

D'après les témoins, la planche obturatrice de la trémie était enlevée et le cadavre, dont les pieds apparaissaient dans la voie, était calé contre la deuxième planche par du charbon. Un wagonnet à moitié rempli se trouvait sous la trémie; le compartiment contenait quatre à cinq chariots de charbon.

Il faisait humide au pied de la cheminée et le charbon était très friable.

Le désancrage de la trémie s'effectuait d'ordinaire du compartiment médian, à l'aide d'une « sclimbe ».

MÉMOIRES

LA

Carbonisation à basse température

EN ANGLETERRE

PAR

CHARLES DEMEURE

Ingénieur au Corps des Mines, à Mons.

Introduction.

Les résultats financiers des entreprises de carbonisation à basse température, en Angleterre et aux Etats-Unis, n'ont pas été, jusqu'à ce jour, extrêmement encourageants. Ils ne diminuent en rien, toutefois, l'intérêt capital du problème, ni l'importance économique qu'offrirait une solution qui serait réellement commerciale.

Nul ne conteste l'utilité, et bientôt la nécessité, d'une transformation au moins partielle de la houille en combustibles liquides. La crise charbonnière actuelle, dont l'un des causes est la supplantation du charbon, en de nombreux usages, par les huiles minérales, a ouvert sur ce point les yeux aux plus incrédules. Elle ne constitue, d'ailleurs, qu'un aspect passager, et non le plus redoutable, de la question, car dans peu d'années les réserves du monde en huiles minérales seront épuisées, si l'on ne prévient, à bref délai, le gaspillage effréné qui s'en effectue.

Deux sortes de procédés permettent de convertir la houille en combustibles liquides: la berginisation, qui réalise sa liquéfaction à peu près complète; et la carbonisation à basse température, dont le rendement en huiles est beaucoup moindre, tout en étant notablement supérieur à celui de la carbonisation à haute température (1). Les avantages de la carbonisation à basse température sur la berginisation sont, tout d'abord son coût beaucoup moins élevé, et ensuite le fait de conserver précisément une partie importante du charbon sous forme de combustible solide, qui reste nécessaire pour de nombreux usages domestiques et industriels. Cette seconde considération explique la préférence, quasi-exclusive, que lui ont accordée des pays comme l'Angleterre.

Deux faits interviennent, dans ce pays, pour donner à la carbonisation à basse température une importance nationale. C'est, d'abord, l'énorme consommation de combustible liquide que fait sa marine. D'après les rapports du « Lloyds Register », 48,4 % (en tonnes) des navires marchands classés pendant l'année 1922-1923 sont mûs par le pétrole; et dans la marine de guerre, la substitution de l'huile au charbon est presque complète. Cette situation place le Royaume-Uni dans une dépendance, gênante en cas de guerre, vis-à-vis des fournisseurs étrangers. Elle prive, en outre, son industrie charbonnière d'un de ses meilleurs clients d'autrefois — perte vivement sentie en ces temps de crise et de chômage — et la presse anglaise fait ressortir, avec amertume, que

(1) Ce dernier point est établi depuis de nombreuses années par les expériences du professeur Vivian B. Lewes, qui a dressé des tableaux des rendements en goudron d'un même charbon, carbonisé à différentes températures. On y voit que ces rendements croissent de 9 gallons à 23 gallons à la tonne, lorsque la température de carbonisation diminue de 900° à 400° centigrades. (Wellington et Cooper, « Low Temperature Carbonisation », p. 30.)

chaque grand navire brûlant du pétrole prive continuellement d'ouvrage 100 à 150 mineurs.

C'est, ensuite, l'extraction presque exclusive de charbon gras — dont l'emploi comme combustible domestique ou industriel produit, dans les agglomérations urbaines, une atmosphère caractéristique — et malsaine — de suie et de fumée. Des associations, telles que la « Smoke Abatement League of Great-Britain », se sont formées, dans le but de rechercher, et d'imposer ensuite à l'opinion publique, les remèdes propres à conjurer une situation aussi néfaste à l'hygiène. L'emploi de foyers fumivores leur a paru à la fois inefficace et difficile à faire admettre par le consommateur anglais, et c'est vers l'adoption de combustibles sans fumée que tendent principalement leurs efforts.

Or, les charbons maigres ou anthraciteux sont relativement rares en Angleterre. D'autre part, des combustibles entièrement dépourvus de matières volatiles, comme le coke produit par la carbonisation à haute température, n'ont guère de chances d'être admis, à l'heure actuelle, par la grande majorité du public anglais, qui exige un charbon pouvant s'allumer et brûler facilement dans des foyers ouverts. D'où la nécessité de lui offrir un combustible débarrassé de la plupart de ses matières volatiles pour éviter la production de fumée, mais en tenant encore un certain pourcentage (7 à 10 %), et possédant une structure poreuse spéciale qui facilite son ignition. Ce combustible sans fumée, c'est le semi-coke, produit de la carbonisation du charbon à basse température.

Les premiers essais des inventeurs (Parker, Beilby, Maclaurin, etc.) s'orientèrent d'abord presque exclusivement vers l'obtention de ce produit (« Smokeless fuel »); et cela, dès l'année 1906. En 1912, la consommation croissante d'huile minérale par la marine de

guerre et la nécessité de rendre le pays indépendant, à ce point de vue, des fournisseurs étrangers, amenèrent la « Royal Commission on Fuel and Engines for the Navy », présidée par Lord Fisher, à étudier à son tour la carbonisation à basse température, comme un moyen d'augmenter la proportion d'huile combustible que l'on pouvait retirer du charbon. Les recherches furent poursuivies dès lors dans les deux directions, et, en 1917, le Gouvernement anglais, dans le but de coordonner les efforts privés et de leur donner une nouvelle impulsion, créa un Institut de Recherches sur les Combustibles, le « Fuel Research Board », dont la direction fut confiée, au début, à Sir George Beilby, et ensuite au D^r Lander. Sous la conduite de ces ingénieurs éminents, le « Fuel Research Board » effectua un travail considérable, tant dans le domaine des recherches de laboratoire que dans celui de l'expérimentation industrielle. Cependant, des sociétés privées s'étaient fondées, dont la première en date fut la « Low Temperature Carbonisation Ltd », créée pour exploiter les brevets de Parker: des usines furent érigées, dont quelques-unes sont en marche à l'heure actuelle.

Cette combinaison d'efforts à la fois officiels et privés a fait atteindre en Angleterre, à la carbonisation à basse température, un état de développement très avancé et qui, sans être définitif, constitue néanmoins, dès à présent, un excellent champ d'études pour l'observateur étranger, désireux de favoriser l'implantation de cette industrie dans son pays.

Autorisé par l'Administration des Mines de Belgique à me rendre en Angleterre pour effectuer cette étude, j'ai voulu me mettre en rapport, pour commencer, avec la Direction du « Fuel Research Board », et visiter la Station de Recherches qu'elle a créée à East-Greenwich. J'ai visité ensuite les usines de carbonisation qui fonc-

tionnent actuellement en Angleterre, et je me suis efforcé d'étudier, principalement, leurs rendements réels en produits divers et leurs résultats commerciaux. Il m'a été souvent impossible d'obtenir, sur ce dernier point, les renseignements précis que je désirais, les usines venant à peine d'être mises en marche, ou même étant encore en cours d'agrandissement ou d'achèvement; et j'ai dû me borner, dans ces cas, à étudier, d'une façon aussi « critique » que possible, les résultats commerciaux que l'on peut raisonnablement *escompter* de l'application du procédé employé.

