

Congrès du méthane

tenu à Padoue les 14, 15 et 16 juin 1949.

Compte rendu de l'INICAR
d'après les notes de l'Ingénieur Giovanni COPPA ZUCCARI
et la revue « La Rivista dei Combustibili ».

AVANT-PROPOS

Les premiers captages de grisou entrepris dans les charbonnages belges montrent qu'une nouvelle richesse peut être mise à la disposition de l'économie nationale.

La question de la valorisation du méthane se trouve donc posée en Belgique.

Du point de vue chimique, on connaît le prodigieux développement auquel a donné lieu l'utilisation systématique du méthane dans l'industrie allemande. Les transformations primaires du méthane y ont donné naissance à un certain nombre d'industries de base fournissant l'hydrogène, des mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène, l'acétylène, l'éthylène, le formol, l'acide cyanhydrique et toute la gamme des dérivés halogénés du méthane. Ces matières premières de choix, toutes obtenues à partir du méthane, dans des conditions souvent très avantageuses, ont favorisé l'essor de nombreuses fabrications nouvelles. L'exemple allemand ne peut donc manquer de frapper l'imagination et suscitera sans doute des initiatives de l'industrie belge.

Il y a lieu toutefois de faire remarquer que, dans une économie libre, divers motifs freinent l'évolution possible. Ce sont, entre autres, l'importance des immobilisations actuelles et des capitaux à engager, de même que la nécessité d'opérer des regroupements dans des complexes industriels utilisant au mieux toutes les possibilités des nouvelles fabrications de base. Non moins déterminant sera sans doute le souci de juger préalablement du caractère de permanence des débits de méthane. Du point de vue chimique, aucune évolution rapide ne semble donc être possible ou même souhaitable.

Par contre, on peut envisager des réalisations immédiates ne demandant que des immobilisations nouvelles très limitées. C'est ainsi que le méthane, gaz de pouvoir calorifique très élevé, pourra fournir un appoint sérieux à l'industrie gazière et redresser la situation défavorable actuelle, causée par l'accumulation des stocks de coke en Belgique.

Pays pauvre en combustibles solides et carburants, l'Italie a porté de longue date son attention sur la distribution et l'utilisation de ses ressources en gaz naturels; elle possède, de ce fait, une expérience qui ne peut être ignorée. Au VI^{me} Congrès du Méthane, qui a eu lieu à Padoue en juin 1949, de nombreuses communications ont été présentées par les meilleurs spécialistes italiens. Il nous a paru nécessaire d'en faire connaître l'essentiel aux lecteurs des « Annales des Mines » au moment où la Belgique doit envisager, elle aussi, l'utilisation d'importantes quantités de méthane.

L. C

I. — L'emploi du méthane pour l'auto-traction sur rails.

Dès novembre 1941, les chemins de fer italiens ont commencé à utiliser le méthane comme carburant pour les automotrices thermiques. Le gaz est contenu dans des cylindres de 60 litres de capacité et chargés à froid sous la pression de 180 kg/cm². Les différents types d'automotrices sont pourvus de 17, 18 ou 22 cylindres, interconnectés et logés en dessous du plancher. Ceci, selon la puissance des moteurs et le système d'alimentation adopté, donne une autonomie allant de 280 à 500 km. Le réapprovisionnement se fait à des réservoirs contenant le gaz sous une pression comprise entre 200 et 300 kg/cm².

Le premier moteur adapté pour l'alimentation au

méthane a été le moteur à explosion Fiat 255 développant 120 HP au régime de 2.000 tours/minute avec l'alimentation à l'essence. Dans le cas de l'alimentation au méthane, toujours au régime de 2.000 tours/minute, la puissance s'est élevée à 127 HP. La consommation d'essence, qui était de 300 g par HP/heure à 2.000 tours et de 280 g à 1.200 tours, descendit, avec le méthane, respectivement à 290 et 255 g. La tenue de bas régime, avec le méthane, est parfaite, la reprise également très bonne et puisque la combustion du mélange air-méthane est complète, nulle trace de dépôts charbonneux ne se manifeste.

Un autre type de moteur à explosion qui a été transformé pour l'alimentation au méthane est le moteur 235A Fiat d'une puissance de 75 HP à

2.000 tours/minute. La puissance, à 2.000 tours, s'est élevée à 80 HP. Les avantages et l'économie de carburant sont les mêmes que dans le moteur précédent.

La transformation de moteurs Diesel à mazout a été ensuite envisagée pour une alimentation mixte méthane-mazout. Il a été constaté par exemple que le moteur Fiat 355c à 6 cylindres, de 8.355 cm³ de cylindrée, sans pré-chambre de combustion, avec un rapport de compression de 1:16, alimenté par le mazout, fournit une puissance de 79-80 HP à 1.700 tours/minute, avec une consommation de 214 g par HP/heure. Adapté pour l'alimentation au mazout-méthane, il fournit, avec un fonctionnement parfait, une puissance de 100-102 HP au même régime, consommant 37 g de mazout et 125 g de méthane par HP/heure. Il est important d'avoir des pulvérisateurs de qualité supérieure. Si on veut revenir à l'alimentation au seul mazout, l'opération est aisée et n'exige que quelques minutes.

On a adapté également pour l'alimentation mixte deux autres types de moteurs Diesel sans pré-chambre de combustion. Le premier, l'O.M. du type B.U.D., à 6 cylindres, avec une cylindrée de 11.540 cm³, rapport de compression 1:15,8, alimenté au mazout, développe 128 HP à 1.600 tours/minute avec un rendement de 31 %. Par l'alimentation au mazout-méthane et en laissant inaltéré le rapport de compression, le moteur développe 140 HP avec un rendement de 33-34 %. Si on réduit le rapport de compression à 1:13,6, le rendement par l'alimentation au mazout seul tombe de 31 à 28 %, tandis que par l'alimentation au mazout-méthane le rendement s'élève de 33-34 % à 36-37% et le moteur développe, avec une marche régulière et tranquille, 145 HP à 1.610 tours/min. Le second moteur expérimenté, OM du type BXD, d'une puissance de 150 HP à 1.600 tours, a eu, par l'alimentation mixte, un comportement tout à fait semblable à celui du BUD.

