Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 30 (1904)
Heft: 1

Artikel: Transport du gaz à distance
Autor: Chavannes, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24101

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: 09.12.2025

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

la branche descendante, de façon à abaisser à 76° la température des fumées à leur entrée dans la cheminée, tandis qu'en tirage direct la température des fumées observée au même point est de 170°.

* * *

D'après l'inventeur, le syphon doit empêcher tout retour des fumées. Cette proposition est théorique et n'est réalisée que tant que la branche ascendante la plus rapprochée du fourneau est à une température plus élevée que la branche descendante. Il en résulte que si un fourneau muni d'un syphon est relié à une cheminée servant à évacuer les fumées d'autres appareils de chauffage, placés aux étages supérieurs ou inférieurs, la garantie procurée par le syphon est tout à fait illusoire; lorsque le fourneau considéré vient à s'éteindre, le syphon se refroidit et, dans ces conditions, le refoulement des fumées peut se produire comme il se ferait dans n'importe quel tuyau.

Le fonctionnement du syphon est proportionnel à la différence de température des branches ascendantes et descendantes, ainsi que la théorie le prévoit. L'expérience le confirme comme suit :

6e série. — Nous avons relié un syphon à une cheminée froide placée dans un mur extérieur. C'était une journée où les conditions atmosphériques étaient éminemment défavorables au tirage, et à ce moment-là la cheminée refoulait avec une vitesse de 0m,91 à la seconde. Nous avons alors placé une flamme de gaz à l'extrémité inférieure de la branche ascendante du syphon, de façon à chauffer les canaux et à rétablir le tirage normal. Quelques minutes après, le tirage étant rétabli et les canaux suffisamment chauds, nous avons noté à la fois la température et la vitesse du courant de minute en minute, jusqu'au moment où les canaux ont été suffisamment refroidis pour que le régime de refoulement dû aux conditions atmosphériques se rétablisse comme auparavant. Voici les observations faites :

	Températ. au bas de la branche ascendante.	Températ. au bas de la branche descendante.	Vitesse en m. par seconde
1re minute . .	106°	68°	+ 1,60
2e » . .	70°	55°	1,48
3e » . .	59°	50°	1,30
4e » . .	51°	40°	1,06
5e » . .	48°	43°	0,97
6e » . .	47°	40°	0,61
7e » . .	46°	38°	0,52
8e » . .	38°	36°	+ 0,31
9e » . .	36°	36°	— 0,61

En résumé :

1° Le fonctionnement du syphon est proportionnel à la différence de température entre la branche ascendante et la branche descendante ; en d'autres termes, à la différence des densités des colonnes gazeuses dans les deux branches ;

2° Le syphon joue le rôle d'un régulateur de tirage ;

3° Et d'un récupérateur de chaleur ;

4° Tout retour de gaz est empêché tant que la branche ascendante est à une température plus élevée que la branche descendante.

Transport du gaz à distance.

par M. L. Chavannes,
Ingénieur.
Ancien élève de l'Ecole d'Ingénieurs (1889-1892).

Jusqu'à ces dernières années, et à quelques très rares exceptions près, les usines à gaz d'Europe alimentaient directement leur réseau de distribution uniquement sous la simple pression de leurs gazomètres, réduite par des régulateurs placés sur la conduite maîtresse à son départ de l'usine.

La pression des gazomètres, qui est en général de 80 à 100 mm. de colonne d'eau au minimum pour ceux à une cloche et de 150 à 200 ou même 300 mm. au maximum pour ceux télescopés à 2 ou 3 levées, est ainsi ramenée par des régulateurs à la pression suffisant à assurer en tout temps, et jusque dans les points les plus éloignés du réseau, la pression minimum nécessaire de 30 à 40 mm.

Ces appareils ont donc pour but d'éviter une pression inutilement élevée qui augmenterait l'importance des fuites dans les canalisations.

Il est évident que les chiffres ci-dessus n'ont rien d'absolu et varient d'une ville à l'autre, suivant l'altitude de l'usine, par rapport à son réseau de distribution, à la configuration de ce dernier et au calibre de ses conduites.

L'abaissement du prix de vente du gaz, l'invention du bec Auer et l'emploi de plus en plus répandu du gaz pour la cuisine, le chauffage ou la force motrice, ont donné depuis dix ans un tel développement à la consommation que presque toutes les usines se sont vues obligées de transformer leurs réseaux de distribution ou de les compléter par la pose d'artères principales de gros diamètres. Cette augmentation de consommation a nécessité, en outre, dans un très grand nombre de villes, la création d'usines nouvelles en remplacement de celles devenues insuffisantes et dont la transformation eût été plus onéreuse qu'un déménagement complet.

L'impossibilité d'interrompre un seul jour la fabrication, le manque de place, le coût des terrains voisins, la difficulté d'aménager les installations anciennes avec les perfectionnements modernes, ont obligé le plus souvent à construire de nouvelles usines hors des villes, à proximité de voies ferrées ou de navigation, sur des terrains d'un prix plus abordable, ce qui a du reste permis de revendre à bon prix l'emplacement des usines désaffectées.

Dans bien des cas, enfin, il est plus avantageux de centraliser la production du gaz obtenue jusqu'alors dans deux ou plusieurs usines, pour obtenir une fabrication plus économique à l'aide d'installations mécaniques, suivant les procédés modernes.

Un troisième facteur, qui est venu s'ajouter à ceux que nous venons d'indiquer rapidement, est la difficulté d'établir dans les sous-sols des rues des canalisations nouvelles atteignant fréquemment dans les grandes ville 1 m. à 1m,20 de diamètre ou davantage. Ces sous-sols sont, en effet, de plus en plus encombrés par des égouts, des canalisations

d'eau, des câbles électriques, téléphoniques ou télégraphiques, etc., etc., ainsi que par les branchements, dérivations, chambres, regards, etc., qui en sont le complément indispensable, sans compter l'aire occupée par les voies de tramways à la surface du sol ou par les chemins de fer souterrains.

