



ÉNERGÉTIQUES 9⁽¹⁾

gaz

L'allumeur de réverbères, ce poétique personnage du siècle passé, éveillant à la brune la flamme papillonnante des becs de gaz, n'est-il pas un peu le symbole d'époques révolues? Pourtant, née il y a 150 ans, l'industrie gazière, une des plus anciennes parmi les branches de la grande industrie, est aujourd'hui toujours en pleine expansion, bien qu'ayant subi plusieurs avatars, et après quelques changements importants de matières premières.

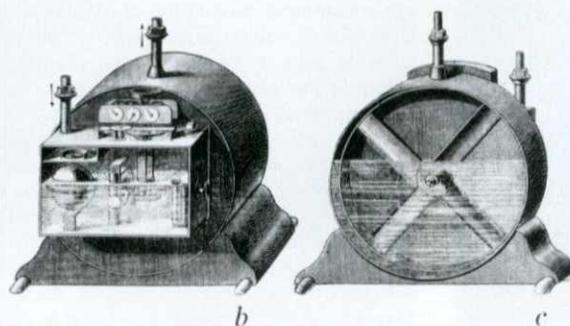
Le « thermolampe » de Philippe Lebon, précurseur en France de la fabrication du gaz d'éclairage, était en somme un gazogène fonctionnant au bois, destiné au chauffage autant qu'à l'éclairage de locaux individuels. C'est aussi par des appareils de faible capacité que cette invention devenue industrielle débuta en Angleterre, avec Murdoch, Winsor et Samuel Clegg : le charbon en devint alors l'indispensable matériau. Au cours des années suivantes, le dépurateur et l'augmentation des rendements favorisèrent la distribution du gaz. A des appareils limités à l'éclairage d'un atelier ou d'un bureau succédèrent des installations collectives dispensant le précieux fluide à des quartiers de plus en plus étendus, grâce à un réseau de canalisations souterraines. Et il se posait au moins autant de problèmes de distribution que de fabrication : il était même si difficile de se procurer les tuyaux nécessaires qu'on dut recourir au début à de vieux canons de fusil vissés bout à bout... Et ainsi le gaz devint le premier « fluide énergétique » circulant de façon continue de sa source au consommateur.

Sans doute ce fluide généreux a-t-il perdu son brillant rôle d'éclairage. Mais il a été depuis de plus en plus utilisé comme source énergétique et thermique, soit qu'on le brûle dans les foyers domestiques ou dans les chaufferies industrielles, soit qu'on en alimente des moteurs, des turbines, des diesels ou des générateurs à pistons libres. La consommation n'a pas cessé de croître ; en France, par exemple, alors qu'en 1950 on produisait l'équivalent de 10,7 milliards de thermies (2) en 1965 les ventes ont dépassé 24 milliards de thermies ; les 30 milliards doivent être atteints en 1967 ; en 15 ans le seul nombre des abonnés domestiques a augmenté de 35 %.

Le charbon reste encore une des matières premières du gaz de ville. Il est, à cet effet, distillé à l'abri de l'air dans des fours, chauffés aux environs de 1 100 °C par des brûleurs à gaz pauvre, ce dernier lui-même produit dans des gazogènes spéciaux. Les fours « discontinus », à chambres horizontales, ou « fours à coke » ont remplacé les anciens fours verticaux continus dans les grandes cokeries modernes ; le coke d'excellente qualité qu'ils produisent sert en sidérurgie. Après extraction d'un grand nombre de sous-produits de valeur (ammoniac, goudrons, hydrogène sulfuré, etc.) et épuration poussée, le gaz atteint un pouvoir calorifique de 5 000 Cal/m³. Le « gaz à l'eau », que l'on réserve pour les besoins de pointe, s'obtient en soufflant de la vapeur sur le coke incandescent dans une cham-



- a Modèle conique de la lanterne à gaz de Paris
- b Compteur à gaz - coupe de la partie antérieure
- c Coupe de la partie postérieure
- d Forme de la flamme du bec de Manchester
- e Vue générale des appareils pour la préparation du gaz
- f La chimie amusante : manière simple de fabriquer du gaz dans une pipe avec un morceau de sucre et d'en gonfler des bulles



¹ Voir les articles précédents dans Pétrole Progrès n°s 56, 59, 61, 63, 64, 66, 68, 70.

