réduites au minimum, ce qui n'est pas le cas dans le chauffage ordinaire par convection. On arrive dans certains cas à réaliser de très grosses économies de chauffage grâce à ce système.

Sécurité des appareils à gaz

Avant de terminer notre exposé, nous donnerons quelques descriptions de certains dispositifs de sécurité utilisés pour les appareils à gaz. Ces dispositifs sont tous basés sur l'exigence d'empêcher le gaz de s'échapper si la veilleuse de sécurité est éteinte accidentellement. Cette veilleuse de sécurité fonctionne en fait comme un véritable ange gardien de l'installation. Allumée, elle permet l'ouverture de la vanne commandant l'arrivée du gaz au brûleur, qui prendra feu à son contact. Eteinte, elle provoque la fermeture de cette même vanne ou empêche son ouverture accidentelle.

Les dispositifs actuellement utilisés peuvent être classés en trois systèmes principaux :

a) Système basé sur la déformation d'une pièce métallique sous l'influence de la chaleur fournie par la veilleuse. La pièce métallique pourra être constituée par un seul métal ou au contraire par une lame formée de deux métaux ayant des coefficients de dilatation différents. La figure 12 représente un de ces dispositifs à bimétal utilisé pour la sécurité d'un boiler.

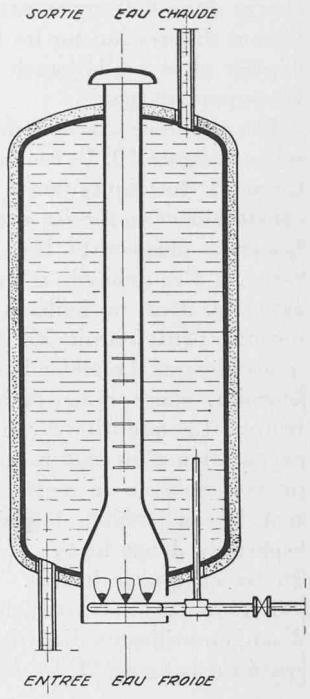

Fig. 10. — Appareil à accumulation d'eau chaude.

b) Système basé sur la production d'un couple thermo-électrique sous l'influence de la chaleur fournie par la veilleuse. Le courant électrique créé par le thermo-couple T est envoyé dans un électro-aimant A maintenant ouverte la soupape d'arrivée S du gaz au brûleur. Lorsque la veilleuse s'éteint, le courant cesse et la valve S se ferme (voir schéma, figure 13).

c) Système basé sur le fait qu'une flamme de gaz est conductrice du courant électrique (ionisation) tandis que le gaz non allumé n'est pas conducteur. Dans ce système, la température ne joue aucun rôle et l'action due à l'interruption du courant par extinction de la flamme est instantanée. Toutes les vannes sont alors commandées électriquement au moyen d'un dispositif de relai. Dans le schéma, figure 14, V_1 et V_2 représentent respectivement la vanne du brûleur principal et celle de la flamme de veilleuse, b l'électrode de ionisation, $S.E$ le coffret contenant les relais électriques, c et e les circuits de

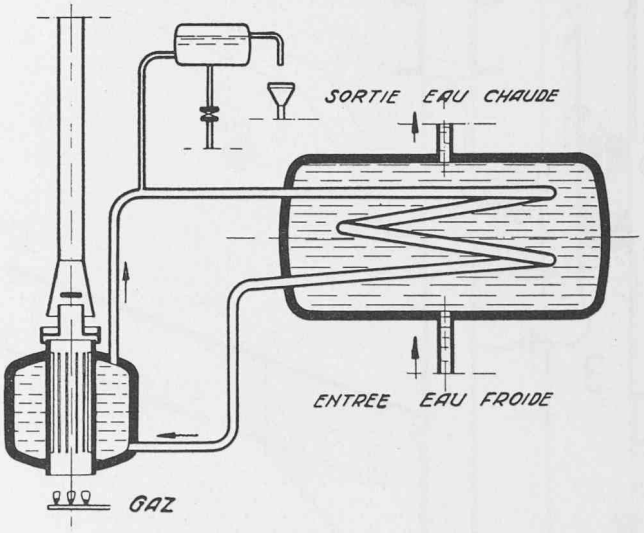

Fig. 11. — Corps de chauffe Cipag accouplé à un réservoir (circulation indirecte).