Le seul moteur avec une pré-chambre de combustion qui a été expérimenté au mélange mazout-méthane est le moteur Fiat 356 à six cylindres, de 9.972 cm³ de cylindrée. Par l'alimentation au mazout seul, il développe une puissance de 115 HP au régime de 1.800 tours/min. Ce moteur s'est révélé peu indiqué pour l'alimentation mixte, celle-ci exigeant des modifications incompatibles avec les caractéristiques fondamentales du moteur.

On peut donc conclure que l'alimentation au mazout-méthane de moteurs Diesel normaux, sans pré-chambre de combustion, donne de brillants résultats.

En ce qui concerne le pourcentage de mazout dans le mélange, celui-ci peut être fixé de 10 à 25 % de la consommation à l'alimentation au mazout seul. Il est désirable que le rapport de compression ne soit pas trop élevé, soit 1:15 et même moins.

Le moteur Diesel 355 c Fiat a aussi été adapté pour le fonctionnement au seul gaz. Il réalise ainsi un véritable cycle à explosion si, en abaissant le rapport de compression de 1:15 à 1:9, on remplace le groupe injecteur par un groupe d'allumage et

applique sur le collecteur d'aspiration un mélangeur à gaz avec une soupape à piston à la conduite d'admission du méthane. La puissance fournie dans ces conditions est supérieure de 10 à 12 HP à celle obtenue normalement par l'alimentation au mazout (80 HP); la consommation par HP/heure s'est révélée plutôt élevée. Au total, le fonctionnement de ce moteur à méthane est satisfaisant.

Le réseau parcouru par les automotrices à méthane italiennes est très étendu. Partant de Mantoue et de Vérone, les voitures poussent jusqu'à Milan, Padoue, Vicence, Ostiglia, Rovigo et Chioggia, avec un parcours global dépassant 8.000 km par jour. Depuis 1941 jusque mars 1949, 6.200.000 m³ de gaz ont été consommés par les automotrices; si on y ajoute la consommation des autres véhicules de l'Administration (auto-rails, tracteurs, camions, etc.) le total s'élève à 7.800.000 m³. Dans les derniers mois, la quantité de méthane utilisée par l'Administration des chemins de fer s'approche de 5.500 m³ par jour et atteindra à bref délai 7.000 m³ environ. Cinquante automotrices méthanisées, quatre automotrices-réservoirs et deux wagons-réservoirs sont actuellement en service.

Il avait été projeté d'étendre en 1944 le service des automotrices à méthane à la ligne Foligno-Aquila-Sulmona-Caianello, dans l'Italie centrale, aux lignes de la Romagne et de la Vénétie. La création à Rovigo d'un poste de liquéfaction du méthane avait également été décidée. Celui-ci, prévu pour une production de 4.000 m³/jour, aurait dû fournir 2.000 m³ pendant la période de mise en marche; ces projets ont été bouleversés par les derniers événements de la guerre et la destruction presque totale du parc des automotrices.

Bien que les carburants liquides soient payés par les administrations de l'Etat à un prix beaucoup inférieur à celui du marché, l'utilisation du méthane se révèle plus économique. Les frais d'entretien et de réparation des moteurs sont également inférieurs. Il y a lieu cependant de signaler que le méthane utilisé par les chemins de fer est tiré de puits situés près de Rovigo et exploités directement par l'Administration; il revient donc à un prix sensiblement inférieur à celui fixé par l'« Ente Nazionale Metano » pour les particuliers.

Les données ci-dessus sont empruntées à la communication présentée par l'Ingénieur Amedeo Cuttica, chef de Service Matériel et Traction des Chemins de fer italiens. La source est donc particulièrement autorisée.

II. — L'utilisation du méthane dans les tracteurs agricoles.

Les difficultés qui s'opposaient, encore récemment, à une ample utilisation du méthane dans les véhicules automobiles résultaient de l'insuffisance du gaz disponible et des difficultés de ravitaillement, qui devait se faire par des cylindres de poids et d'encombrement prohibitifs.

Mais dans les derniers temps, la production du méthane a pris un essor considérable et toujours croissant; 700.000 m³ de gaz sont produits actuel-

lement par jour et les recherches de nouveaux gisements sont poussées activement partout. On estime que l'aire actuellement utilisée pour l'extraction du méthane est à peine un cinquantième de celle qui pourrait être exploitée, et il semble qu'il soit possible d'arriver bientôt à une production de plus d'un million de m³ par jour, pour atteindre 6 à 7 millions d'ici quelques années. Les puits se multiplient partout dans l'Italie du Nord et un réseau de pipelines, partant de la zone de Lodi et du delta du Pô, apporte le précieux gaz à Milan, Bergame, Venise, et s'étend avec ses embranchements dans presque toute la Lombardie, l'Emilie, la Vénétie, où existent déjà ou sont en cours de construction des centrales de recompression et des stations de ravitaillement dans les localités principales.

La distribution du méthane se généralise donc dans ces régions qui sont précisément celles où il y a le plus grand nombre de tracteurs agricoles (1).

Quant au poids des cylindres, qui est généralement un inconvénient, il peut être exploité dans les tracteurs agricoles en s'en servant à la place du lest nécessaire pour augmenter l'adhérence au sol.

Si, aux indéniables avantages techniques et économiques de l'emploi du méthane dans les véhicules automobiles en général, on ajoute le fait de l'existence d'une distribution facile dans les régions d'emploi intense de tracteurs agricoles, on peut prévoir le développement prochain de l'utilisation, déjà expérimentée, du méthane.

L'adaptation des moteurs à essence à l'alimentation au méthane est assez simple. Il en résulte des avantages notables.

On obtient avant tout un rendement plus élevé. Dans une épreuve comparative de la consommation de l'essence et du méthane sur une voiture Fiat 508 Balilla, des résultats de 44 % dans le bilan thermique et de plus de 60 % dans le bilan économique ont été enregistrés en faveur du méthane. Une voiture Alfa-Roméo 6 cylindres, 2.500 tours, a donné sensiblement les mêmes résultats. Dans un mémoire à ce sujet, le professeur Ferretti, quoique moins optimiste, envisage lui aussi favorablement l'emploi du méthane : il considère possible une économie de 20 % dans le bilan thermique.