Les usines que j'ai visitées peuvent être divisées en deux classes, suivant que la carbonisation y est effectuée par chauffage interne ou par chauffage externe de la cornue. La division de mon rapport sera donc la suivante:

— Chapitre I. Le « Fuel Research Board ». Visite de la Station de Recherches d'East-Greenwich.

— Chapitre II. Procédés de carbonisation à chauffage interne:

§ I. Fours fixes:

1. Usine Maclaurin, à Dalmarnock (près Glasgow);
2. Usine de la « Midland Coal Products Ltd » à Netherfield (près Nottingham);

§ II. Fours rotatifs:

Usine de la « Sensible Heat Distillation Ltd » à Barnsley.

— Chapitre III. Procédés de carbonisation à chauffage externe:

§ I. Fours fixes:

- a) Horizontaux = four du « Fuel Research Board »;

b) Verticaux :

1. Usine Illingworth, à Pontypridd (près Cardiff) ;
2. Procédé Hird, à Bradford ;
3. Pour mémoire : Usine de la « Low Temperature Carbonisation Ltd, à Barnsley (actuellement arrêtée) ;

§ II. Fours rotatifs.

Usine Hutchins, à Middlewich.

— Chapitre IV. Conclusions.

CHAPITRE I^{er}.

Le « Fuel Research Board ».

Cet organisme a été créé en 1917 par le « Committee of the Privy Council for Scientific and Industrial Research ». Son directeur actuel est le D^r Lander. Ses bureaux sont situés à Londres, dans le quartier des offices gouvernementaux (16. Old Queen Street, Westminster). Il possède, en outre, une vaste « Station de Recherches » (comprenant laboratoires et usine) à East-Greenwich.

I. — But du « Fuel Research Board ».

Le but assigné au « Fuel Research Board » par ses fondateurs est double :

1^o Faire l'étude et la classification des couches de charbon des différents districts miniers du Royaume-Uni.

Dans ce but, le charbon de chaque couche est soumis, non seulement à des analyses physiques et chimiques, mais aussi à des essais et traitements divers (carbonisation, gazéification, etc.) qui s'effectuent à petite et à grande échelle, et qui permettent de déterminer les produits que l'on peut tirer de chaque espèce de charbon en le soumettant à tel ou tel traitement industriel.

Ce travail a été effectué, déjà, sur un certain nombre de couches importantes du pays ;

2^o Etudier les problèmes de la transformation du charbon, à l'effet d'obtenir économiquement les combustibles liquides et le combustible sans fumée.

La nécessité d'obtenir à la fois ces deux espèces de produits contraint le « Fuel Research Board » à négliger presque complètement l'étude de la berginisation, pour porter le gros de ses efforts sur la carbonisation à basse température.

Le travail accompli dans ce domaine par le « Fuel Research Board » est déjà très important, ainsi qu'en témoignent les nombreux rapports qu'il a publiés, tant sur des points de détail que sur des questions d'ensemble. Ce travail comprend à la fois :

- a) Des expériences de laboratoire et des essais industriels effectués à la Station même d'East-Greenwich ;
- b) Des essais d'usines privées, suivant une initiative extrêmement heureuse du D^r Lander, prise par lui depuis l'année 1924.

II. — Description de la Station de Recherches d'East-Greenwich.

L'usine et les laboratoires du « Fuel Research Board » ont été installés à East-Greenwich (River Way, Blackwall Lane), en un endroit heureusement choisi, à proximité d'une des principales usines à gaz de la banlieue de Londres.

A. — Laboratoires.

Etablis dans un bâtiment spécial (séparé de l'usine), ils sont munis d'appareils, dans lesquels le charbon est soumis aux analyses physiques et chimiques habituelles ; et, en outre, à des essais à petite échelle de carbonisation à basse température, et bientôt de berginisation.

Essai de carbonisation à basse température.

Afin que les résultats obtenus dans cet essai de laboratoire soient applicables aux opérations industrielles, il faut disposer d'un appareil où la carbonisation s'effectue dans les mêmes conditions que dans les fours d'usine où elle doit s'opérer en grand.

D'où la nécessité de posséder deux appareils, suivant que la carbonisation doit s'opérer par chauffage externe ou par chauffage interne.

1. Appareil de carbonisation par chauffage externe.

Cet appareil, imaginé par le « Fuel Research Board », est représenté fig. 1. Le charbon à carboniser est enfermé

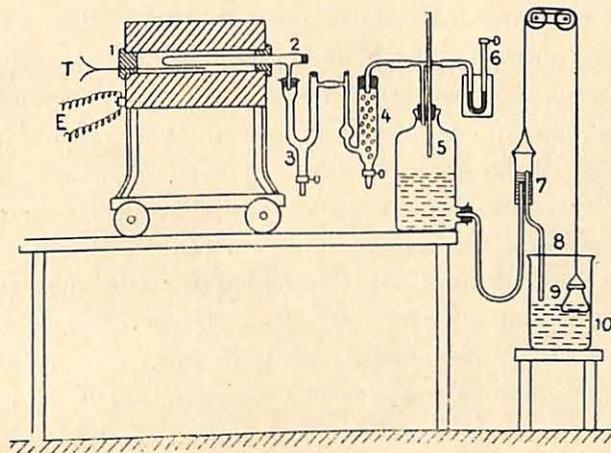


FIG. 1. — Appareil de carbonisation à basse température par chauffage externe. (Modèle du « Fuel Research Board »).

dans un tube de silice 2, chauffé dans le four électrique 1. *E* est l'arrivée du courant électrique pour le chauffage du four, et *T* un pyromètre thermo-électrique dont la soudeur chaude est placée en face du milieu du tube en silice faisant office de cornue.

Le tube en silice a une longueur de 30 centimètres et un diamètre de 2 centimètres. Il est chauffé uniformément par le four, dans lequel il est engagé sur une longueur d'au moins 15 centimètres.

Les gaz produits par la carbonisation traversent :

- Un condenseur 3, muni d'un récepteur pour produits liquides ;
- Un tube 4, rempli de perles de verre baignant dans l'acide sulfurique, pour l'absorption de l'ammoniaque ;
- Un collecteur de gaz 5, rempli, soit d'un mélange

d'eau et de glycérine, soit d'une solution de chlorure de magnésium, soit d'eau saturée à l'aide de gaz obtenu dans une expérience antérieure. La pression du gaz dans ce collecteur est mesurée par un manomètre 6. Elle est maintenue constante, grâce au dispositif 7, 8, 9, 10.