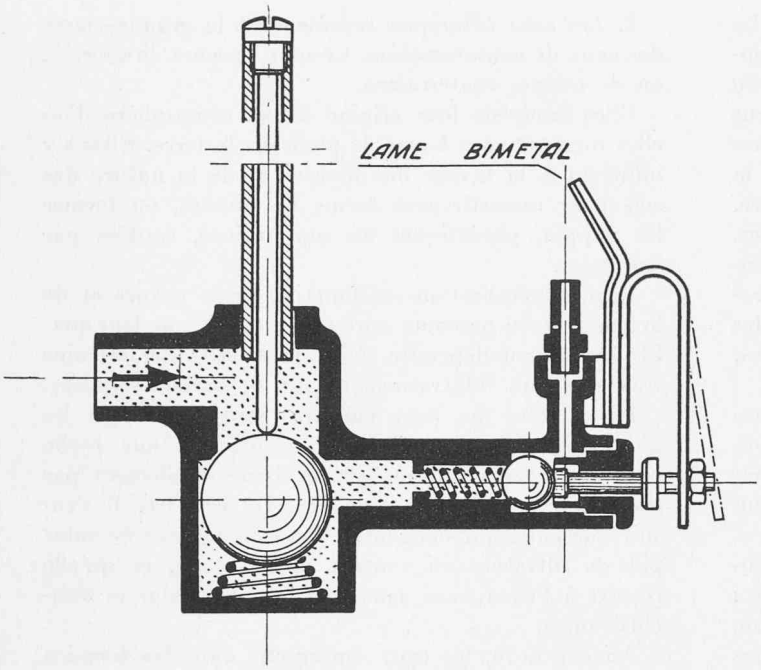

Fig. 12. — Dispositif Cipag de sécurité à la veilleuse au moyen d'une lame bimétallique.

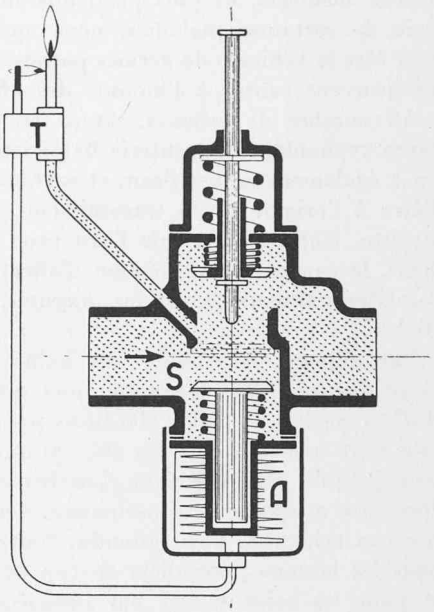

Fig. 13. — Dispositif Cipag de sécurité à la veilleuse au moyen d'un couple thermo-électrique.

commandes des vannes, *a* l'interrupteur principal de courant électrique et *d* un appareil éventuel sonore de signalisation. Le fonctionnement est le suivant : Après avoir enclenché l'interrupteur *a*, on donne momentanément du courant dans le circuit *e* de façon à provoquer l'ouverture de la vanne de veilleuse V_2 et on allume cette dernière. A ce moment, le courant peut passer par l'électrode *b*, le dispositif commande l'ouverture de la vanne V_1 et maintient ouverte la vanne V_2. Le brûleur principal peut alors fonctionner. Si, pour une raison quelconque, la flamme de veilleuse vient à s'éteindre, le courant cesse de passer par l'électrode *b* et le dispositif de relais ferme instantanément les vannes V_1 et V_2. La sécurité est donc absolue. Ce système de sécurité peut être combiné avec un allumage automatique de la veilleuse réalisé par des électrodes provoquant un arc électrique. Dans ce cas, ces électrodes ne fonctionnent que pendant quelques secondes et si, pendant ce temps, la veilleuse ne s'est pas allumée, un interrupteur thermique coupe l'allumage électrique et toute l'installation est mise hors service. Malgré ses avantages indiscutables, ce système est d'un prix à peine supérieur à celui des autres dispositifs décrits plus haut. C'est pourquoi il est appliqué à toutes les installations quelque peu importantes, telles que chaudières de chauffages centraux, aérothermes, séchoirs, grosses installations de production d'eau chaude, etc.

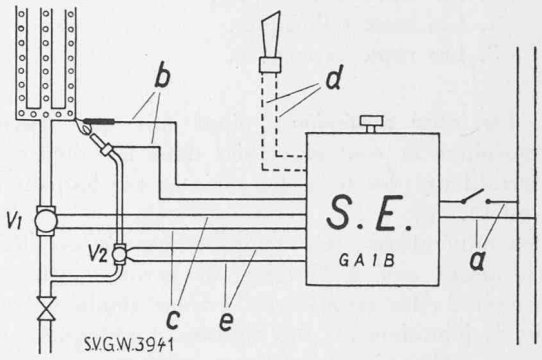

Fig. 14. — Dispositif Cipag de sécurité dit « électronique » basé sur l'effet de ionisation de la flamme.

LE PROBLÈME DES EAUX POTABLES

par le Dr E. MATTHEY, ing. chim. E.P.U.L. chimiste cantonal, Lausanne

Il est peu de problèmes qui revêtent une importance aussi permanente et aussi diverse que celui de l'alimentation d'une population en eau potable.

C'est tout à la fois à l'ingénieur, au chimiste, au bactériologiste, à l'hydrobiologue qu'il faut faire appel, pour réunir les éléments nécessaires à la résolution des cas posés par la pratique.

Il n'entre donc pas dans notre intention de faire le tour complet des aspects de la question des eaux. Qu'il nous soit permis cependant de faire ci-après quelques considérations, qui nous ont été suggérées par l'expérience.

Pourquoi donc le problème des eaux est-il toujours à l'ordre du jour ?