Dans ces conditions il est, sinon très difficile, du moins très onéreux, de remplacer les anciennes conduites par de nouvelles, surtout de calibres plus forts, et l'on comprend l'importance qu'il y a à éviter parfois ces remplacements.

Tous ces facteurs nouveaux ont donné plus d'importance que par le passé à la question du transport du gaz à distance et aux moyens à employer pour débiter des volumes considérables et les faire parvenir jusque dans les ramifications les plus éloignées des réseaux de distribution. Nous allons examiner les diverses solutions adoptées et leurs applications les plus intéressantes.

On sait que le calcul des canalisations de gaz se fait en général d'après la formule simplifiée

$$h = 2\,\frac{l\,s\,Q^2}{d^5}$$

ou h = la perte de charge ou de pression en millimètres de hauteur d'eau ;
l = la longueur de la conduite en mètres ;
Q = le débit en mètres cubes par heure ;
d = le diamètre de la conduite en centimètres ;
s = le poids spécifique du gaz.

Si l'on admet pour le gaz de houille pur, c'est-à-dire non mélangé de gaz à l'eau, $s = 0{,}42$, la formule ci-dessus se réduit à

$$h = 0{,}84\,\frac{lQ^2}{d^5}$$

$$\text{ou } Q = \sqrt{\frac{d^5 h}{0{,}84\,l}}.$$

En pratique, on emploie pour ces calculs les tableaux graphiques de Monnier.

On voit dans cette formule qu'avec une longueur et un diamètre donnés, il est nécessaire de quadrupler la perte de charge pour doubler le débit.

Il est utile d'éviter ici l'erreur de croire qu'il est possible d'augmenter la puissance de débit d'une conduite de gaz ou d'un réseau en réduisant le volume du dit gaz, pris sous une pression de 100 mm. d'eau par exemple, par une simple compression à 200-300 ou 400 mm. On sait, en effet, qu'une atmosphère représente une colonne d'eau de 10 000 mm. et que le volume d'un gaz sous pression atmosphérique n'est réduit à la moitié, au tiers, au quart, etc., de son volume que par une compression de une, deux, etc.. atmosphères. Une compression aussi élevée entraînerait une dépense exagérée en comparaison du résultat obtenu et des inconvénients d'exploitation de diverses natures. On s'est donc limité jusqu'ici, en pratique, à utiliser une simple augmentation de pression ou surpression au départ, qui permette de consentir à une perte de charge plus élevée par unité de longueur, à laquelle correspond un plus fort débit. Il a même été constaté, par d'intéressants essais, qui viennent d'être faits par M. le directeur Hase[1], sur la conduite Lübeck-Travemünde, que les débits correspondant aux pertes de charge plus élevées, consenties dans les conduites sous haute pression, dépassaient en réalité très sensiblement le débit théorique donné par la formule, bien que celle-ci se fût, à l'essai, vérifiée exacte pour les pertes de charge ordinaires.

Le transport du gaz à distance est réalisé aujourd'hui dans quelques villes d'Europe au moyen de conduites avec une surpression au départ. Cette surpression est obtenue au moyen de ventilateurs ou de compresseurs rotatifs placés directement à l'origine de la conduite d'alimentation. La force motrice nécessaire est fournie, soit par transmission, soit directement par accouplement avec un moteur.

Le réglage de la surpression est obtenu en agissant sur la vitesse du moteur, ou directement ou par le moyen de poulies étagées.

On peut grouper sous les quatre titres suivants les différents cas où la surpression a déjà donné une solution rationnelle des problèmes que les ingénieurs gaziers sont appelés à résoudre, en ce qui touche les réseaux de distribution.

I. — *Alimentation directe d'une ville ou d'un faubourg pour lesquels les conduites ou feeders d'alimentation existants sont devenus insuffisants.*

II. — *Alimentation indirecte d'une ville avec station de gazomètres dès une usine située à distance.*

III. — *Alimentation des communes suburbaines.*

IV. — *Alimentation de plusieurs localités par une usine centrale.*

I. — Alimentation directe d'une ville ou d'un faubourg pour lesquels les conduites maîtresses ou feeders d'alimentation existants sont devenus insuffisants.

Il arrive fréquemment, en effet, qu'une usine à gaz, placée à une certaine distance de son réseau de distribution, soit reliée à celui-ci par une conduite d'alimentation qui devient insuffisante, par suite de l'augmentation de la consommation, pour débiter le volume du gaz nécessaire pendant les heures d'éclairage en hiver. Il peut être remédié à cette situation par l'un ou l'autre des moyens suivants :

a) Surcharger les gazomètres ou télescoper ceux existants pour en augmenter la pression.

b) Remplacer la conduite d'alimentation par des tuyaux de plus gros diamètre ou poser une conduite nouvelle.

c) Construire un gazomètre de secours à l'entrée de la ville.

d) Etablir un compresseur à l'usine pour utiliser les conduites existantes à l'aide de la surpression.

La dernière de ces solutions serait, dans la plupart des cas, non seulement la plus économique et la plus simple, mais aussi la plus rapide et la plus facile à exécuter, sans interrompre ni la fabrication ni l'émission du gaz. Elle se-

[1] Die Ferngasleitung Lübeck-Travemünde, von Direktor Hase. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.* N° 48. 28 nov. 1903.

rait, en effet, certainement moins coûteuse que la pose d'une conduite nouvelle de gros calibre jusqu'à l'entrée en ville. Elle le serait moins aussi que la construction d'un gazomètre de secours placé à l'origine ou sur le réseau de distribution proprement dit. Sans compter que ce gazomètre devant être rempli pendant le jour exigerait une pression inutilement élevée dans tout le réseau, précisément aux heures de moindre consommation, et augmenterait ainsi l'importance des fuites. Il serait, en outre, nécessaire de pouvoir décharger ce gazomètre pendant son remplissage pour le recharger le soir; l'intervention d'un homme serait nécessaire pour ouvrir et fermer l'accès du gaz dans ce réservoir aux heures convenables, d'où complication de service et surcroît de dépenses.