D'autres avantages sont : une légère augmentation de la puissance du moteur, une diminution des imbrûlés, un meilleur fonctionnement avec les charges réduites (cas des tracteurs agricoles), un meilleur fonctionnement de la lubrification.

L'existence en Italie d'un grand nombre de tracteurs agricoles pourvus de moteur à pétrole a posé le problème de leur transformation en vue de l'alimentation au méthane. Les avantages observés sont encore plus marqués, car on peut augmenter davantage le rapport de compression et partant réduire la consommation du combustible; de même on peut

obtenir une plus grande exaltation du rendement volumétrique et par conséquent une puissance plus élevée. Dans une épreuve pratique, une augmentation du rendement de 15 % et une économie de 35 % ont été constatées.

Néanmoins, la tendance moderne est à l'adoption de moteurs Diesel pour les tracteurs agricoles. La transformation de ces moteurs pour l'alimentation au méthane peut se faire suivant deux systèmes, selon le type d'allumage :

- 1) avec allumage du mélange air-méthane par l'étincelle électrique;
- 2) avec allumage du mélange air-méthane par une petite injection pilote de gas-oil avant la fin de la phase de compression.

Dans le premier cas, les modifications à apporter sont les suivantes :

- 1) réduction du rapport de compression de 16-18 à 8-9 par le remplacement des pistons;
- 2) suppression, s'il y a lieu, de la pré-chambre de combustion;
- 3) remplacement de l'injecteur et de la pompe par le dispositif d'allumage électrique;
- 4) adoption du mélangeur air-méthane;
- 5) adoption d'un détendeur.

Il en résulte une puissance plus élevée et tous les avantages déjà cités à propos des moteurs à essence et au pétrole. L'Alfa-Roméo a ainsi transformé deux de ses types de moteurs Diesel : sur un parcours de 100 km, elle a constaté une consommation de 52 litres de gas-oil avec le moteur normal et de 50 m³ de méthane avec le moteur transformé.

Dans le second cas, le rapport initial de compression peut subsister et moins de modifications sont à apporter au moteur. Les autres avantages de la transformation sont identiques à ceux du cas précédent.

Le bilan économique comparatif entre le fonctionnement du moteur Diesel normal et le moteur à alimentation à méthane dans les deux systèmes, est le suivant :

Diesel normal	10,30 liras par HP/heure
Diesel à méthane avec allumage électrique	7,80 liras par HP/heure (économie de 25 % env.)

Diesel à méthane avec allumage à injection de gas-oil	7,90 liras par HP/heure (économie de 24 % env.)
---	--

On pourrait aussi réaliser un moteur avec aspiration d'air pur et injection de méthane au début de la phase de compression. Ce dispositif, compte tenu du rendement volumétrique plus élevé, augmenterait la puissance du moteur d'à peu près 1/10; toutefois le mélange air-méthane serait moins parfait.

Ces données sont extraites de la communication de l'ingénieur Ettore Pietrabissa. Celui-ci préconise la construction de moteurs expressément projetée pour l'alimentation au gaz naturel.

III. — Le méthane dans les turbines à gaz.

La communication de l'ingénieur Gino Minucci, Directeur Technique de la Société Hydrocarbures

(1) Des statistiques officielles annoncent qu'au 31 octobre 1948, sur 53.700 tracteurs existant en Italie, non moins de 34.200, c'est-à-dire 64 %, étaient répartis dans les zones suivantes :

12.446 dans la Vénétie;
10.567 dans la Lombardie;
11.187 dans l'Emilie.

Nationaux, traite de l'emploi du méthane dans les turbines à gaz.

Dans la turbine à gaz, l'énergie calorifique produite par une source déterminée est transformée directement en énergie mécanique. L'installation qui réalise cette transformation est constituée essentiellement d'un compresseur, d'une chambre de combustion et d'une turbine. La différence entre l'énergie absorbée par le compresseur et celle développée par la turbine donne l'énergie mécanique utile.

Il y a lieu de distinguer les turbines à gaz à cycle ouvert de celles à cycle fermé, selon que les gaz d'échappement de la turbine se dispersent librement dans l'air ou sont repris et ramenés au compresseur.

Dans les installations de turbines à gaz, le méthane peut être employé comme combustible, soit dans les chambres de combustion, en cycle ouvert, soit dans les réchauffeurs, en cycle fermé.

Dans les turbines à cycle ouvert, le méthane est un combustible idéal car la combustion est parfaite et ne laisse aucune trace de scories ou d'impuretés; il permet d'obtenir un mélange gazeux à haute température qui ne cause pas d'usure aux organes intérieurs de la turbine et réduit au minimum les frais d'entretien. Il est donc à préférer au gaz de distillation.

Par suite de leur simplicité, les installations à cycle ouvert sont largement employées dans les locomotives, sur les navires et dans les groupes électrogènes mobiles. Par contre, les turbines à cycle fermé sont spécialement désignées pour les installations fixes où la grande puissance et surtout le rendement élevé intéressent le plus.

Mais, dans les installations mobiles l'emmagasinage et le réapprovisionnement en gaz naturels représentent une difficulté. Par contre, les gaz naturels peuvent être utilisés avantageusement dans les petites installations à cycle ouvert pour la production d'énergie électrique à proximité des puits d'extraction ou des pipelines; il en est de même dans le cas d'établissements industriels utilisant, pour leur genre de travail, les gaz chauds d'échappement ou ayant besoin simultanément d'énergie mécanique, de vapeur, d'air comprimé et d'énergie électrique.

Les installations à cycle ouvert présentent les avantages suivants: simplicité de construction, fonctionnement sûr, rendement thermique de 20 à 30 %, encombrement minime, nécessité d'eau très réduite, absence de vibrations (différence avec les moteurs Diesel), lubrification peu abondante, mise en marche facile et rapide, réglage prompt et combustion parfaite.