Le gaz entrant dans le collecteur refoule du liquide, par un tube en caoutchouc, dans le réservoir suspendu 7. Le trop-plein de ce réservoir est envoyé, par un autre tube en caoutchouc 8, dans un vase, 10 ayant même section horizontale que le collecteur 5. Dans ce vase flotte un contrepoids 9, rendu solidaire du réservoir suspendu 7 par une corde passant sur deux poulies. A mesure que le niveau du liquide s'élève en 10, le réservoir suspendu 7 s'abaisse automatiquement, de telle sorte que le niveau du liquide, dans ce réservoir, est maintenu à la même hauteur que dans le collecteur 5 (ou à une différence de hauteur constante, fixée initialement). On voit donc que la pression demeure constante en 5, et égale à celle fixée au début de l'expérience en réglant la position initiale du réservoir suspendu.

Corrélation entre les résultats de l'essai de laboratoire et ceux d'une opération industrielle.

Cette corrélation est discutée dans le Rapport du « Fuel Research Board » pour les années 1920-1921 (Second Section: « Low Temperature Carbonisation »).

Elle est à peu près parfaite pour ce qui concerne les rendements en semi-coke, gaz, liqueur ammoniacale et sulfate d'ammoniaque. En ce qui concerne les rendements en huiles, ceux obtenus dans la carbonisation industrielle sont inférieurs de 40 p. c. à ceux obtenus dans l'essai de laboratoire où les vapeurs de distillation du charbon sont soustraites immédiatement à l'action de la chaleur et condensées; tandis que, dans les fours industriels, ces vapeurs restent forcément en contact,

pendant un certain temps, avec des surfaces chaudes, et sont, par suite, soumises partiellement au cracking. Le tableau des résultats obtenus, en laboratoire et en usine, pour des charbons provenant de différentes couches, sera donné plus loin.

2. Appareil de carbonisation par chauffage interne.

Les résultats obtenus à l'aide de l'appareil décrit ci-dessus ne sont naturellement applicables qu'aux fours où la carbonisation s'opère par chauffage externe. Afin d'étudier également les résultats que l'on peut attendre d'une carbonisation par chauffage interne, le « Fuel Research Board » a fait l'acquisition d'un appareil établi à cet effet par la « Sensible Heat Distillation Ltd » (une des Sociétés anglaises de carbonisation à basse température, dont les installations seront étudiées au Chapitre II de ce mémoire).

Cet appareil comprend (fig. 2) une cornue verticale 1

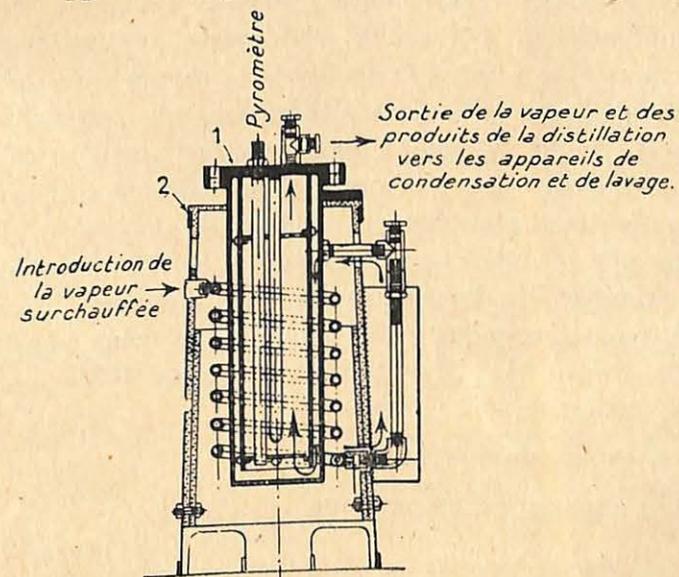


FIG. 2. — Appareil de carbonisation à basse température par chauffage interne. (Modèle de la « Sensible Heat Distillation Ltd »).

en tôle, à double paroi, placée à l'intérieur d'un récipient tronconique 2, également en tôle, mais avec revêtement calorifuge intérieur. Le charbon à carboniser est placé à l'intérieur de la cornue 1. Le fluide chauffant, qui peut être soit du gaz de gazogène, soit plus simplement de la vapeur surchauffée à très haute température, circule tout d'abord dans un serpentin qui entoure la cornue, puis est admis entre les deux parois de celle-ci, et passe ensuite à l'intérieur où il traverse la masse de charbon à carboniser. Il se charge des gaz et vapeurs provenant de la distillation de ce charbon, et quitte enfin la cornue pour se diriger vers un système de condenseurs et d'épurateurs non figuré sur le dessin mais analogue en principe à celui de l'appareil précédent.

Les résultats obtenus à l'aide de cet appareil concordent avec ceux que donnent les fours industriels, sauf en ce qui concerne la richesse du gaz après épuration. En effet, la vapeur surchauffée, employée comme fluide chauffant dans l'essai de laboratoire, est entièrement condensée peu après sa sortie de la cornue; les gaz de distillation sont dès lors débarrassés de leur véhicule inerte, ce qui augmente énormément leur pouvoir calorifique par mètre cube. Dans les fours industriels, le fluide chauffant est généralement du gaz de gazogène, dilué dans une grande masse d'azote qu'il est impossible de séparer par la suite: on n'y recueille donc que du gaz à 1.800 calories/mètre cube, alors que le même charbon, dans l'essai de laboratoire, avait donné du gaz à 6.200 calories/mètre cube.

3. Appareil de berginisation.

Cet appareil est en montage.

B. — Usine de Carbonisation.

Cette usine comprend:

1. *Une salle de réception et de broyage du charbon.* Ce broyage s'effectue dans des désintégrateurs à barres, du type « à double cage »;

2. *Une installation de briquetage*, comprenant:

a) une presse ordinaire, opérant le briquetage par pression après mélange avec un liant (brai);

b) une presse Sutcliffe-Evans, opérant le briquetage en l'absence de tout liant, par le seul effet de la pression agissant à haute température (1). Cette température doit être suffisamment élevée (300° à 400° centigrades) pour réaliser un commencement de fusion de certains constituants du charbon. La pression est de 2 tonnes par pouce carré;

3. *Un four de carbonisation à basse température par chauffage externe, du type horizontal*, dessiné par Sir George Beilby.

Ce four comprend neuf cornues horizontales en acier 1 (v. fig. 3) placées dans une chambre de combustion 2 en briques réfractaires. Chaque cornue a 9 pieds de long et 2 1/2 pieds de large: elle est constituée de tôles d'acier doux de 3/8" d'épaisseur. La chambre de combustion a elle-même 30 pieds de long, 8 pieds de large et en moyenne 4 pieds de haut, ce qui lui donne une capacité d'environ 860 pieds cubes.

(1) Dans le procédé Sutcliffe-Evans tel qu'il a été conçu par ses auteurs, le briquetage s'opère à froid, mais à très haute pression (8 à 10 tonnes par mètre carré): le charbon est d'abord broyé très fin, puis mélangé à 20 à 25 % de poussier de coke, afin d'obtenir un mélange non-expansile à la température de carbonisation.

Les briquettes ovoïdes obtenues par ce procédé peuvent être carbonisées dans toute espèce de four à haute ou à basse température.