Enfin, la surcharge ou le télescopage du ou des gazomètres de l'usine est ou difficile ou déjà exécuté, et ne suffirait peut-être à améliorer la situation que momentanément et dans une mesure insuffisante pour l'avenir, si la consommation maximum horaire continue à suivre une courbe ascendante.

La surpression nous semble donc se justifier en pareil cas, à moins de circonstances locales tout à fait exceptionnelles.

Nous citerons comme type d'une solution pareille le cas de l'usine à gaz de Metz.

Nous lisons dans l'intéressant travail présenté sur ce sujet, par M. Ad. Bouvier[1], ingénieur du « groupe Vautier », à Lyon, *qu'il s'agissait d'utiliser la conduite maîtresse d'émission existante, de 300 mm. de diamètre et mesurant environ 2000 m. de longueur dès l'usine à l'entrée de la ville, pour débiter un volume de gaz de 1700 m³ à l'heure, qui devait pouvoir atteindre 2200 m³ à l'heure dans les fortes soirées d'hiver.*

L'usine était arrivée à donner jusqu'à 160-180 et même 190 mm. de pression à l'émission, sans suffire aux besoins de la distribution.

Trois solutions successives furent étudiées. Le premier projet consistait à doubler la conduite d'émission ; le devis dépassait 75 000 fr.

Une seconde solution fut envisagée. On pouvait établir près de l'entrée en ville, sur un terrain à acheter ou à prendre en location et à l'abri d'une construction à établir, une station d'aspiration avec ventilateur ou pompe aspirante et moteur à gaz. La dépense était prévue à 30 000 fr. environ, sans les frais de force motrice, surveillance, etc.

C'est alors en 1896-97 que le directeur de l'usine, M. Zollikofer, aujourd'hui directeur des Services du gaz et des eaux de la ville de St-Gall, s'inspirant des applications du transport du gaz sous pression, faites à New-York et à Londres pour alimenter des gazomètres éloignés des usines, proposa l'établissement d'un ventilateur-compresseur à l'usine même et refoulant le gaz directement dans la conduite maîtresse et le réseau. La dépense se monta, en définitive, à 5439 fr. 40, et l'installation exécutée en 1899 donne la plus entière satisfaction.

Le ventilateur, tournant à 4700 tours par minute, comprime le gaz précisément à la pression complémentaire, correspondant à la perte de charge à prévoir pour faire passer le débit indiqué dans la canalisation existante, soit à 400 mm. de colonne d'eau de pression totale, calculée en supposant le poids spécifique du gaz égal à 0,42 fois celui de l'air.

L'entrée du gaz au ventilateur mesure 250 mm. Elle se raccorde, côté amont, avec le collecteur général d'émission, alimenté par les gazomètres. La sortie du ventilateur proprement dit est aussi de 250 mm., elle se raccorde par pièce conique côté aval, avec la conduite d'émission principale de 300 mm. Le moteur à vapeur de 5 HP est vertical, à grande vitesse. Le ventilateur et le moteur ont été fournis par le bureau de Londres de la Compagnie des ventilateurs Sturtevant, de Boston-Mass, qui avait eu l'occasion d'établir des installations analogues aux Etats-Unis, en 1893 déjà, et en Angleterre.

Le réglage du débit du gaz se fait, en pratique, en étranglant plus ou moins son passage par la vanne d'entrée de 250 mm. Ce réglage est facilité par les indications d'un appareil placé à l'usine, qui marque automatiquement et à chaque instant, à l'aide d'une transmission électrique, la pression du gaz obtenue dans un manomètre placé en ville, au bureau de la Compagnie. Les courbes obtenues sur des manomètres enregistreurs, fonctionnant en même temps en des points différents du réseau de distribution, n'accusent aucun trouble de la pression chez les consommateurs pendant que le ventilateur fonctionne, et l'on ne s'aperçoit même pas de la mise en route ou de l'arrêt de ce dernier. Actuellement, ce ventilateur ne fonctionne que pendant les heures de forte consommation, et a débité 2000 m³ à l'heure sans aucune difficulté.

La surveillance de cet appareil est confiée au mécanicien des machines des extracteurs et ne coûte ainsi pas de main-d'œuvre supplémentaire.

Cette solution par surpression et alimentation directe a donc très économiquement rempli toutes les conditions du problème et mérite d'être signalée ; cette installation étant, sauf erreur, l'une des premières de ce type sur le continent.

II. — Alimentation indirecte d'une ville, avec station de gazomètre, dès une usine située à distance.

Dans les grandes villes telles que New-York, Londres, Berlin, par exemple, la production du gaz est concentrée dans quelques usines colossales situées souvent à plusieurs kilomètres du centre de leur réseau de distribution. Il est impossible, dans ces conditions, d'alimenter directement ces derniers sans avoir recours à des stations de gazomètres placés plus à proximité, dans ou autour du périmètre intéressé. Le gaz est refoulé par des conduites spéciales de l'usine centrale à ces stations, d'où il est livré au réseau de distribution sous une pression réduite et réglée, par des

[1] *Ventilateur-compresseur pour gaz à l'émission,* par Ad. Bouvier. Extrait du compte-rendu du XXIXe congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France.

régulateurs, suivant les besoin de la consommation. Ces gazomètres occupent souvent les emplacements d'anciennes usines désaffectées et qui ont été englobés dans la ville.

Pour ne citer que quelques cas, l'usine de la Danzigerstrasse [1], à Berlin, alimente, depuis 1873, une station de gazomètres située à la Stralauerplatz à l'aide d'une conduite de 760 mm. de diamètre, dans laquelle 60 000 m³ de gaz sont refoulés journellement par 3 compresseurs rotatifs.