Les installations construites par la firme américaine Allis Chalmers, donnent un rendement thermique de 22-23 % pour une température du cycle de 565° C. En élevant la température à 705° C le rendement atteint 31 %, mais les frais d'installation augmentent considérablement. Les appareils construits par la firme Elliot (groupes pour la marine) fonctionnent avec un rendement thermique de 29 % pour une température de 650° C.

Naturellement, il y a lieu de tenir compte du prix du méthane. L'ingénieur Minucci estime que, pour des puissances comprises entre 2.000 et 10.000 kW, l'emploi du méthane permet la production d'énergie électrique à un prix inférieur à celui qui résulterait de l'emploi d'un groupe électrogène Diesel ou à vapeur, sous réserve toutefois que les calories méthane soient disponibles à un prix ne dépassant pas de 20 % celui des autres combustibles. Dans ce cas, l'avantage n'est pas seulement économique mais technique, car il y a lieu de tenir compte de la réduction de l'usure de la turbine, de la plus grande sécurité de fonctionnement et de l'économie sur les frais d'entretien.

Pour des puissances supérieures à 10.000 kW, les installations à cycle fermé s'imposent normalement, afin d'élever le rendement. On peut utiliser des combustibles liquides médiocres, tels que la houille (1), des gaz provenant d'installations de gazéification souterraine (lignites, tourbes) ou de gazogènes sous pression, gaz de hauts-fourneaux, etc. L'emploi du méthane dans ces cas n'est pas à conseiller, à moins que son prix, comparativement à celui des autres combustibles, ne donne la possibilité d'un avantage économique.

* * *

Dans une autre communication, l'ingénieur Mario Medici, Directeur de l'Institut de Mécanique de l'Université de Padoue, envisage la possibilité de l'emploi du méthane dans les turbines à gaz. Il parvient à peu près aux mêmes conclusions que l'ingénieur Minucci. L'ingénieur Medici, lui aussi, préconise la limitation de l'emploi du gaz naturel aux seules installations à cycle ouvert et à celles dont la puissance utile ne dépasse pas 10.000 kW.

IV. — Utilisation du méthane pour la production de la vapeur dans l'industrie.

Les notes ci-dessous résument la communication présentée par l'ingénieur Gerardo D'Ambrosio, Directeur de l'Etablissement Cisa-Viscosa de Padoue.

Le méthane est le meilleur combustible pour les chaudières à vapeur. Il ne donne ni scories ni dépôts charbonneux ni fumée et son admission est facilement réglable par une simple soupape. Il constitue donc le combustible idéal dans une centrale thermique à vapeur. Cependant quelques précautions sont nécessaires pour obtenir une combustion parfaite; en outre, le méthane présente quelques inconvénients.

L'ingénieur D'Ambrosio a pu observer pendant deux ans le fonctionnement d'une centrale alimentée par le méthane. Il a constaté ce qui suit :

- 1) Une réduction sensible de l'excès d'air nécessaire pour obtenir la combustion complète du combustible. Avec le méthane, des excès d'air de 1,12 à 1,18 suffisent. Il en résulte un rendement plus élevé, celui-ci pouvant être augmenté de 3-4 points par rapport à la com-

(1) Nous supposons que l'ingénieur Minucci fait ici allusion aux dissolutions ou aux suspensions colloïdales de houilles (L.C.).

- bustion du mazout et de 4-5 par rapport à celle de la houille;
- 2) La diminution de la quantité de l'air permet de réduire proportionnellement les dimensions des appareils d'aspiration et de ventilation; il en résulte une économie de consommation d'énergie;
 - 3) La transmission thermique dans la chambre de combustion est beaucoup meilleure. Ceci présente un avantage du point de vue de l'utilisation de la chaleur, mais provoque une diminution de la température de la vapeur surchauffée; cet inconvénient est sérieux si la vapeur est produite en vue de son utilisation dans une turbine;
 - 4) Le réglage du débit du combustible est plus aisé et rapide;
 - 5) Il y a lieu de prendre des précautions contre le danger d'explosion: des mélanges détonants peuvent en effet se former, par exemple, dans le cas de l'extinction du brûleur;
 - 6) D'autres précautions supplémentaires doivent être prises afin de parer à une interruption du courant électrique. Celle-ci provoque l'arrêt de la pompe d'alimentation et du ventilateur d'évacuation, alors que le flux du méthane et de l'air dans le brûleur persiste. Les flammes sortent des ouvertures du foyer et peuvent brûler le personnel de surveillance;
 - 7) Les analyseurs électriques de gaz de combustion, du type Siemens, usuellement employés, ne conviennent pas pour la combustion du méthane. Ils sont fortement influencés par des traces, mêmes minimes, d'hydrogène que la combustion du méthane peut produire si elle n'est pas bien réglée. Il y a donc lieu d'employer des analyseurs d'un type différent, basés sur des réactions chimiques par exemple;
 - 8) Les surfaces métalliques de la chaudière et de l'économiseur restent très propres et demandent des nettoyages peu fréquents. Le rendement de la chaudière se maintient donc constant, à l'encontre de ce qui se produit par l'utilisation du mazout ou de la houille qui donne des dépôts de suie;
 - 9) Un autre avantage du méthane est le suivant: son emploi n'oblige pas à la constitution de stocks pays d'avance et susceptibles de se détériorer. Par contre, des interruptions brusques de fourniture sont possibles, suite aux avaries des conduites, grèves d'ouvriers et autres incidents. En fin de compte, par mesure de précaution, il y a lieu de prévoir une installation de réserve au mazout ou à la houille.

V. — Utilisation du méthane dans les installations métallurgiques de Dalmine.

Une communication à ce sujet a été présentée par l'ingénieur G. Pavoni, de la Société Dalmine. Dès l'achèvement du pipeline Caviaga-Dalmine-

Bergame, la Société Dalmine qui avait préalablement étudié et réalisé la transformation de ses installations, expérimenta immédiatement l'utilisation du méthane dans un four Martin-Siemens. Les résultats ont été satisfaisants.