² Pour évaluer la distribution du gaz, on se base sur la quantité de chaleur produite ; l'unité traditionnelle, la thermie, correspond à la chaleur nécessaire pour élever de 1 °C la température de 1 m³ d'eau à la pression atmosphérique normale. Depuis le décret du 9 mai 1961 l'unité de mesure officielle est le Joule.



combustibles

bre cylindrique ; il peut être enrichi par la combustion de produits pétroliers liquides pour devenir alors « gaz à l'eau carburé ».

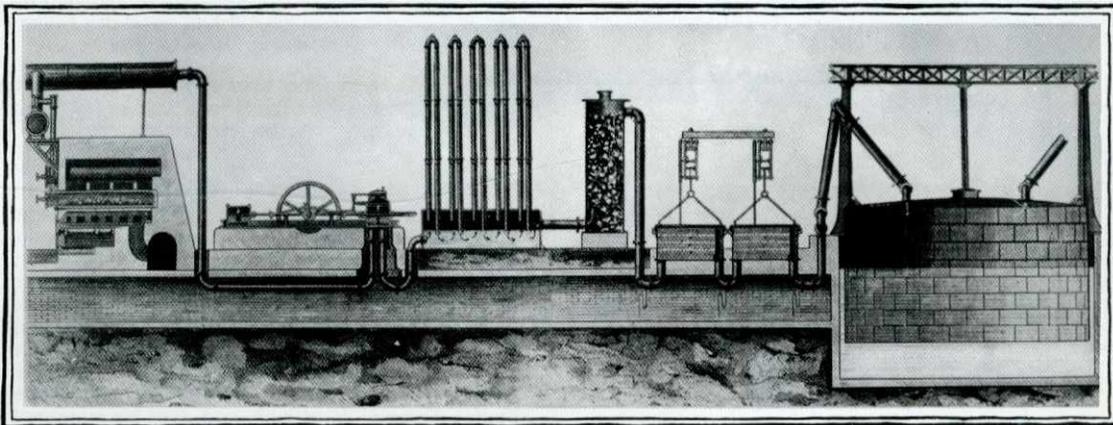
Tandis qu'en 1946 la France comptait plus de 500 usines distillant la houille, il n'en restait plus que 7, de très grandes installations, au début de 1965. Les produits pétroliers assurent de plus en plus la relève. En Angleterre même, les hydrocarbures comptent déjà pour plus de 40 % des combustibles utilisés pour la production du gaz de ville, contre 8 % seulement il y a 10 ans. Divers procédés y concourent, craquage de certaines fractions du pétrole (essences légères, propane) ou de gaz naturel, reforming catalytique en continu d'essences légères. Le pouvoir calorifique du produit obtenu atteint 10 000 Cal/m³. Les usines gazières ne sont pas les seules sources productrices. Dans la sidérurgie, les gaz de hauts fourneaux servent à réchauffer l'air injecté et à animer les turbines chargées de fournir l'énergie aux auxiliaires. Le traitement du pétrole brut dans les raffineries laisse aussi, en tête des unités de distillation, des gaz incondensables, dits « de raffinerie ». De composition et de pouvoir calorifique très variables, outre la partie consommée « sur place » dans les fours de chauffe ou dans des groupes turbo-compresseurs, ils représentent un apport supplémentaire. D'autre part, l'industrie pétrolière fournit aux utilisateurs domestiques ou industriels de grandes quantités de gaz liquéfiés, butane et propane. L'industrie gazière emploie aussi ce dernier (pouvoir calorifique 23 000 Cal/m³) soit pour augmenter le pouvoir calorifique du gaz à l'eau, soit pour constituer le combustible dénommé « air propané ». Alors qu'autrefois les mélanges, très différents en pouvoir calorifique et en densité, se faisaient « à la main », désormais des appareils réalisent automatiquement et contrôlent ces opérations qui régularisent le pouvoir calorifique du gaz distribué au réseau général, en le rendant plus homogène et de caractéristiques constantes.