Depuis 1895, deux canalisations, chacune de 845 mm. de diamètre et de 4,5 km. de longueur, débitent par heure 18 000 m³ de gaz refoulés de l'usine de Schmargendorf, près Berlin, dans les gazomètres de l'Augsburgerstrasse.

De 1890-1895 ces tuyaux avaient, pour des débits moindres, suffi à l'alimentation sans emploi de la surpression.

Enfin il existe une installation de compresseurs à l'usine de Beckton, près Londres, refoulant 85 000 m³ de gaz par heure au moyen de deux conduites de 1m,22 de diamètre chacune, à une distance de 16 kilomètres, dans les gazomètres de Londres.

La pression de refoulement au départ de l'usine varie de 600-1000 mm. de colonne d'eau.

Une installation analogue, à l'usine de Bromley, à Londres, alimente 27 stations de gazomètres et de régulateurs.

Il y a lieu d'ajouter ici qu'exceptionnellement le réseau de distribution est nourri directement par la conduite sous pression à l'aide de régulateurs, mais sans gazomètres.

Une application très intéressante de ce système de transport du gaz à distance est actuellement en création à St-Gall, dans les circonstances suivantes [2].

L'usine à gaz de St-Gall devenant insuffisante et étant dans l'impossiblité de se développer davantage sur l'emplacement qu'elle occupait, les autorités de cette ville étudièrent dès 1899 la création d'une nouvelle usine.

Aucun terrain favorable sous tous les rapports ne s'offrait à proximité, aussi M. Zollikofer, que nous avons déjà cité à propos de l'installation de Metz et qui, entre temps, avait été appelé à St-Gall, ne craignit-il pas de proposer d'élever la nouvelle usine à une beaucoup plus grande distance de la ville, soit à plus de 8 km., près de Rorschach, au bord du lac de Constance. On sait que St-Gall possède déjà depuis 1894, au même endroit, son usine hydraulique, d'où l'eau du lac filtrée est refoulée par des pompes jusqu'au réservoir de la ville, dans une conduite de calibre variant de 325 à 350 mm., et d'une longueur totale de 9774 m.

Cette nouvelle usine à gaz est aujourd'hui près d'être achevée. Son exécution a été prévue en deux ou trois périodes de développement, de chacune 30 000 m³ de production journalière maximum.

L'ancienne usine, située en ville, est réduite à une simple station de gazomètres avec régulateurs de pression pour l'émission dans le réseau actuel.

Cette station de gazomètres sera alimentée par une conduite de 350 mm. de diamètre et de 8300 m. de longueur, dans laquelle le gaz sera refoulé à l'aide de ventilateurs-compresseurs, tout comme à Metz et à Londres, sous une pression au départ qui ne dépassera pas 1250 mm. à la fin de la deuxième période.

Cette pression de 1250 mm. de hauteur d'eau assurera en effet un débit de 2500 m³ de gaz par heure, soit 60 000 m³ par jour, tandis qu'une pression de 290 mm. seulement au départ fournira déjà 1250 m³ par heure, soit 30 000 m³ en 24 heures.

Il faut ajouter que l'usine, placée près du lac de Constance, est 250 m. plus bas que la station de gazomètres de la ville ; il résultera de cette différence d'altitude une augmentation naturelle de pression de 150 mm. de hauteur d'eau, en admettant un poids spécifique du gaz de 0,54 : le poids spécifique a été admis plus élevé que celui du gaz de houille pur, en prévision d'adjonction à ce dernier de gaz à l'eau carburé à l'huile. A l'aide de courbes calculées pour divers calibres de conduite, et pour le débit de 30 000 m³ par 24 heures, M. Zollikofer a déterminé le diamètre économique de la conduite d'alimentation de 8300 m. et a trouvé que celui-ci devait être de 300 mm. pour 30 000 m³ par 24 heures et de 400 mm. pour 60 000 m³. Le calibre intermédiaire de 350 mm. a été choisi. Il a été pris des soins tout spéciaux pour la pose de cette conduite de refoulement, afin d'en assurer l'étanchéité.

Les divers exemples que nous venons de citer dans ce chapitre démontrent encore, nous semble-t-il, les avantages du transport du gaz sous pression dans les cas analogues.

Le choix d'un emplacement d'usine à gaz n'est ainsi plus limité à l'intérieur ou à la proximité immédiate des villes seulement, et il est possible d'établir le centre de production du gaz à plus grande distance des quartiers habités, ce qui pourra être plus avantageux au point de vue de l'hygiène, du prix des terrains, de leur choix, des facilités de raccordement avec les voies ferrées ou de navigation, etc.

III. — Alimentation de communes suburbaines.

Le transport du gaz a permis d'atteindre aussi des communes suburbaines dont la consommation n'eût pas suffi à renter une usine à gaz.

Le prix de revient du mètre cube de gaz fabriqué dans une grande usine, même augmenté du bénéfice et des frais de transport, reste en effet le plus souvent encore au-dessous du prix auquel reviendrait le mètre cube fabriqué en quantité beaucoup moindre dans une petite usine distincte.

Un grand nombre de localités voisines des villes ont en conséquence demandé à se rattacher au réseau du gaz de ces dernières depuis qu'il a été prouvé que celui-ci pouvait être facilement transporté à distance.

Dans les unes, le gaz est livré à un prix de gros à l'entrée de la localité, qui se charge d'établir et d'exploiter elle-même son réseau de distribution.

Dans d'autres, la concession a été accordée à la grande usine, qui prend tous les frais à sa charge et exploite directement.

Quel que soit le régime adopté, la question principale à

[1] Die Versorgung der Städte mit Leuchtgas, von Moritz Niemann.

[2] Hochdruck Speiseleitung der Gaswerke, von H. Zollikofer. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. N° 28. 12 juillet 1902.

résoudre est de savoir quel moyen il faut employer pour le transport du gaz.