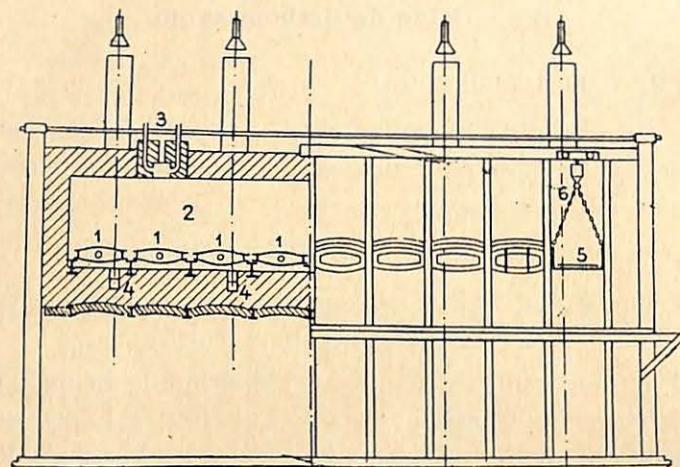


FIG. 3. — Four du « Fuel Research Board ».

L'air et le gaz de chauffage sont amenés par des ajutages 3 ménagés dans la voûte de la chambre: ils brûlent sous cette voûte, dont la température est maintenue à 600°, et qui rayonne la chaleur reçue vers les cornues. Les gaz brûlés descendent d'ailleurs eux-mêmes sur les cornues qu'ils chauffent par leur contact, puis sont évacués par les carneaux 4.

Le charbon à carboniser n'est pas déposé sur le fond même des cornues, mais sur des plateaux en acier 5 (deux par cornue) reposant sur ce fond. Ces plateaux, chargés de charbon, sont amenés en face des cornues par un berceau mobile 6, puis glissés à l'intérieur des cornues, lesquelles sont ensuite refermées par des autoclaves. Les gaz et vapeurs de distillation du charbon sont recueillis par des orifices ménagés à l'arrière des cornues et qui débouchent dans une conduite commune, laquelle emmène les gaz vers les condenseurs et épurateurs habituels, puis finalement vers un gazomètre.

Ces fours ont un mauvais rendement commercial, à cause de la discontinuité des opérations et de la main-

d'œuvre abondante nécessaire pour le chargement et le déchargement. Ils se sont révélés excellents comme fours d'expérience et ont permis d'obtenir des données exactes sur les rendements et sur les qualités des produits de la carbonisation à basse température. Certaines de ces données seront reproduites plus loin.

Un type de four à plateaux, plus perfectionné, a été essayé par le « Fuel Research Board », sans que les résultats en aient été satisfaisants: il est aujourd'hui abandonné;

4. *Quatre fours verticaux* (cornues d'usine à gaz, du type « Glover-West »), d'une capacité de 2 1/2 tonnes de charbon par jour, et qui servent à la fois pour les essais de carbonisation à haute température et pour ceux à basse température en cornues verticales. Les résultats de ces derniers essais ont fait l'objet d'une publication spéciale du Fuel Research Board (1);

5. *Un gazomètre*, raccordé à l'usine à gaz voisine, à laquelle le « Fuel Research Board » fournit, en vertu d'un arrangement, le gaz qui provient de ses expériences de carbonisation à haute et à basse température;

6. *Une installation de traitement des goudrons, par le procédé Lessing*. Ce procédé, dont la description schématique est donnée fig. 4, consiste à traiter le goudron par de l'essence de pétrole, libre de tous hydrocarbures aromatiques, laquelle précipite le brai et dissout les huiles contenues dans le goudron obtenu par carbonisation à basse température. Cette opération s'effectue dans une cuve de dissolution C, à une température d'environ 100° supérieure au point de fusion du brai qui peut dès lors s'écouler par le bas de la cuve, et inférieure au point d'ébullition du solvant.

(1) Preliminary Experiments in the Low Temperature Carbonisation of Coal in Vertical Retorts » (Fuel Research Board, Technical Paper n° 7, H. M. Stationery Office).

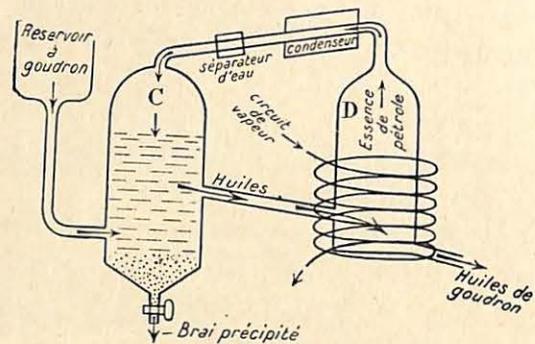


FIG. 4 — Traitement du goudron par dissolution.
(Procédé Lessing)

La solution d'huiles dans l'essence s'écoule dans une cuve de distillation *D*, chauffée par un serpentin parcouru par de la vapeur. L'essence est distillée et renvoyée à la cuve de dissolution après passage dans un condenseur et un séparateur d'eau. Les huiles sont recueillies au bas de la cuve *D*.

Les rendements en huiles et en brai obtenus par le procédé Lessing sont complètement différents de ceux obtenus par la distillation ordinaire du goudron. C'est ainsi qu'un même goudron qui donnait 44,2 % de brai à la distillation, n'en donna plus que 16,9 % à la dissolution Lessing, avec un rendement en huiles brutes de 80,7 %. Toutefois, l'expérience faite de ce procédé par le « Fuel Research Board » ne lui permet pas encore de dire s'il est commercialement praticable ;

7. Un atelier de construction et de réparation des divers appareils utilisés à la Station.

III. — Résultats des expériences du « Fuel Research Board ».

Ces expériences ont permis d'établir des données dignes de confiance sur toutes les conditions techniques du problème de la carbonisation à basse température.

De nombreuses publications (1) ont mis ces données à la portée des personnes que la chose intéresse ; d'autre part, le D^r Lander a publié un ouvrage remarquable qui constitue peut-être le meilleur traité paru jusqu'à ce jour sur l'ensemble de la question (2).

Nous nous bornerons à donner ici (tableau I) le tableau de quelques rendements en produits divers, obtenus à la Station d'East-Greenwich par des expériences de carbonisation à basse température, effectuées dans l'appareil de laboratoire à chauffage externe et dans le four horizontal de l'usine.

Les charbons traités étaient ceux des couches Langley Brights (Tupton Seam), Dalton Main, Mitchell Main et Ellistown Main, tenant de 5 à 7 % d'humidité, de 30 à 35 % de matières volatiles, de 50 à 58 p. c. de carbone fixe et de 4 à 10 p. c. de cendres.

La température de carbonisation était d'environ 600°.

Les résultats obtenus peuvent être considérés comme moyens pour une gamme très étendue de charbons anglais. Ils permettent d'apprécier combien les rendements revendiqués par certaines firmes sont parfois fantaisistes.

On se rappellera, pour la lecture du tableau I, que :

1 tonne anglaise = 20 cwt. = 1016 kg. 684 :

1 cwt. = 112 lbs. = 50 kg. 80.

1 lb. = 453 gr. 5926.

1 gallon = 4 lit. 5348.

1 pied cube = $0^m,305^3$ = 0 mètre cube 0282.