LA PRODUCTION JOURNALIÈRE D'UNE GRANDE CENTRALE GAZIÈRE (ALFORTVILLE)

(D'APRÈS GAZ DE FRANCE INFORMATION)

gaz de fours à coke . . . 500 000 m³ à 5,1 th = 2 550 000 th
 gaz autothermique 800 000 m³ à 1,7 th = 1 360 000 th
 gaz de craquage cyclique. 1 800 000 m³ à 3 th = 5 400 000 th
 gaz à l'eau 900 000 m³ à 2,7 th = 2 430 000 th
 gaz naturel d'enrichissement du gaz autothermique, du gaz à l'eau et du gaz cyclique. 1 200 000 m³ à 9,7 th = 11 640 000 th
 gaz de craquage sous-pression enrichi au gaz naturel . . 1 000 000 m³ à 4,5 th = 4 500 000 th

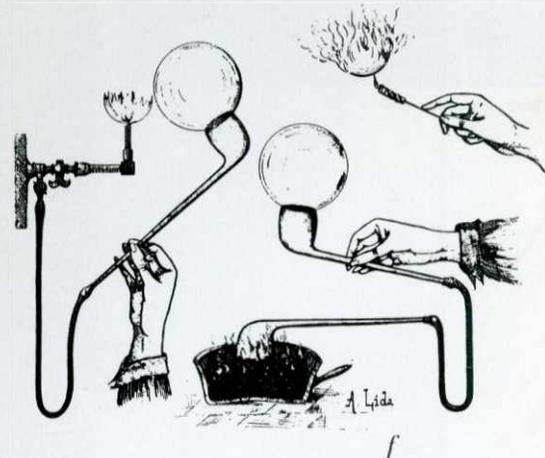
Notre civilisation industrielle aurait peut-être aujourd'hui quelque peine à se fournir aussi économiquement en gaz combustibles si la nature — et les prospecteurs — n'étaient venus prêter main-forte aux usines. Au cours des recherches entreprises pour découvrir des gisements de pétrole, d'énormes réserves de gaz naturel ont été reconnues, et mises en exploitation, principalement depuis une vingtaine d'années. C'est aux États-Unis que l'on a tout d'abord intensément mis à profit cette nouvelle richesse. Le gaz naturel, désormais, y a totalement

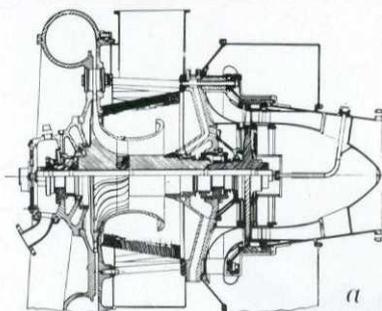


remplacé le gaz fabriqué. Rapidement devenu, grâce à son prix modique, l'un des piliers de l'économie, il ne cesse de se développer et dessert aujourd'hui 100 millions d'usagers, sans compter les 30 millions qui utilisent le gaz en bouteilles. Cinquième industrie nationale, cette industrie emploie 200 000 personnes et étend ses installations au rythme financier de 2 milliards de dollars par an. Le réseau de distribution compte 1 million de kilomètres de pipelines dont certaines artères atteignent 3 000 km et son importance s'accroît de 40 000 km par an. 90 % des repas que les Américains prennent hors de chez eux (plus de 25 milliards par an) sont préparés au gaz par 2 300 000 restaurants divers. A la cuisine et aux radiateurs de chauffage domestique s'ajoute un ensemble, de plus en plus étendu et varié, de climatiseurs, cuisinières à infra-rouge, fours télécommandés, réfrigérateurs, incinérateurs inodores, séchoirs à linge, etc., tandis que, dans l'industrie, 25 000 emplois différents s'échelonnent de la fabrication du popcorn à la pétrochimie, elle-même en plein développement. Au total, près de 150 000 usines font appel au gaz naturel, à raison d'environ 50 milliards de thermies par an. Aussi, la production annuelle aux États-Unis dépasse-t-elle actuellement 350 milliards de m³. Les ressources de ses gisements représentent les 2/3 de l'énergie d'origine minérale aux États-Unis, soit environ 100 fois le volume de la consommation annuelle, et les réserves récupérables, non encore exploitées, 4 fois la production d'un siècle.