A Dalmine actuellement, le méthane remplace le gaz de gazogène ou le mazout aux fours Martin-Siemens, le gaz de gazogène aux fours de chauffage pour laminoirs et mandrins, et le mazout dans les fours pour le chauffage des tubes. Ces installations consomment environ 120.000 m³ de gaz par jour.

Le méthane arrive à Dalmine sous la pression maximum de 50 atm. Après filtration et chauffage préalable, il est détendu dans une centrale à la pression de 4 atm, mesuré et distribué. La répartition est faite par deux conduites aboutissant, l'une à l'aciérie, l'autre aux laminoirs, aux ajustages et à tous les finissages.

Le travail au four Martin s'effectue normalement: la combustion est bonne et l'absence de soufre est favorable. Les manœuvres d'allumage et d'extinction sont devenues plus simples et plus faciles. On remédie à l'absence d'hydrocarbures supérieurs par l'addition de mazout, qui allonge la flamme. Dans les ateliers des laminoirs, l'absence d'hydrocarbures supérieurs a été moins ressentie. Les fours ont légèrement augmenté leur production horaire. Le fonctionnement de l'installation transformée pour l'emploi du méthane est très souple et le personnel s'y est vite accoutumé.

VI. — Le méthane comme source thermique industrielle.

Ce sujet a été traité par l'ingénieur Mario Zancano.

Le méthane pur est un gaz inodore et incolore ayant à 0° C, les caractéristiques suivantes:

Poids spécifique	0,715 kg/m ³
Volume spécifique	1,398 m ³ /kg
Pouvoir calorifique supérieur ...	9,510 kcal/m ³
Pouvoir calorifique inférieur ...	8,550 kcal/m ³
Volume d'air nécessaire pour la combustion théorique d'un m ³ de gaz	9,615 m ³
Volume de gaz humides produits par la combustion théorique d'un m ³ de méthane	10,615 m ³
Volume de gaz sec produit par la combustion théorique d'un m ³ de méthane	8,615 m ³
Pourcentage maximum théorique de CO ₂ dans les fumées anhydres	11,60 %

Pour l'emploi dans les foyers, le méthane doit d'abord être détendu de la pression de 20-60 atm du pipeline à la pression très basse de 0,05-1,5 atm exigée par les brûleurs. Il faut donc une installation spécialement adaptée à cet effet, pourvue entre autres de filtres pour l'élimination des impuretés et d'un dispositif de chauffage pour éviter le givrage des soupapes à la suite de la détente.

La combustion du méthane dans les foyers peut s'effectuer en y amenant séparément le gaz et l'air ou en les mélangeant préalablement. Le comportement dans les deux cas est totalement différent.

Quand le méthane entre dans le foyer sans être mélangé à l'air, il se décompose par suite de la température élevée du milieu et donne naissance à du carbone, à de l'hydrogène libre et à d'autres composés. Alors que l'hydrogène brûle immédiatement, les particules de carbone, pour la plupart intactes, se chauffent, deviennent incandescentes et rendent la flamme longue et jaune. Si la flamme vient en contact avec un corps relativement froid (exemple : tube ou récipient en tôle rempli d'eau), les particules de carbone se refroidissent, ne brûlent pas et donnent ainsi lieu à la formation de suie. Pour éviter cet inconvénient, il faut que le foyer soit ample, afin que la combustion se fasse complètement avant que les flammes entrent en contact avec des parois froides.

Si au contraire, le gaz entre dans le foyer déjà mélangé à l'air, la flamme est courte et bleuâtre. La décomposition en éléments constitutifs est évitée et la combustion parvient aux produits terminaux (CO_2 et H_2O) en passant rapidement à travers des stades intermédiaires (formaldéhyde).

L'obtention d'une combustion parfaite est plus aisée avec le mélange préalable du méthane et de l'air et est favorisée par une température élevée du foyer, qui devra être assez ample pour donner aux réactions le temps de se dérouler complètement. Dans ces conditions, on obtient des teneurs en anhydride carbonique de 10 ou 11 % pour des volumes d'air correspondant à 1,15 et 1,05 fois le volume théorique d'air.

A la fin de sa communication, l'ingénieur Zancanaro résume les avantages offerts par l'emploi du méthane dans les installations thermiques. Ces conclusions se rapprochent sensiblement de celles données précédemment par l'ingénieur D'Ambrosio.

Du point de vue technique et rendement, il n'y a pas de doute que l'emploi du méthane est plus avantageux que celui du mazout ou de la houille. En ce qui concerne le point de vue économique, l'ingénieur Zancanaro affirme que les frais d'exploitation avec le méthane ne dépassent pas ceux auxquels donne lieu l'emploi de la houille, à condition que le rapport entre le prix d'un mètre cube de gaz et celui d'un kilo de houille soit inférieur aux valeurs ci-dessous, dans lesquelles A est le rapport entre le pouvoir calorifique inférieur du méthane et celui de la houille :

1,20—1,40 × A	pour les chaudières pourvues de grilles mécaniques et d'appareils pour le chauffage préalable de l'eau ou de l'air;
1,30—1,55 × A	pour les chaudières chargées à la main, mais pourvues d'économiseur;
1,40—1,70 × A	pour les chaudières chargées à la main sans économiseur ou sans appareil pour le chauffage préalable de l'air.

VII. — Le méthane et le gaz de houille dans l'approvisionnement énergétique italien

La communication présentée par l'ingénieur Giuseppe Bosinelli, Directeur des Usines à Gaz de la commune de Padoue, peut être résumée comme suit.

L'auteur établit d'abord quelles sont les nécessités énergétiques italiennes actuelles et dans le proche avenir. Il envisage ensuite les moyens d'y subvenir par le recours en ordre principal à la production du gaz distillé et du gaz naturel (méthane).