1 B. T. U. (British Thermal Unit.) = 0.2515 gdes calories.

1 B. T. U. par pied cube = 8,92 grandes calories par mètre cube.

(1) La liste de ces publications est trop longue pour être donnée ici ; elle peut être obtenue, ainsi que les publications elles-mêmes, au H. M. Stationery Office, Imperial House, Kingsway, London WC2.

(2) « Low Temperature Carbonisation » by Lander and Mc Kay (Londres, Ernest Benn Ltd, 8, Bouverie Street, EC4), ouvrage paru en 1924.

TABLEAU I.

Produits obtenus par la carbonisation à basse température de divers charbons, dans l'appareil de laboratoire à chauffage externe, et dans le four horizontal.

CHARBON TRAITÉ	Langley Brights (Tupton Seam)	Dalton Main (Hards)		Mitchell Main (Gas Nuts)	Ellistown Main (Breeze)	60% Mitchell Main et 40% Ellist. Main	Rendements Moyens des 6 Charbons.
		Type 1	Type 2				
Poids de charbon sec	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)	1 tonne (angl.)
Semi-coke :							
Appareil de laboratoire	14,66 cwt.	14,83 cwt.	15,38 cwt.	15,38 cwt.	14,61 cwt.	15,11 cwt.	15 cwt.
Four horizontal	14,76 cwt.	14,86 cwt.	15,77 cwt.	15,72 cwt.	15,92 cwt.	15,34 cwt.	15,27 cwt.
Goudron (p. sp. 1,033) :							
Appareil de laboratoire	28,2 gall.	30,4 gall.	25,0 gall.	26,8 gall.	21,5 gall.	25,2 gall.	26,17 gall.
Four horizontal	16,5 gall.	17,0 gall.	14,0 gall.	16,25 gall.	12,9 gall.	15,55 gall.	15,35 gall.
Liquueur ammoniacale :							
Appareil de laboratoire	12,3 gall.	8,4 gall.	10,1 gall.	7,85 gall.	17,9 gall.	11,2 gall.	11,29 gall.
Four horizontal	17,15 gall.	11,55 gall.	11,7 gall.	6,95 gall.	17,1 gall.	14,5 gall.	13,16 gall.
Sulfate d'ammoniaque :							
Appareil de laboratoire	—	4,35 lbs.	4,80 lbs.	4,80 lbs.	9,6 lbs.	7,0 lbs.	6,11 lbs.
Four horizontal	—	3,6 lbs.	4,18 lbs.	2,73 lbs.	8,45 lbs.	6,1 lbs.	5,02 lbs.
Gaz (à 960 B. T. U. par pied cube) :							
Appareil de laboratoire	3770 pieds cubes	3770 p. c.	3370 p. c.	3510 p. c.	3450 p. c.	3480 p. c.	3558 p. c.
Four horizontal	3600 pieds cubes	3770 p. c.	3150 p. c.	3480 p. c.	3240 p. c.	3210 p. c.	3408 p. c.

On voit, d'après ces expériences, que l'on peut tabler sur un rendement moyen en huiles de goudron de 15,35 gallons à la tonne de charbon. Le D^r Lander conseille d'adopter, dans les estimations préalables à l'établissement d'une usine, le chiffre plus réduit de 14,5 gallons.

L'essence de moteur, extraite à la fois de ces 14,5 gallons d'huiles de goudron et des gaz de distillation du charbon, atteint en moyenne 3 à 4 gallons par tonne de charbon traitée (soit de 1 à 1,34 % du poids de charbon traité).

IV. — Essais d'usines de Carbonisation à basse température.

Cette initiative, dont l'importance et l'originalité n'échapperont à personne, est due au D^r Lander, qui l'a prise pour remédier à une situation qui menaçait d'être funeste à l'industrie de la carbonisation à basse température en Angleterre.

En effet, le public anglais, après l'engouement du début, finissait par marquer une certaine défaveur à des entreprises, dont plusieurs avaient abouti à des échecs industriels, après avoir lancé des prospectus exagérés, faisant état de rendements tout à fait fantaisistes. Il importait de faire renaître sa confiance, en lui permettant d'établir une discrimination entre les entreprises saines et les autres.

A cet effet, le « Fuel Research Board » se tient maintenant à la disposition de toute Société possédant une usine de carbonisation à basse température, pour en faire l'essai, à sa demande, aux frais de l'Etat.

La Société doit établir toutefois, au préalable, qu'elle possède une installation suffisamment importante, et donnant d'assez bons résultats, pour faire l'objet d'un essai

industriel sérieux. De plus, en adressant sa demande au « Fuel Research Board », elle doit souscrire à certaines conditions-types, relatives aux modalités de l'essai.

Celui-ci est effectué par un état-major d'ingénieurs et de techniciens, envoyé par le « Fuel Research Board » et auquel la Société remet, pendant la durée de l'essai, la conduite de l'usine. La Société fournit, de plus, le personnel ouvrier et les matières à traiter: elle se fait représenter, pendant l'essai, par un de ses dirigeants.

L'état-major envoyé par le F. R. B. fait fonctionner l'usine pendant quelques jours, en notant les entrées de matières, les produits obtenus, les températures de travail et en général toutes les conditions de marche. Il établit ensuite, d'après ces données:

1. Un bilan des matières consommées et produites, avec les rendements en semi-coke, goudron, ammoniacque et gaz;
2. Un bilan thermique du procédé;
3. Un compte-rendu des installations de l'usine, de sa production, du personnel y employé, etc.

Bref, il réunit, en un rapport, les éléments nécessaires à l'établissement du bilan commercial du procédé, sans dresser toutefois ce dernier, au moins jusqu'à présent.

Deux de ces essais d'usines ont été effectués à ce jour: celui de l'usine de Barnsley, appartenant à la « Low Temperature Carbonisation Ltd » (du 22 au 24 juillet 1924) et celui de l'usine de Netherfield, appartenant à la « Midland Coal Products Ltd » (du 20 au 23 janvier 1925) (1).

Le D^r Lander a proposé à son gouvernement de pousser plus loin l'intervention, ou plutôt l'aide, de

(1) Les rapports de ces essais ont été publiés et peuvent être obtenus au H. M. Stationery Office (Imperial House, Kingsway, London WC2).

l'Etat. D'après un projet qu'il a soumis à l'approbation des autorités, toute Société possédant une usine de carbonisation suffisamment importante, et acceptant de se soumettre à l'essai du « Fuel Research Board » ainsi qu'à toutes investigations complémentaires jugées utiles par lui, pourrait solliciter une subvention des pouvoirs publics. Cette subvention serait pratiquée sous la forme d'une augmentation de capital, prise ferme par l'Etat, et dont l'importance pourrait atteindre celle du capital déjà versé. Les titres détenus par l'Etat lui confèreraient les droits ordinaires des actionnaires, mais seraient cependant rachetables ultérieurement par la Société, en cas de prospérité.

Le D^r Lander estime qu'une telle intervention serait extrêmement efficace pour faire traverser à l'industrie anglaise de la carbonisation à basse température, la difficile période des débuts, et lui faire atteindre rapidement le degré de développement nécessaire au pays.