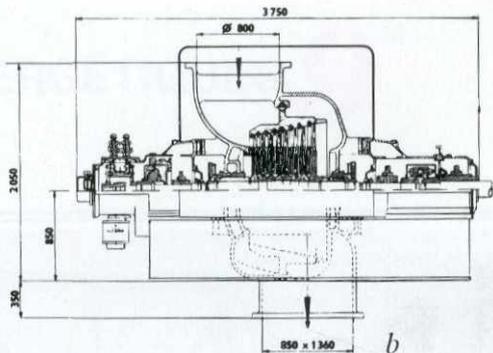
En France, sa consommation s'est véritablement développée à partir de 1951, avec la découverte du gisement de gaz de « Lacq profond ». Outre ses 18 % d'hydrogène sulfuré — qui font depuis lors de la France l'un des principaux producteurs de soufre avec environ 1 500 000 t par an — le gaz de Lacq fournit 150 000 t de butane et de propane, tandis que la production de gaz naturel épuré s'est développée régulièrement pour atteindre aujourd'hui 5 millions de tonnes par an, distribuées par un réseau de canalisations couvrant la plus grande partie du territoire et approvisionnant les zones de consommation importantes.

Au cours des dernières années, des réserves encore plus considérables ont été reconnues et mises en exploitation au Sahara (Hassi R'Mel), en Libye, aux Pays-Bas (Groningue). Et, sous les eaux de la mer du Nord, de récentes découvertes promettent sans





- a Groupe turbo-compresseur pour gaz de turbine
- b Turbine de détente de 6 000 kW alimentée par générateurs à pistons libres (document SENEQUE)
- c Unité gazière moderne : craquage de propane
- d Moteur à gaz pauvre
- e Voiture pour le transport du gaz comprimé
- f Réservoir souterrain de stockage, structure de Begnes. Étude de balayage à partir des puits d'injection (document Gaz de France)
- g Gonflage de l'aérostat "l'Hirondelle" à l'usine à gaz de la Villette



doute des ressources nouvelles, à la mesure de l'appétit énergétique de l'Europe. Et comme il fallut à Samuel Clegg quantité de vieux canons de fusil pour distribuer son gaz d'éclairage, il nous faut beaucoup de tubes d'acier à haute résistance, de grand diamètre, pour amener le gaz naturel jusqu'au consommateur. Et quand ces réserves se trouvent au-delà des mers — puisqu'en l'état actuel de la technique un pipeline sous-marin de grande longueur n'est pas rentable — il faut aussi des navires spécialisés dans le transport du méthane.

L'expansion du méthane (1) à l'état gazeux exigerait des réservoirs démesurés et s'il fallait le comprimer à la température ambiante, le poids de leurs parois serait prohibitif. Mais, liquéfié à très basse température, son volume est réduit de 600 fois, ce qui autorise son transport dans des conditions raisonnables, une fois résolus les problèmes d'isolation thermique et d'utilisation de métaux d'une résistance suffisante aux très basses températures. Ces navires-méthaniers consomment d'ailleurs en partie pour leur propulsion le méthane dégagé par l'évaporation nécessaire au maintien d'une basse température, soit que le gaz alimente des brûleurs de chaudières, soit qu'il joue son rôle de carburant dans des moteurs. Et c'est pour ceux-ci que l'on a complètement renouvelé les études d'emploi de ce carburant dans les moteurs à combustion interne.