Si la commune suburbaine n'est pas trop éloignée, il peut être possible de l'alimenter directement par une conduite branchée sur le réseau principal de distribution ou à l'usine même.

Si la distance est trop grande et le coût de la canalisation trop élevé, il faudra avoir recours, soit au système d'alimentation directe appliqué à Metz et décrit plus haut dans le chapitre I, soit au même système avec station de gazomètres, comme dans le chapitre II, soit enfin au système américain.

Il est nécessaire de dire ici que depuis nombre d'années les Etats-Unis avaient réalisé, bien avant notre continent, le transport du gaz sous des pressions beaucoup plus élevées que celle employée jusqu'ici en Europe. Les Américains ayant eu le privilège de trouver dans leur pays, notamment dans les environ de Pittsbourg, du gaz naturel sous une pression de plusieurs atmosphères, le distribuèrent il y a bien des années déjà, dans des conduites de très petit calibre, jusqu'à des distances considérables.

La pression du gaz est, en pareil cas, réduite avant d'arriver aux compteurs des abonnés par des régulateurs du type Pintch, analogues à ceux employés pour réduire la pression du gaz à l'huile comprimé, utilisé pour l'éclairage des wagons de chemins de fer.

Forts des expériences ainsi acquises, nos collègues d'au delà de l'Atlantique ont déjà comprimé le gaz de houille à des pressions non plus seulement de 600-800 ou 1400 mm. de colonne d'eau, mais de 0,5-1-2 et même 6 ou 7 atmosphères, soit respectivement de 5000-10000 et 20000, etc..., 70 000 mm. de colonne d'eau, et ils distribuent le gaz à des distances de 22 km. dans des conduites de très petit calibre. La distribution du gaz se fait le plus souvent sans gazomètre, directement par des prises faites sur la conduite de haute pression et munies d'un ou de deux régulateurs en série avant chaque abonné ou groupe d'abonnés.

Le volume de gaz comprimé se détend au fur et à mesure de la consommation, et la capacité de la conduite constitue la seule réserve.

Des compresseurs rétablissent la pression initiale lorsque celle-ci a été réduite par le débit des abonnés.

Dans sa communication au Congrès des gaziers, à Paris, en 1900, M. Shelton [1] préconise d'aller au delà des pressions indiquées ci-dessus et assure que la perte de pouvoir éclairant du gaz sous l'effet de la compression est insignifiante, tout au moins au-dessous de 10 atmosphères.

Les gaziers d'Europe ont préféré jusqu'ici ne pas pousser la compression aussi loin et ont donné nettement la préférence au système de distribution avec station de gazomètres alimentée, d'une part, par une conduite sous moyenne pression, et nourrissant, d'autre part, sous pression réduite par un régulateur général, un réseau de distribution secondaire.

Les principales et excellentes raisons qui, de l'avis des gaziers d'Europe [1], justifient le choix de ce dernier système de préférence à celui proposé par M. Shelton sont les suivants :

a) D'éviter de faire débiter à la conduite de refoulement, pendant les heures de forte consommation, un volume horaire qui atteindrait facilement le 15 % et souvent davantage de l'émission journalière ; tandis qu'avec un gazomètre formant réserve, placé à l'extrémité de la conduite, celle-ci n'aura à fournir qu'un débit constant de $\frac{100}{24} =$ 4,2 % seulement de l'émission journalière, au lieu de 15 %. Il sera nécessaire pour cela que la capacité du gazomètre soit au moins le 25-30 % de la consommation journalière maximum. La réduction ainsi obtenue du débit maximum de la conduite sous pression permet, par rapport au système américain, ou d'adopter un diamètre plus petit à pression égale, ou d'éviter une surpression inutile et onéreuse à calibre égal de la conduite.

b) La présence du gazomètre constitue en outre une réserve précieuse, qui assure l'alimentation, même en cas d'arrêt du compresseur, et qui permet soit la réparation de celui-ci, soit surtout l'essai et l'entretien de la conduite sous pression.

c) Enfin, la distribution du gaz dans un réseau à basse pression évite les inconvénients et la dépense des régulateurs spéciaux à haute pression et peut permettre l'utilisation sans modifications d'un réseau secondaire existant. Ajoutons enfin que ces gazomètres, munis de la fermeture automatique Rothenbach, par exemple, n'exigent aucune surveillance.

Les distributions de gaz naturel et de gaz de houille exécutées en Amérique avec de très hautes pressions, présentent néanmoins un très grand intérêt. Elles ont démontré que la compression du gaz peut être poussée beaucoup plus loin que cela n'a été le cas jusqu'ici en Europe, et ce sans inconvénients pour le pouvoir éclairant du gaz, qui n'a été trouvé réduit, paraît-il, que d'une fraction de bougie, même sous une pression de 10 atmosphères.

Le champ nouveau ouvert par la surpression pour la distribution du gaz n'est donc pas borné par d'étroites limites, et l'on verra, sans doute, résoudre par ce moyen des problèmes de plus en plus difficiles.

Il existe cependant en Europe, depuis l'année 1902, un transport de gaz sous pression du système américain avec distribution directe par régulateurs et sans gazomètres. Ce transport [2] étudié et exécuté par M. Eisele, directeur du gaz de la ville de Heidelberg, alimente depuis l'usine de cette ville 4 localités sur les rives du Neckar.

Le gaz est refoulé à l'usine par des compresseurs rotatifs commandés par des moteurs électriques, et ce pendant

[1] Verminderung der Gasverteilungs-Kosten durch Anwendung von Hochdruck, von H. Shelton. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. N° 8. 28 fév. 1901.

[1] Notamment MM. Rothenbach, à Berne, et Hase, à Lübeck.

[2] Die Heidelberger Gasfernversorgung, von Direktor Eisele. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. N° 12. 18 juillet 1903.

les heures de forte consommation seulement, la pression des gazomètres suffisant à assurer le débit pendant le reste de la journée.