En terminant, je désire remercier vivement le D^r Lander de l'amabilité avec laquelle il a bien voulu me permettre de visiter ses installations d'East-Greenwich, ainsi que de l'obligeance qu'il a mise à me renseigner sur l'industrie anglaise de la carbonisation à basse température, au cours des entretiens que j'ai eu le très grand plaisir d'avoir avec lui.

CHAPITRE II.

Procédés de carbonisation à chauffage interne

§ 1. — FOURS FIXES

1. — L'usine Maclaurin de Dalmarnock.

Cette usine, pouvant traiter 100 tonnes de charbon par jour (en 5 fours de 20 tonnes), a été construite pour le compte de la Ville de Glasgow. J'ai assisté à sa mise en marche, laquelle s'est effectuée, les 15 juin 1925 et jours suivants, sous la direction de l'inventeur, M. Robert Maclaurin. Les constructeurs de l'usine sont MM. Blair, Campbell et Mc Lean Ltd (Woodville Street, Govan, Glasgow); cette firme a comme directeur, pour tout ce qui concerne les questions de carbonisation, M. John W. Mitchley. Les plans de l'usine ont été établis par eux, en collaboration avec les dirigeants des usines à gaz de la ville : MM. John W. Mac Lusky, Directeur Général; Edison Stones, Directeur Général Adjoint; Harrison, Ingénieur en Chef, et Frazer, Directeur de l'Usine de Dalmarnock.

I. — Historique et description du procédé.

L'inventeur, M. Robert Maclaurin, est un des pionniers de la carbonisation à basse température en Angleterre. Ses premières recherches, effectuées avec Sir George Beilby, remontent à l'année 1906. En 1913, il fit breveter le procédé qui porte son nom: il construisit ensuite une usine d'essai à Port-Dundas, puis un four industriel de 20 tonnes par jour à Grangemouth.

La description de l'usine de Grangemouth, ainsi que du procédé Maclaurin lui-même, a été donnée par moi dans cette Revue, d'après un travail de M. A. Guyot van der Ham (1). Cette usine donna des résultats satisfaisants, qui furent contrôlés par un essai officiel, effectué par les ingénieurs de la ville de Glasgow. A la suite de cet essai, la ville de Glasgow décida l'érection d'une usine Maclaurin de 100 tonnes par jour à Dalmarnock.

II. — Description de l'usine de Dalmarnock.

1. *Choix de l'emplacement.*

Ce choix a une importance capitale dans le cas d'une usine de carbonisation à chauffage interne, qui dispose d'énormes quantités de gaz à pouvoir calorifique relativement bas, ne pouvant, par suite, être transporté au loin, et ne convenant que pour des usages industriels (chauffage de fours, production d'énergie dans une centrale électrique, etc.).

La nouvelle usine Maclaurin a été établie à proximité de l'usine à gaz de Dalmarnock, appartenant également à la ville de Glasgow. Le gaz provenant des fours Maclaurin est utilisé, dans sa presque totalité, pour le chauffage d'une des batteries de cornues verticales de cette usine; et l'on projette, dès à présent, de doubler et même de tripler l'installation de carbonisation à basse température, afin de disposer des quantités de gaz nécessaires pour chauffer également les autres batteries de cornues de l'usine à gaz de ville.

2. *Réception et triage du charbon.*

Le charbon provient des mines voisines de Glasgow. Sa teneur en matières volatiles doit être comprise entre 25

(1) « La fabrication du coke par le procédé Maclaurin », notice par Ch. Demeure (*Annales des Mines de Belgique*, 1924, 3^e livraison, p. 721).

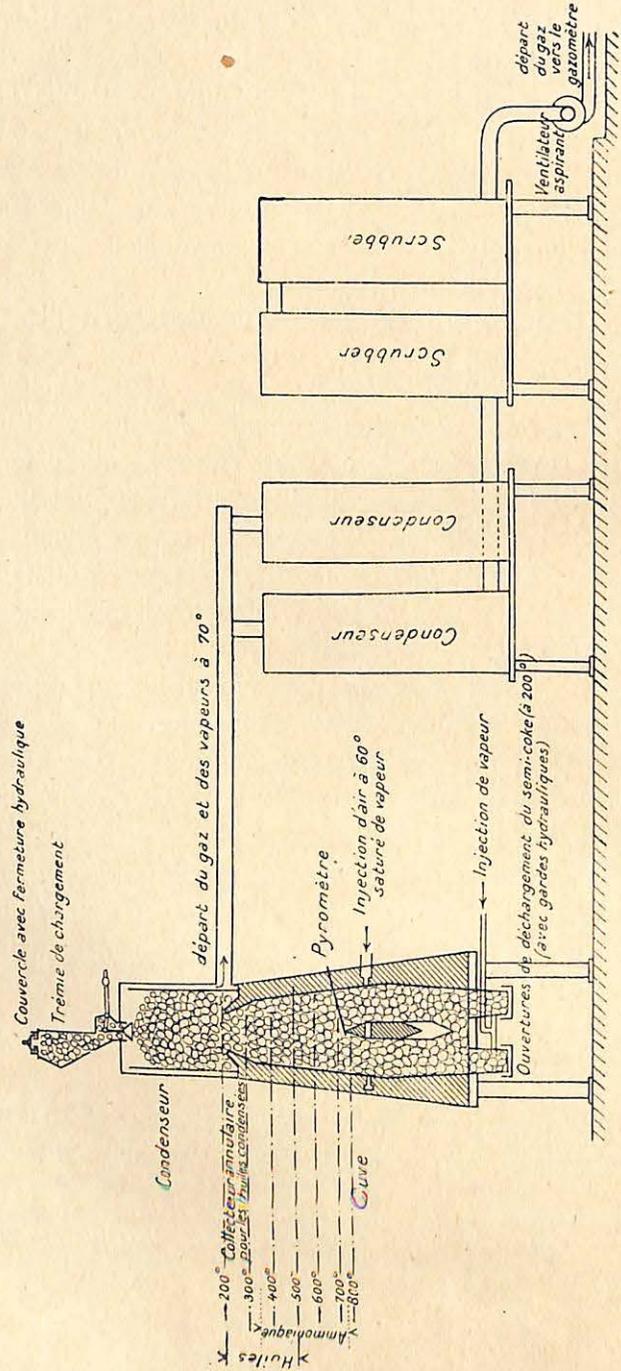


FIG. 5. — Schéma du four Maclaurin de Dalmarnock et des installations de condensation et d'épuration des gaz

et 40 % ; la préférence est accordée aux charbons à faible pouvoir cokéfiant (compris entre 8 et 16) qui ne pourraient donner de bon coke métallurgique dans les fours à chambres ordinaires. La teneur en cendres ne doit pas être supérieure à 10 %, et la proportion de fin (0-12 millimètres) contenu dans le charbon doit être au plus de 20 % : le procédé Maclaurin exige, en effet, que l'on traite du charbon en morceaux d'une certaine dimension.

La dimension préférée est celle des « treble nuts » (correspondant à peu près à notre 50/80) : des morceaux de dimension plus élevée peuvent être traités dans le four, mais la durée de la carbonisation s'en trouve augmentée, vu le temps supplémentaire que demande la transmission de la chaleur jusqu'au cœur de ces morceaux.