¹ Représentant la majeure partie du gaz naturel.

MOTEURS A GAZ

Si les premiers moteurs à explosion furent bien des moteurs à gaz, le moteur à essence, né cependant plus tard, a bénéficié, grâce d'abord à l'automobile, d'un extraordinaire essor, alors que le moteur à gaz pauvre n'a pu évoluer beaucoup, en raison de sa conception. Et devant la nécessité de disposer d'un type efficace de moteur pour utiliser l'énergie du gaz naturel, le haut rendement atteint par les grands moteurs diesels a conduit à étudier leur adaptation à ce combustible, plutôt que de chercher à améliorer péniblement les anciens moteurs à gaz pauvre. Mais la conversion plus rentable des diesels n'en est pas moins délicate, les problèmes de combustion posés par cette transformation étant de ceux qui sont liés aux moteurs à carburation préalable, alors que le but des recherches était d'obtenir une puissance et un rendement équivalents à ceux du diesel d'origine. A cet effet deux techniques sont concevables : l'une utilisant l'allumage électrique, l'autre l'allumage spontané par injection de combustible pilote. La première est, par exemple, celle des groupes compresseurs des stations de recompression, la seconde est utilisée sur les méthaniers pour les moteurs dits « dual fuel »¹.

Les turbines sont couramment utilisées pour faire « travailler » le gaz, qu'il soit naturel ou provienne par exemple de hauts fourneaux. Relativement peu coûteuses, elles sont souvent utilisées pour produire l'énergie de pointe. Leur rendement, de l'ordre moyen de 20 %, peut atteindre 28 % mais au prix de dispositifs compliqués de récupération thermique. On sait que dans le domaine industriel ces turbines trouvent une limite dans l'insuffisance de résistance des aciers aux températures élevées qu'exigerait un rendement accru. Le générateur à pistons libres², qu'on peut considérer comme l'équivalent du compresseur et de la chambre de combustion dans une turbine, a pour sa part un rendement moyen de 34 à 36 %, qui reste bon aux faibles charges — nettement supérieur à celui des turbines — bien que légèrement plus faible, aux hauts régimes que celui des moteurs classiques à combustion interne. Aussi le générateur à pistons libres est-il un excellent utilisateur de gaz combustible. Cet appareil transformateur de pression peut être relié de plusieurs manières au collecteur d'une turbine, ce qui permet d'obtenir un programme étendu de poussées en faisant simplement varier le nombre de générateurs alimentant la turbine.

¹ Le débit de gaz nécessairement évaporé pour maintenir la cargaison en liquéfaction est en effet variable et généralement inférieur à celui qu'exigerait le moteur pour une puissance de route constante. L'injection de combustible liquide rétablit l'équilibre.

² Voir Énergétiques 8 - « Combustions internes » - Pétrole Progrès n° 70.