D'après des sources autorisées, les nécessités énergétiques italiennes, en 1938, étaient couvertes de la manière suivante :

Houille d'importation	12.100.000 tonnes
Houilles et lignites nationaux	2.350.000 »
Bois à brûler et charbon de bois	3.000.000 »
Energie hydro-électrique (et géothermique)	14.600.000.000 kW/h
Produits pétrolifères	2.620.000 tonnes
Gaz naturels	17.000.000 m ³

Pour la commodité de la discussion, la valeur énergétique de toutes les sources ci-dessus est alors réduite à celle de la houille, d'après les équivalences suivantes :

1 t de produits pétrolifères	= 2 t de houille
1 kW/h hydro-électrique	= 0,67 kg » »
1 t de bois	= 0,4 t » »
1 m ³ de gaz naturel	= 1,8 kg » »

La production énergétique de 1938 peut alors être représentée, en tonnes de houille, comme suit :

Houilles et lignites	13.500.000 tonnes
Produits pétrolifères	5.240.000 »
Energie hydro-électrique	9.800.000 »
Bois	1.200.000 »
Gaz naturels	30.000 »

Les consommations de la houille et du lignite ont été réunies, en attribuant à la dernière un coefficient de correction de 0,6 pour la rapporter en tonnes de houille.

L'ingénieur Bosinelli a ensuite calculé l'énergie disponible par habitant dans les principaux pays européens et dans les Etats-Unis. Il la compare à celle disponible en Italie et résume ces données dans le tableau suivant (Italie = 1) :

	Energie par habitant
Etats-Unis d'Amérique	9,2
Angleterre	6,5
Allemagne	5,1
France	3,2
Hollande	2,7
Suisse	2,4
Italie	1,0

Ce tableau montre que, jusqu'à présent, les consommations énergétiques italiennes sont fort limitées. Mais il est à prévoir que, dans un bref avenir, ces consommations, allant de pair avec le dévelop-

pement industriel et l'élévation du train de vie de la population, pourraient facilement doubler. Cette estimation n'est nullement exagérée, car la consommation italienne n'atteindrait, dans ce cas, que les deux tiers de la consommation française et resterait inférieure à celle constatée actuellement en Hollande et en Suisse.

Naturellement chaque nation exploite au plus haut degré ses ressources naturelles : la houille pour l'Angleterre, l'Allemagne et la France, l'énergie hydro-électrique pour l'Italie, et, depuis quelque temps, le gaz naturel.

Si l'on examine les possibilités italiennes vis-à-vis du problème de l'énergie, on peut, dans les différents secteurs, faire les remarques suivantes :

1. — En ce qui concerne l'énergie électrique.

La production annuelle d'énergie hydro-électrique et géo-thermique est actuellement de 17 milliards environ de kW/h. D'après les données de l'Institut Hydrographique de l'Etat, il semble que la production pourra atteindre une trentaine de milliards de kW/h, soit l'équivalent de 20 millions de tonnes de houille.

2. — En ce qui concerne les produits pétroliers.

Le Comité Interministériel de la Reconstruction a calculé comme suit les besoins actuels :

Benzine	500.000 tonnes
Pétrole et huile Diesel ..	660.000 »
Huiles combustibles	1.900.000 »
Total	3.060.000 tonnes

Le plan mondial de la répartition du pétrole a prévu pour l'Italie l'importation d'environ 9 millions de tonnes de pétrole brut; une partie des produits finis devra toutefois être réexportée. Mais la situation pétrolière mondiale n'est pas excellente et le comité américain de l'E.R.P. a récemment exprimé l'avis que l'Europe devrait limiter les importations de pétrole et s'orienter vers la houille.

Ce n'est donc pas sans fondement que l'ingénieur Bosinelli croit devoir limiter à 4 millions de tonnes les possibilités futures d'importation de pétrole de l'Italie, ce qui équivaut à 8 millions de tonnes de houille.

3. — En ce qui concerne le bois.

Les ressources forestières italiennes ne permettent pas d'escompter une augmentation de la production du bois à brûler. La quantité actuelle correspondant à 1.200.000 tonnes de houille, ne pourra donc pas être dépassée.

4. — En ce qui concerne les gaz naturels.

La production en 1948 a été d'environ 110 millions de m³. Ici les prévisions sont excellentes et on peut évaluer à 3 millions de m³ par jour la production probable des prochaines années; cette production correspond à 2 millions de tonnes de houille.

5. — En ce qui concerne la houille.

La disponibilité globale des diverses sources d'énergie citées ci-dessus sera donc, en millions de tonnes de houille :

Energie hydro-électrique	20
Produits pétroliers	8
Bois à brûler	1,2
Gaz naturel	2
Total	31,2

Or, on vient de voir qu'en 1958, la quantité d'énergie requise correspondait à 30 millions de tonnes de houille et que l'on doit s'attendre à ce que ces besoins doubleront. Même en n'envisageant qu'un accroissement de 50 % des besoins, il faudra, pour solder le bilan, prévoir encore 15 millions de tonnes de houille, dont 12 à 13 millions devront être importées.

On sait que la meilleure utilisation de la houille consiste en sa transformation en gaz. Celui-ci sera toujours utilisé de préférence au combustible solide, du moins dans les installations pas trop grandes, dans les fours et pour le chauffage en général. Il reste donc une ample marge d'exploitation à l'industrie gazière sans faire concurrence au gaz naturel.

Jusqu'ici la houille a été utilisée en Italie comme suit :

Chemins de fer et transports ...	2.500.000 tonnes
Gaz et cokeries	4.000.000 »
Chauffage industriel	5.400.000 »
Chauffage domestique	1.000.000 »
Energie thermo-électrique	300.000 »

En ce qui concerne les usines à gaz et cokeries, les 4 millions de tonnes de houille utilisées donnent par distillation 2,5 millions de tonnes de coke; la transformation en combustible gazeux n'atteint que 25 % de l'énergie de la houille. Puisqu'il n'y a aucune nécessité d'augmenter la production du coke, l'ingénieur Bosinelli préconise la construction de grandes installations pour la gazéification intégrale. Il cite à ce propos les procédés Lurgi, Koppers et autres. Il y a lieu de tenir compte, en outre, de toutes les possibilités d'utilisation chimique du gaz : synthèse d'engrais, d'alcools, de carburants, etc.

L'ingénieur Bosinelli préconise aussi l'association des méthanistes et des producteurs de gaz de distillation. Ceux-ci pourraient, dans leur commun intérêt, utiliser les mêmes conduites et réseaux de distribution pour faire parvenir aux usagers tant le gaz de distillation que le méthane.