Le charbon est amené par wagons venant des mines, jusqu'à un grand culbuteur qui vide le contenu des wagons sur une grille. Les morceaux trop gros pour passer entre les barreaux de la grille sont brisés au marteau.

Le charbon qui a traversé la grille tombe dans une trémie de chargement, qui le dépose sur un transporteur-élévateur, lequel l'amène finalement jusque dans des réservoirs placés au-dessus des fours. Ces réservoirs ont une contenance de 200 tonnes, correspondant à la marche de l'usine pendant deux jours : ce qui permet de ne pas manipuler de charbon le dimanche.

Des réservoirs, le charbon tombe, par des portes avec fermeture hydraulique, dans des trémies de chargement, contenant chacune une tonne ; et de là dans les fours eux-mêmes, par l'abaissement de cloches coniques, analogues à celles des hauts fourneaux ou des gazogènes (v. fig. 5).

3. Carbonisation du charbon.

Le four Maclaurin est constitué d'une cuve, surmontée d'un condenseur (fig. 5).

Le profil intérieur de la cuve est semblable à celui d'un haut fourneau, mais la section horizontale est carrée, et le revêtement réfractaire est contenu dans une enveloppe en tôle, affectant la forme d'une pyramide quadrangulaire tronquée, et reposant sur des colonnes. Le condenseur est en tôle, à double paroi: il est muni à la base d'un collecteur annulaire pour les huiles condensées, et d'un orifice pour le départ du gaz et des vapeurs.

La hauteur totale, comprise entre la base des trémies de chargement et les orifices de déchargement du semi-coke, est de 36 pieds (11 mètres); et la largeur intérieure maxima (en dessous des orifices d'injection d'air) est de 8 pieds (2^m,44).

L'épaisseur du revêtement réfractaire est de 18 pouces (45 cm.) dans la partie supérieure de la cuve. Ce revêtement est constitué, à l'intérieur, de briques silico-alumineuses de première qualité, et à l'extérieur, de briques spéciales, non-conductrices de la chaleur.

Le four est séparé en deux compartiments, à sa partie inférieure, par une cloison centrale en briques réfractaires, qui sert à diviser la masse descendante de semi-coke et à la diriger vers les ouvertures de déchargement.

La chaleur nécessaire à la carbonisation est fournie par la combustion d'une partie du semi-coke produit, brûlant dans la cuve elle-même. A cet effet, l'on injecte, par des orifices ménagés dans la paroi du four et dans la cloison centrale, de l'air à 60°, saturé de vapeur d'eau. Le gaz produit s'élève dans la cuve, chauffant et carbonisant sur son passage le charbon et se chargeant des matières volatiles contenues dans celui-ci.

La répartition des températures dans le four est donnée fig. 5. La zone de dégagement des huiles est comprise entre les températures de 500° et 200°: celle de dégagement de l'ammoniaque entre les températures de 750° et 330°. La carbonisation à basse température s'effectue entre les températures de 600° et 200°. De 600° à 800°, le charbon subit un commencement de carbonisation à haute température: les produits volatils dégagés dans cette zone se mêlent à ceux de la carbonisation à basse température des zones supérieures, et c'est pourquoi le goudron Maclaurin est un mélange de goudron à basse température et de goudron à haute température; c'est pourquoi, aussi, le semi-coke Maclaurin ne contient plus que 3 à 4 % de matières volatiles; c'est pourquoi, enfin, ce procédé donne une certaine quantité d'ammoniaque.

En dessous de la zone de combustion, le semi-coke est refroidi par de la vapeur d'eau, injectée à la base même de la cuve (près des orifices de déchargement): il est déchargé, à une température de 200°, par quatre orifices munis de fermetures hydrauliques.

Le chargement du charbon (1 tonne à la fois) et le déchargement du semi-coke (550 kgs) s'opèrent toutes les heures. Il faut compter 20 heures entre le moment où le charbon est introduit dans le condenseur, et celui où le même charbon arrive dans la zone de combustion (en face des orifices d'injection d'air); et ce n'est qu'au bout de 25 ou 30 heures que s'opère son déchargement sous forme de semi-coke. Le charbon descend donc d'environ 1 pied, et sa température s'élève d'environ 35° par heure. On voit que la carbonisation s'opère d'une façon lente et progressive.

4. Produits obtenus. Produit solide: le semi-coke.

— Rendement moyen = 55 % (en poids) pour des charbons contenant de 6 à 10 % d'humidité, 30 à 35 % de matières volatiles et 6 à 9 % de cendres.

— Rendement exact, obtenu lors de l'essai officiel de l'usine de Grangemouth. Il sera donné plus loin.

Le semi-coke déchargé tombe dans des bennes de forme spéciale, qui sont poussées à la main vers un élévateur, lequel les fait monter au sommet du magasin à coke. Elles y sont déversées dans des cribles Whitehall, qui classent le semi-coke en trois catégories:

Semi-coke domestique . . .	(> 1" ou 25 m/m).
Semi-coke de forge . . .	(< 1" et > 1/2" ou 12 m/m).
Menu et poussier . . .	(< 1/2").

Chacune de ces trois catégories tombe dans un réservoir spécial. La contenance totale des trois réservoirs est de 110 tonnes, correspondant à la production de deux journées, ce qui permet de ne pas faire d'expéditions de semi-coke le dimanche. Ces réservoirs sont placés sur la voie ferrée, de façon que les wagons puissent être amenés directement sous leurs trémies et chargés ainsi par gravité.

Le semi-coke Maclaurin conserve la structure stratifiée des morceaux de charbon dont il provient: il est d'une couleur gris-noir, et possède une grande dureté. L'analyse du semi-coke obtenu lors de l'essai officiel de l'usine de Grangemouth sera donnée plus loin.

Le semi-coke Maclaurin convient parfaitement comme combustible domestique, à cause de sa grande facilité d'ignition, due à son caractère poreux.

5. Produits gazeux. Le gaz Maclaurin.

— Rendement minimum, garanti pour l'usine de Dalrnarnock, de gaz après condensation et épuration dans les scrubbers = 25.000 pieds cubes par tonne de charbon, avec un pouvoir calorifique de 240 B. T. U. par pied cube à 5 % près (le charbon répondant aux spécifica-

tions indiquées plus haut). Soit 705 mètres cubes de gaz, à 2.140 calories/mètre cube, par tonne de charbon.

— Le rendement exact, obtenu lors de l'essai officiel de l'usine de Grangemouth, sera donné plus loin, ainsi que l'analyse du gaz.

Le gaz Maclaurin est un produit complexe, résultant des opérations diverses qui s'accomplissent dans le four.

a) Décomposition de la vapeur d'eau, injectée à la base du four pour refroidir le semi-coke. Cette décomposition produit du gaz à l'eau, dont le pouvoir calorifique est d'environ 300 B. T. U. par pied cube (2,670 calories par mètre cube).

b) Production de gaz mixte de gazogène, dans la zone de combustion où l'on injecte de l'air saturé de vapeur d'eau. Le pouvoir calorifique de ce gaz est d'environ 150 B. T. U. par pied cube (1.335 calories par mètre cube).

c) Dégagement d'ammoniaque dans les zones chaudes du four (v. plus haut).

d) Distillation du charbon dans la zone de carbonisation à basse température, et spécialement dans la zone de dégagement des huiles. Cette distillation donne un gaz chargé de vapeurs d'huiles et dont le pouvoir calorifique est très élevé (700 à 800 B. T. U. par pied cube, soit 6.250 à 7.150 calories par mètre cube), mais dont le volume est relativement petit.