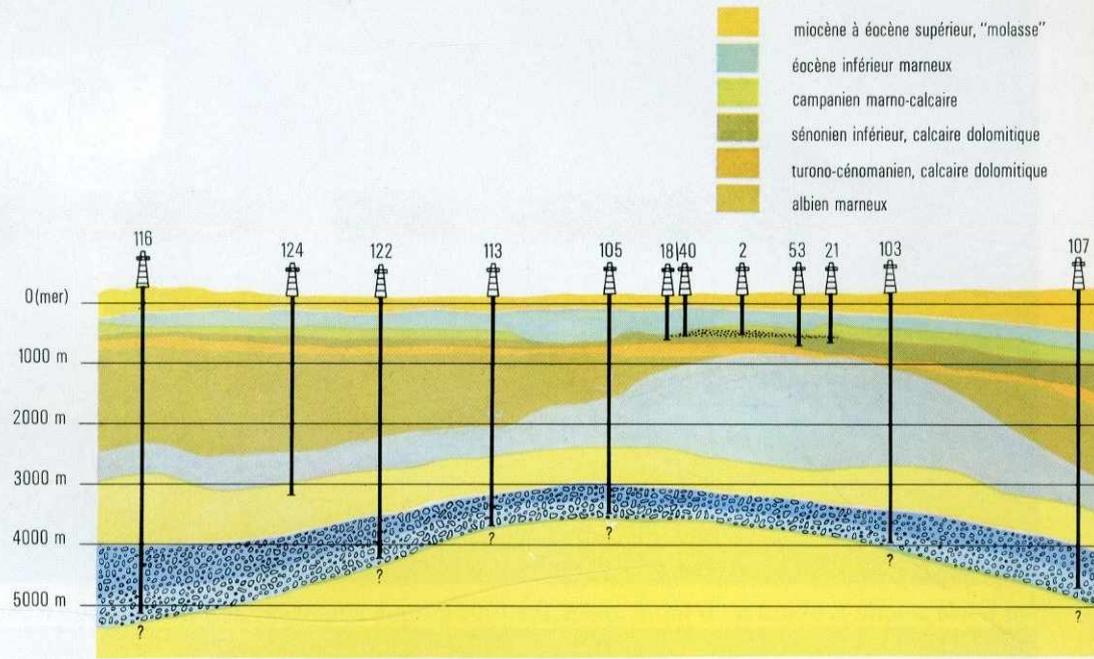
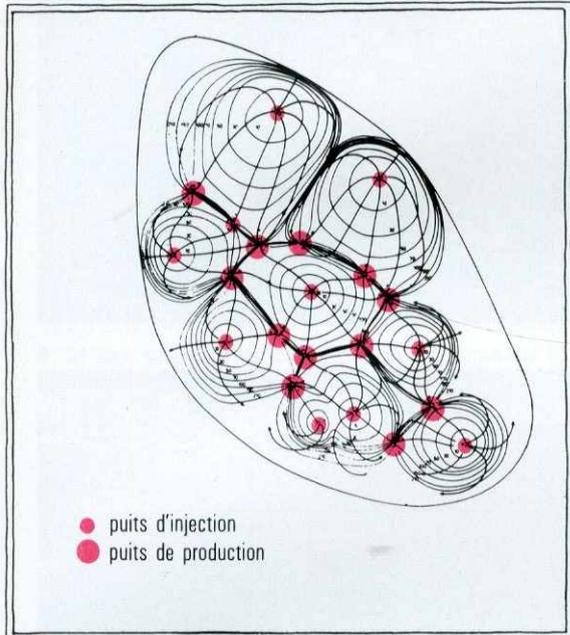
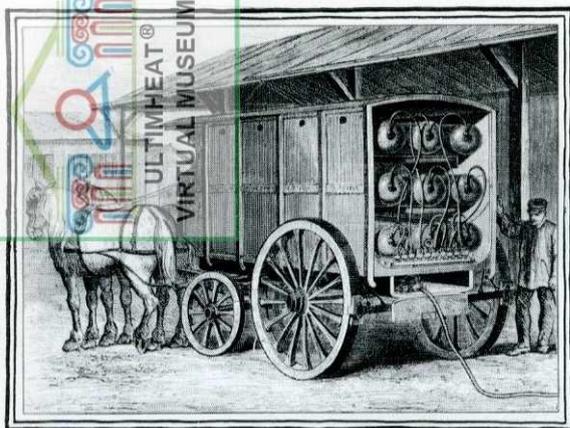


PHOTO SENEQUE - GDF



PHOTO YVES SOUILLARD

Qu'il participe ainsi à la production d'énergie nécessaire à son propre transport — dans les stations de recompression des conduites de gaz ou dans les machines des méthaniers — qu'il réchauffe les hommes, qu'il fonde le verre ou l'acier, qu'il cuise les aliments ou les matériaux réfractaires, qu'il vaporise l'eau des chaudières, le gaz combustible présent dans tous les domaines de l'activité humaine et quelle que soit son origine, est bien resté un des éléments essentiels du progrès énergétique.



gisement de gaz naturel de Lacq . DOCUMENT SNPA