A parité de calories, le gaz de distillation, comme matière première, revient moins cher que le méthane. Mais, naturellement, il y a lieu de tenir compte des frais de main-d'œuvre et de l'intérêt du capital investi pour la distribution. Si l'on augmente la quantité de mètres cubes vendus, ces frais et cet intérêt restent à peu près les mêmes, mais leur incidence sur chaque mètre cube vendu diminue. Il est donc de l'intérêt des usines à gaz et des cokeries d'acheter et de distribuer le méthane, même s'il coûte plus cher que le gaz de distillation. En effet, elles peuvent ainsi, sans investissement de nouveaux capitaux, distribuer le combustible gazeux à un prix de revient inférieur et augmenter le nombre des usagers. D'autre part, les méthanistes

peuvent ainsi distribuer leur gaz sans grever leur prix des frais résultant de l'établissement de conduites autonomes.

Ceci a été fait par l'Usine à Gaz de Padoue : le volume de gaz vendu avait atteint 9 millions de m³ en 1942, pour s'élever ensuite à 10,5 millions de m³ en 1946, à 16,4 millions de m³ en 1947 et à 19,5 millions de m³ en 1948. Pendant cette période le prix de vente moyen a été inférieur à celui de toutes les autres villes italiennes, Rome exceptée, et l'Usine a distribué une quantité considérable de gaz naturels (3.860.000 m³ en 1948).

Une dernière remarque s'impose. D'après les calculs, les réserves mondiales de houille et de lignite pourront, au rythme actuel de la consommation, suffire encore pendant une cinquantaine de siècles. Par contre, les réserves de gaz naturels seront épuisées au bout de 60 ans ou d'un siècle tout au plus. Les conduites autonomes construites éventuellement pour le méthane deviendraient donc inutiles au bout d'une centaine d'années. La distribution du méthane devra donc de préférence se faire à l'aide des conduites de gaz de distillation, qui, elles, subsisteront pendant une longue période.

VIII. — La production de l'hydrogène à partir du méthane.

Ce sujet a été abordé par le Professeur Giuseppe Pastonesi de la Faculté Polytechnique de Milan. Il n'apporte aucun élément nouveau à une question bien connue en Belgique.

IX. — L'activité de l'« Ente Nazionale Metano » italien.

L'« Ente Nazionale Metano » a été créé en 1940 dans le but de susciter, d'appuyer et de coordonner les tentatives dans le domaine de la production, du transport et de l'exploitation du méthane.

C'est à son initiative et avec sa participation qu'ont été construits les principaux réseaux de pipelines pour méthane et que le matériel nécessaire à l'industrie méthanifère a pu être procuré.

C'est ainsi que l'« Ente Metano » a fourni la moitié du capital à l'« Azienda Metanodotti Padani », qui possède le réseau le plus important et distribue le gaz extrait du delta du Pô à Ferrare, Vérone et au delà de Padoue.

C'est encore l'« Ente Metano » qui intervint lorsque, à un certain moment, à cause de la disproportion entre la production et les disponibilités de placement, le précieux combustible s'échappait des sondages sans trouver d'utilisation. L'« Ente Metano », par son aide financière, rendit alors possible la construction de la conduite de Porto Marghera, près de Venise, qui a coûté plus de 700 millions de lires.

Cet organisme met à la disposition de la petite industrie méthanifère l'assistance gratuite de ses laboratoires techniques et géologiques.

C'est toujours grâce à l'« Ente Metano » que les producteurs de la vallée du Pô ont pu profiter de

l'aide des équipes françaises spécialisées pour le carottage électrique de leurs puits et ont pu se servir du système de prospection électrique de la Compagnie Générale de Géophysique. C'est lui qui a fourni les garanties nécessaires et a supporté en partie les frais de prospection.

L'« Ente Metano » a fondé l'École des Experts Industriels Méthanistes à Rovigo et le Centre d'Études sur le Méthane. En ce qui concerne l'avenir, il se propose de réaliser un programme de recherches et d'exploitation du méthane surtout dans l'Italie Centrale et Méridionale.

X. — La liquéfaction du méthane.

Sous ce titre, l'ingénieur Attilio Antonelli a présenté une communication dans laquelle il propose une nouvelle méthode de liquéfaction du méthane, basée sur l'emploi de l'alcool comme échangeur de température.

Dans la presse technique il n'est plus guère question de la liquéfaction du méthane, le problème étant sensé être dépassé par le développement actuel des pipelines. Cependant, c'est précisément l'extension des pipelines et la nécessité d'assurer une bonne distribution qui pourront reporter au premier plan le problème de la liquéfaction du gaz naturel.

En effet, le rythme de la distribution du gaz, dans la plupart des cas, ne peut pas être gardé constant pendant les 24 heures de la journée. À certains moments se manifestent des pointes d'utilisation, et pour y faire face, la conduite peut devenir insuffisante. On ne peut pas compter sur l'abaissement de pression causé à l'extrémité de la conduite par une utilisation plus abondante; cet abaissement, pour une pression constante au départ de la conduite, ne provoque qu'une faible augmentation du débit.

D'autre part, il n'est pas facile d'augmenter la pression de départ sans des installations de compression. Il faut en outre que le puits d'extraction puisse garder le débit nécessaire aux heures de pointe.

L'inconvénient peut être évité en établissant le long de la conduite une ou plusieurs stations de recompression, ainsi qu'il est prévu dans l'établissement du pipeline argentin. On peut aussi installer au départ de la conduite un gazomètre fonctionnant sous la pression normale, où l'on accumulera le gaz pendant les heures de moindre utilisation; on y prélèvera le méthane aux heures de pointe en le joignant au gaz provenant du puits. Le dispositif exigerait des gazomètres de dimensions énormes.