La conduite de refoulement successivement de 200-150 et 100 mm. de diamètre a une longueur totale de 6740 m. et comprend des tuyaux en fonte et des tuyaux Mannesmann.

Cette canalisation a été essayée avec de l'air sous une pression de 1 atmosphère, et son étanchéité peut être vérifiée en tout temps à l'aide de compteurs placés sur les bypass des syphons, munis eux-mêmes d'une garde hydraulique élevée, permettant de tronçonner cette conduite pour les essais.

La surpression maximum que peuvent donner les compresseurs est de 1500 mm.

Une installation plus intéressante encore vient d'être achevée, il y a deux mois environ, par M. Hase [1], directeur du gaz de Lübeck, pour le transport du gaz de Lübeck à Travemünde, soit à une distance de 19,5 km., au moyen d'une conduite de 80 mm. de diamètre. Travemünde est une station de bains de mer très fréquentée pendant l'été et dont l'éclairage avait été l'objet de nombreuses études. Après avoir examiné successivement l'installation de l'acétylène, de l'aérogène, de l'électricité, de l'incandescence par l'alcool ou le pétrole, les autorités de cette petite ville s'adressèrent à M. Hase.

Celui-ci, estimant avec raison que le gaz assurerait non seulement l'éclairage, mais serait aussi des plus utiles pour le chauffage et la cuisine, pendant l'été, examina premièrement la création d'une petite usine à gaz. La consommation à attendre ne semblait pas toutefois devoir être suffisante pour renter cette dernière.

M. Hase, tenant compte du fait que, vu l'importance de la fabrication, l'usine à gaz de Lübeck pouvait produire le mètre cube à un prix beaucoup plus réduit que dans une petite usine, étudia alors la possibilité de refouler le gaz de Lübeck à Travemünde. Il arriva à la conclusion que si, d'une part, les frais d'installation du transport étaient plus élevés que la création d'une usine à Travemünde, et ce dans les proportions de 1,5 à 1, d'autre part les frais d'exploitation se trouvaient dans le rapport inverse, soit de 0,35 à 1.

Le transport du gaz promettant ainsi une exploitation plus économique, celui-ci fut décidé, et la préférence donnée au système de surpression au départ de la conduite de refoulement, avec station du gazomètre à l'extrémité et réseau de distribution à basse pression. La présence de ce gazomètre assure une exploitation ininterrompue, et le diamètre choisi pour la conduite évite les frais d'une surpression par trop élevée.

Cette compression est obtenue par un compresseur rotatif mû par un moteur à gaz de 3 chevaux. La vitesse de cet appareil peut, à l'aide de poulies étagées, varier suivant le débit à fournir. Le compresseur s'arrête, en outre, automatiquement par l'augmentation de pression résultant de la fermeture de la vanne d'entrée du gazomètre, lorsque celui-ci est rempli.

La conduite de refoulement est composée de tuyaux à emboîtement Mannesmann de 6 à 9 m. de longueur, soigneusement asphaltés, et entourés de jute. Tous ces tuyaux ont été essayés à 80 atmosphères à la fabrique de Rath, près Düsseldorf. Les joints, faits au plomb, ont 5 cm. de profondeur et ont été soigneusement enduits, à chaud, d'asphalte et de jute après matage.

La conduite de 19500 m. est posée dans une route, à l'exception d'un tronçon placé dans l'infrastructure de la voie du chemin de fer de Lübeck à Travemünde. Cette canalisation peut, au moyen de vannes, être sectionnée en tronçons, pour faciliter la recherche des fuites. Un compteur placé au départ de l'usine permet de vérifier l'étanchéité de la conduite en fermant la vanne d'entrée du gazomètre de Travemünde.

On posa en moyenne 350 m. de tuyaux par jour et chaque tronçon fut essayé avec de l'air, sous une pression de 10 m. de hauteur d'eau (1 atm.), qui, laissée pendant 12 heures consécutives, ne descendit pas au-dessous de $9^m,60$, malgré le refroidissement de la colonne d'air et les condensations inévitables.

La conduite entière remplie de gaz et soumise à une pression de 137 mm. n'indiqua aucune fuite sensible au compteur placé en tête. La surpression maximum prévue en service est de 0,6 atm.

M. Hase a profité de cette occasion pour vérifier, au moyen de cette conduite, la formule usuelle des débits qu'il a trouvée exacte, sous charge ordinaire, pour la perte de pression de 87 mm. entre le départ et l'arrivée. Par contre, avec une pression surélevée, à l'aide du compresseur, à 1500 mm., le débit constaté a été de 73 m^3 par heure, alors que la formule n'indiquait que 55 m^3. Il a été démontré ainsi que le débit réel dépassait de 27 % environ le débit théorique donné par la formule et que, dans le cas particulier, on pouvait facilement faire passer 3000 m^3 par jour avec une pression de 0,6 atm. au départ, ce qui est 10 fois plus qu'il n'est actuellement nécessaire pour Travemünde.

Le gazomètre de cette localité contient 400 m^3 et donne une pression de 50 mm. qui est réglée par un régulateur automatique ordinaire. Ce gazomètre est muni d'un obturateur également automatique, système Rothenbach, qui ferme graduellement l'arrivée du gaz lorsque la cloche est remplie. Le réseau secondaire de distribution ne présente rien d'extraordinaire à mentionner.

Toutes les installations, exécutées pour la plus grande partie par la Berlin-Anhaltische-Maschinenbau-Actiengesellschaft, ont été terminées en moins de trois mois et ouvertes à l'exploitation le 22 septembre dernier. Elles ont donné dès lors entière satisfation.

Il est probable que la pression des gazomètres de Lübeck suffira, pour les premières années au moins, en dehors des heures d'éclairage et évitera ainsi toute dépense de compression.

Un contrat a en outre déjà été passé pour alimenter la bourgade de Schwartau, comptant 2500 habitants, située

[1] Die Ferngasleitung Lübeck-Travemünde, von Direktor Hase. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.* N° 48. 28 novembre 1903.

entre Lübeck et Travemünde, à peu de distance de la conduite.

Tous les frais d'installation de ces transports et distributions du gaz ont été supportés par le Service du gaz de Lübeck, qui a obtenu une concession de 33 ans, et aura l'exploitation de ces réseaux. Le gaz d'éclairage sera vendu 20 pf., celui pour le chauffage et l'éclairage public 15 pf. Le coût de la conduite sous pression s'est élevé à 91 000 Mk., et celui des réseaux secondaires, gazomètres, appareils, etc., à 43 000 Mk., soit au total 134 000 Mk.

Enfin un transport semblable est en exploitation régulière tout près de nous, en Savoie, entre Thonon et Evian, séparées par une distance de 10 km. Les petites usines à gaz, existant de longue date dans ces deux villes, n'avaient atteint ni l'une ni l'autre une consommation qui leur permit de donner des résultats financiers satisfaisants ou de pouvoir abaisser le prix du gaz pour en étendre l'emploi.

Une nouvelle Société a dernièrement racheté ces deux usines et concentré la fabrication dans celle de Thonon seule, qui a été transformée à cet effet. Le gaz nécessaire à Evian y est refoulé, par un compresseur rotatif entraîné par un moteur à gaz, dans une conduite en fonte de 60 mm. de diamètre et de 10 000 m. environ de longueur. L'ancien gazomètre de l'usine d'Evian, utilisé comme réservoir d'extrémité, est muni d'une fermeture automatique. La tuyauterie du compresseur porte un by-pass également automatique, qui a pour effet de laisser le gaz refoulé repasser de nouveau à l'amont du compresseur dès que la pression en aval augmente au delà de la normale, dans la conduite sous pression, ensuite de la fermeture automatique du gazomètre d'Evian. Tout personnel est donc ainsi évité pour la surveillance de ce dernier et du compresseur.

L'usine de Thonon, dont les fours à grilles ont été remplacés par des fours à gazogène, et qui a été complétée par l'installation d'appareils modernes, travaille actuellement dans des conditions beaucoup plus économiques que ne le faisaient autrefois chacune des deux petites usines. Sa fabrication a déjà dépassé de beaucoup la somme des productions des deux anciennes usines grâce à l'extension considérable donnée à l'emploi du gaz par un rabais du prix de vente, des facilités d'appareillage, ainsi que par les améliorations réalisées dans sa livraison.

Le réseau de distribution de Thonon est alimenté directement par les gazomètres de son usine et la conduite de refoulement pour Evian en est entièrement distincte.

Il y a lieu de remarquer que l'exploitation de cette usine commune se trouve dans des conditions favorables par le fait que la consommation du gaz atteint son maximum à Evian, en été, pendant la saison des étrangers, et à Thonon en hiver.

Toute cette installation a été exécutée par MM. Rothenbach, ingénieurs, à Berne, qui sont aussi les inventeurs de la fermeture automatique du gazomètre d'extrémité à Travemünde et à Evian.

IV. — Alimentation de plusieurs localités par une usine centrale.

L'alimentation de gaz de plusieurs bourgades du bas Rheinthal par une usine centrale créée à St-Margrethen et ouverte à l'exploitation dans l'été 1902 est certainement l'application du transport du gaz la plus intéressante qui existe à ce jour [1].

Il s'agissait de fournir du gaz à un certain nombre de communes industrielles de la vallée du Rhin immédiatement en amont du lac de Constance, communes dont la population varie entre 1100 et 3500 habitants chacune.

Neuf localités sont déjà desservies et quelques petites villes en territoire autrichien, sur la rive droite du Rhin, le seront sans doute plus tard ; la population à alimenter de gaz atteindra alors de 40 000 à 50 000 habitants.

MM. Rothenbach, les habiles ingénieurs que nous avons déjà cités à diverses reprises comme ayant acquis une véritable spécialité dans les questions de transport du gaz, n'ont pas hésité à alimenter toutes ces communes par une seule usine centrale, d'où le gaz est refoulé par des conduites sous haute pression dans des gazomètres établis aux centres de distribution auxquels aboutissent des réseaux secondaires à basse pression.

L'usine a été prévue pour une production de 4 000 000 mètres cubes par an, c'est-à-dire une production analogue à celle de la ville de Lausanne ; la consommation maximum annuelle ayant été évaluée à 75 m³ par habitant, 50 000 habitants $\times$ 75 m³ = 3 750 000 m³, soit en chiffre rond 4 000 000 m³.

Si l'on admet que la consommation journalière maximum soit le 5 % de la consommation annuelle, on trouve que la première sera au maximum de 20 000 m³ par jour. L'usine a été en conséquence construite pour une première période allant jusqu'à 10 000 m³ de production journalière et prévue pour être doublée plus tard.

Sans entrer dans une description détaillée de cette usine de St-Margrethen, disons seulement que les fours sont à cornues inclinées, avec gazogène intérieur, et que toutes les manutentions du charbon et du coke sont mécaniques et n'exigent ainsi qu'un personnel des plus restreint. A la sortie des fours, le gaz traverse les réfrigérants, l'extracteur, le Pelouze, puis un laveur du type rotatif, dans lequel la naphtaline du gaz est absorbée par de l'huile d'anthracène, suivant le système du Dr Bueb. Il est en effet prudent de débarrasser complètement le gaz de ce parasite très gênant, surtout avec l'emploi de conduites de petits calibres.

Un laveur Standard, des épurateurs et un compteur de fabrication complètent la série des appareils.