D'après l'ingénieur Antonelli, la constitution d'une réserve de méthane liquide serait une solution plus pratique, étant donné qu'une citerne de faibles dimensions suffirait. En effet, si l'on considère un volume de 50.000 m³ de méthane gazeux dans les conditions normales de température et de pression, la liquéfaction à -162° C sous la pression normale ramènera le volume à 84 m³. La masse de gaz liquéfié pourra donc être contenue dans un

réservoir de 100 m³ environ alors qu'à l'état gazeux, il faudrait disposer d'un gazomètre de 50.000 m³.

Du point de vue technique, il y a donc lieu d'envisager le problème de la liquéfaction et de la réévaporation du méthane. Si l'on considère le méthane comme un gaz parfait, la liquéfaction d'une tonne par heure demanderait une puissance théorique de 300 kW. Pratiquement cette puissance théorique devra être doublée. Mais, tirant parti de la périodicité entre les heures de pointe et les heures de faible consommation, on peut imaginer un système de récupération dans lequel une masse d'alcool éthylique cèdera, lors de la liquéfaction du méthane, les frigories qu'elle aura reçues lors de l'évaporation du gaz liquéfié.

On disposera de deux réservoirs de capacité convenable. Dans le premier, soigneusement isolé du point de vue thermique, on suppose une masse d'alcool éthylique refroidi à -100° C, le second réservoir étant vide. L'alcool froid du premier réservoir circulera dans un échangeur de température, en contre-courant avec le méthane gazeux sous la pression du pipeline (50 atm). Le gaz, ainsi refroidi à environ -95° C se liquéfie et est dirigé à travers une soupape d'étranglement vers la citerne à méthane liquide. De cette manière, il est possible de liquéfier environ 60 % du méthane, en supposant une pression d'environ 50 atm dans le pipeline.

Il est superflu de recomprimer la partie non liquéfiée du méthane pour l'acheminer de nouveau vers l'échangeur : ces 40 % pourront être dirigés directement vers la distribution.

L'alcool, qui s'est rechauffé dans l'échangeur, est conduit au deuxième réservoir. Il servira à la rééva-

poration du méthane aux heures de pointe. A cet effet, le méthane de la citerne sera aspiré par une pompe centrifuge et envoyé sous légère pression dans un second échangeur, où il circulera à contre-courant avec l'alcool provenant du réservoir chaud. Le méthane s'évaporerait en se dirigeant vers la conduite de distribution tandis que l'alcool refroidi à -100° C retournera au premier réservoir en vue du renouvellement du cycle.

Lors de la mise en marche de l'appareil, on ne dispose évidemment pas des frigories requises pour entamer le cycle. Il y a lieu de prévoir une petite installation de liquéfaction fonctionnant sous la pression du pipeline (50 atm) et constituée d'un échangeur et d'un détendeur. Cette installation fournira la première réserve de méthane liquide et pourra dans la suite, en marche continue, remédier aux échanges thermiques de la citerne à méthane liquide et du réservoir à alcool froid.

L'ingénieur Antonelli termine en comparant le dispositif de liquéfaction proposé par lui avec l'énorme installation de Cleveland (États-Unis). Cette dernière possède trois récipients sphériques de 16 mètres de diamètre capables d'emmagasiner, à l'état liquide, une masse de méthane correspondant à 4.200.000 m³ de gaz; cette réserve est suffisante pour garantir la distribution pendant une dizaine de jours. L'évaporation du méthane liquide se fait à la vapeur. La capacité de l'installation de liquéfaction est de 4.750 m³/heure avec une puissance d'énergie électrique de 1.600 kW. L'ingénieur Antonelli estime qu'avec son système de récupération à l'alcool, une puissance dérisoire suffirait, soit quelque 10 kW pour la liquéfaction de démarrage et d'appoint ainsi qu'environ 25 kW pour les pompes de circulation.

SAMENVATTING

De eerste proeven van captatie van mijngas in de Belgische koolmijnen bewijzen dat een nieuwe rijkdom ter beschikking van de nationale economie kan gesteld worden.

De kwestie der valorisatie van het methaan wordt daardoor gesteld.

Op chemisch gebied kent men de verbazingwekkende uitbreiding waartoe de systematische benutting van het methaan in de Duitse industrie aanleiding gaf. De primaire transformaties van het methaan deden een aantal basismijnverheden ontstaan die waterstof, mengsels van waterstof en kooloxyde, acetyleen, ethyleen, formol, cyaanwaterstofzuur, en gans de reeks der halogene derivaten van het methaan voorbrengen. Deze belangrijke grondstoffen, die op meestal zeer voordelige wijze uit het methaan afgeleid worden, begunstigden de ontwikkeling van talrijke nieuwe fabricaties.

Er valt nochtans op te merken dat in een vrije economie verscheidene overwegingen de mogelijke evolutie remmen. Er is vooreerst het belang der huidige immobilisaties en der vast te leggen kapitalen, evenals de noodzakelijkheid hergroeperingen te bewerken onder de industriële complexen die de mogelijkheden van de nieuwe basis-nijverheden ten volle zouden benutten.

Niet minder belangrijk zal daarenboven de zorg zijn voorafgaandelijk een oordeel te vormen aangaande de continuïteit van het methaan-debiet. Onder scheikundig opzicht schijnt dus geen spoedige evolutie mogelijk of zelfs wenselijk.

Daarentegen kan men een aantal onmiddellijke benuttingen overwegen die slechts beperkte immobilisaties vergen. Aldus kan het methaan, dat een hoog calorifiek vermogen bezit, een belangrijke afzet vinden in de gasindustrie en aldus de huidige ongunstige toestand op gebied van de ophoping der cokes-voorraden helpen verbeteren.

Arm zijnde aan vaste en vloeibare brandstoffen, heeft Italië sinds langen tijd zijn aandacht gewijd aan de verdeling en de benutting van natuurlijke gassen. Het beschikt daardoor over een niet te versmaden ervaring. Op het VI^e Congres van het Methaan, dat in Juni 1949 in Padua plaats vond, werden talrijke mededelingen voorgebracht door de beste Italiaanse specialisten. Het scheen ons nuttig toe het essentiële ervan te doen kennen aan de lezers van de « Annalen der Mijnen », op het ogenblik dat België eveneens de benutting van belangrijke hoeveelheden methaan dient onder ogen te nemen.