Le gazomètre cube 3000 m³ et est télescopé à 2 levées. Il est calculé pour donner une pression de 290 mm. de colonne d'eau qui, ainsi que nous le verrons plus loin, suffit pour le moment à l'alimentation du réseau primaire et des gazomètres d'extrémité sans emploi du compresseur.

[1] Les renseignements relatifs à cette installation nous ont été aimablement fournis par MM. Rothenbach, ingénieurs, à Berne.

Ce gazomètre alimente, sous une pression réduite par un régulateur, un petit réseau de distribution pour la localité de St-Margrethen.

Deux conduites principales partent en outre de l'usine, l'une de 100 mm. se dirigeant au Nord vers Rheineck, Thal et Staad, avec un gazomètre de 500 m³ entre ces deux premières villes. L'autre, de 125 et 100 mm., allant au Sud-Ouest alimenter un gazomètre de 500 m³ situé entre Au et Berneck et un gazomètre de 800 m³ entre Rebstein et Marbach.

MM. Rothenbach ont nettement donné leur préférence à ce système plutôt qu'à l'américain, et ce pour les raisons de sécurité d'exploitation et d'économie que nous avons indiquées dans le chapitre III.

La capacité des gazomètres est égale au 25 % de l'émission journalière maximum prévue pour le périmètre qu'ils alimentent. Les communes ont cédé gratuitement le terrain nécessaire à ces réservoirs, dont le nombre pourra d'ailleurs être augmenté, si le besoin s'en fait sentir.

Ces gazomètres sont munis d'une fermeture automatique, composée d'un obturateur conique placé à l'intérieur de la cloche, dans le tuyau d'arrivée du gaz, dont l'extrémité forme siège de soupape. Le cône est suspendu, par l'intermédiaire d'un ressort, à une traverse guidée, munie d'orifices où passent deux câbles fixés à la cloche et terminés par des contrepoids.

Lorsque la cloche arrive au haut de sa course, les contrepoids sont arrêtés par la traverse, qu'ils entraînent dans leur mouvement ascensionnel, appliquant le cône-soupape sur son siège et fermant ainsi l'entrée du gaz.

Le ressort entre la traverse et l'obturateur a pour but d'adoucir la fermeture et de permettre à la cloche de s'élever encore quelque peu lorsque le gaz qu'elle contient se dilate sous l'effet de la chaleur.

Aussitôt que la consommation fait baisser la cloche, l'obturateur n'étant plus appliqué contre son siège descend par son poids et rouvre l'arrivée du gaz.

Cet appareil est, on le voit, d'un fonctionnement absolument automatique, en même temps que d'une construction très robuste ; il est à l'abri du gel et n'exige que peu ou pas d'entretien.

Le réseau sous haute pression est en tuyaux en fonte essayés à la fonderie à 12 atm., avec joints en plomb. La pose en a été faite avec soin, et l'étanchéité contrôlée par des essais sous une pression de deux atmosphères.

La pression de 290 mm. du gazomètre de l'usine de St-Margrethen suffit, pour les débits actuels, à fournir le gaz nécessaire dans les gazomètres secondaires qui donnent une pression de 80 mm. seulement.

Les compresseurs, au nombre de 2, du type rotatif (Kapselradgebläse) ne seront utilisés qu'au fur et à mesure de l'augmentation de la consommation, et pourront débiter au maximum 20 000 m³ avec une surpression au départ de 0,6 atm.

Un by-pass automatique, placé entre l'entrée et la sortie des compresseurs, écarte toute possibilité de compression exagérée et inutile au moment où les gazomètres secondaires se trouvent fermés, étant pleins. Cet appareil se compose d'un cylindre vertical fermé, portant à sa partie supérieure deux tuyauteries, l'une en communication avec le côté amont des compresseurs et l'autre descendant jusque près du fond inférieur du dit cylindre et communiquant avec le côté aval ou du refoulement. Cet appareil est rempli d'eau ou d'huile jusqu'à la hauteur convenable, qui peut être réglée à volonté en enlevant ou en ajoutant du liquide.

Aussitôt que la pression de refoulement devient exagérée et dépasse la hauteur de la garde hydraulique, le gaz refoulé traverse le liquide et revient à l'amont du compresseur, dont l'effet se trouve ainsi limité.

L'installation du Rheinthal n'a donné lieu jusqu'ici à aucun mécompte, et nous croyons savoir que de nouveaux projets sont déjà à l'étude pour des distributions analogues.

* * *

Nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé le sujet du transport du gaz à distance, mais avons simplement essayé de résumer les principales applications existant à ce jour en Europe, grâce aux précieux renseignements fournis par les auteurs de ces installations et par leurs intéressantes publications.

Nous tenons, en terminant, à relever l'analogie frappante qui existe entre les moyens employés pour le transport du gaz à distance et sa distribution, et ceux utilisés pour le transport et la distribution du courant électrique.

Au système pour courant alternatif, avec ligne à haute tension et transformateurs, correspond le système américain avec conduite de gaz comprimé et régulateurs de pression, et au transport pour courant continu, avec feeder survolté et batterie d'accumulateurs, le gaz oppose le système avec surpression au départ et station de gazomètre.

Le gaz peut donc, aujourd'hui, étendre son développement et ses avantages pour l'éclairage, le chauffage et la force motrice, non plus seulement aux villes et à leurs faubourgs, mais encore aux bourgades et villages loin dans les campagnes.

Divers.

Cinquantenaire de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

(Suite)[1].

Banquet officiel.

Conformément au programme, le banquet réunit au Casino-Théâtre, à 1 heure après midi, invités, anciens élèves et étudiants actuels.

Au dessert, M. Palaz, directeur de l'Ecole d'Ingénieurs, après avoir souhaité la bienvenue aux représentants des autorités cantonales et communales, à ceux de l'Ecole polytechnique fédérale, des Universités et des Sociétés techniques suisses, ainsi qu'aux délégués de la Société vaudoise des Sciences naturelles

[1] Voir N° du 25 décembre 1903, page 390.