Le pouvoir calorifique résultant, de ces gaz après mélange, est d'environ 240 B. T. U. par pied cube (2.140 calories par mètre cube).

Le gaz sort de la double paroi du condenseur à une température d'environ 70°. Il passe ensuite à travers deux condenseurs tubulaires Blair pouvant fonctionner en parallèle ou en série, et s'y débarrasse d'une partie des huiles et des vapeurs ammoniacales qu'il contient.

Il traverse alors deux scrubbers centrifuges Maclaurin, pouvant également être mis en parallèle ou en série, et où il est purifié, par aspersion, de ses dernières traces d'huile et d'ammoniaque. Il est, enfin, aspiré par un ventilateur centrifuge, qui le refoule dans un gazomètre.

Le gaz est utilisé, dans sa presque totalité, pour le chauffage d'une batterie de cornues verticales de l'usine à gaz de ville de Dalmarnock. Une faible partie du gaz Maclaurin (12 à 13 % environ) est employée, toutefois, au chauffage d'une chaudière Boncourt, produisant 1.630 kgs de vapeur par heure. Cette vapeur actionne une machine horizontale à piston de 100 HP, qui produit la force motrice (mécanique ou électrique) nécessaire pour l'usine de carbonisation à basse température. La vapeur d'échappement de cette machine est injectée à la base des fours Maclaurin pour le refroidissement du semi-coke et la production de gaz à l'eau; la quantité de vapeur nécessaire à cet usage est de 220 à 230 kgs par tonne de charbon traitée.

Cette disposition, ainsi que d'autres dispositions similaires que nous examinerons plus loin, montrent que l'usine de Dalmarnock a été étudiée en vue d'une utilisation rationnelle des chaleurs perdues.

6. *Produits liquides. Huiles de goudron et liqueur ammoniacale.*

— Rendements moyens :

- a) Huiles de goudron: 14 à 20 gallons (63 à 90 litres) par tonne de charbon traitée. Poids spécifique: 1,032.
- b) Sulfate d'ammoniaque : 17 à 30 lbs (7 kgs,7 à 13 kgs,6) par tonne de charbon.

— Rendements exacts lors de l'essai officiel, et analyses: v. plus loin.

Les produits liquides se déposent déjà, en partie, dans le collecteur annulaire placé à la base du condenseur qui

surmonte le four (fig. 5). Ils sont toutefois repris par le courant sortant de gaz et de vapeurs, qui les entraîne sous forme de brouillard.

Un second dépôt, définitif cette fois, a lieu dans les condenseurs tubulaires (fig. 5). Le gaz y est refroidi par un faisceau tubulaire parcouru par un courant d'eau. L'eau de circulation, portée par cette opération à une température de 60° à 70° centigrades, est envoyée dans un saturateur où elle rencontre l'air qui va être injecté dans les fours, et où elle réchauffe et sature cet air, tout en se refroidissant elle-même à son contact: elle est ensuite reprise par une pompe qui la renvoie dans le faisceau tubulaire des condenseurs. Le mélange de liqueur et d'huiles condensées dans ces appareils est envoyé dans un tank de dépôt, où s'opère leur séparation par ordre de densité.

Un troisième et dernier dépôt des produits liquides contenus dans le gaz s'effectue dans les scrubbers. Le gaz y est aspergé de liqueur sulfurique, laquelle lui enlève les dernières traces d'ammoniaque qu'il contient: en même temps, ce qui reste d'huile est condensé. La liqueur chargée d'huile et d'ammoniaque est recueillie au bas des scrubbers, d'où elle est envoyée dans des réservoirs (dont l'excès s'écoule continuellement dans le tank de dépôt mentionné ci-dessus), et finalement reprise par des pompes qui la refoulent à nouveau à la tête des scrubbers, après addition de la quantité voulue d' H_2SO_4 .

La séparation des huiles et de la liqueur ammoniacale, provenant des condenseurs ou des scrubbers, s'effectue dans le tank de dépôt par différence de densité. L'huile et la liqueur y sont reprises ensuite chacune par une pompe spéciale, et refoulées dans des tanks d'emmagasinement séparés. L'usine ne possède pas d'installations de traitement de ces produits, qui sont vendus à l'état brut.

L'huile contient principalement des phénols; elle renferme aussi de la paraffine, de la cire de paraffine, des oléfines et quelques composés aromatiques. Elle ne contient ni pétrole, ni benzène, ni naphthaline, ni anthracène. Son point d'ébullition est assez élevé, ce qui explique qu'une grande partie de cette huile se dépose déjà dans le condenseur placé au-dessus du four.

La liqueur ammoniacale diffère complètement de celle obtenue dans les usines à gaz. Elle ne contient ni ferro-, ni sulfo-cyanures, mais renferme une proportion considérable de phénols polyhydriques, desquels on peut extraire facilement trois sortes de couleurs: une couleur noire, une couleur brune et une couleur verte, cette dernière présentant une grande analogie avec le vert de résorcine.

7. Précautions prises en vue d'assurer une marche continue de l'usine.

Outre la précaution, déjà mentionnée, de doubler la capacité des réservoirs à charbon et à semi-coke, d'autres mesures ont été prises en vue de remédier à l'arrêt, toujours possible, d'un des organes essentiels de l'usine.

Tous ces organes ont été doublés (ventilateurs aspirants pour le gaz, ventilateurs soufflants pour l'air, condenseurs, scrubbers, etc.).

Il a été prévu un excès considérable de force motrice (tant mécanique qu'électrique) engendrée à l'aide d'une partie du gaz des fours. En temps normal, l'excès de courant produit par la génératrice sera utilisé pour les besoins de l'usine à gaz de ville de Dalmarnock.

En outre, et afin de parer à un arrêt de la machine à vapeur, on a installé un moteur de secours, actionné à l'aide de courant électrique provenant du réseau de la ville.

Il y a lieu de remarquer enfin que l'arrêt temporaire d'un des fours n'entraînerait pas une diminution de la

quantité de gaz qui doit être fournie aux batteries de cornues: en effet, chaque four peut être poussé de manière à doubler sa production de gaz.

III. - Rendements de l'usine en produits divers.

L'usine de Dalmarnock venant d'être mise en marche, on n'a pu en faire encore aucun essai officiel, mais on possède les résultats de l'essai effectué sur l'usine de Grangemouth par les ingénieurs de la ville de Glasgow.

Cette usine comprend un four de 20 tonnes, à peu près identique à ceux de Dalmarnock. L'essai porta sur une quantité de charbon de 82,5 tonnes, et ses résultats, concordant parfaitement avec les chiffres indiqués par M. Maclaurin, déterminèrent la Ville de Glasgow à faire construire l'usine de Dalmarnock.

1. Charbon traité.

= 82,5 tonnes de charbon de la couche « Carron Lower Coxrod », dont l'analyse a donné les résultats suivants:

Matières volatiles	30,5 %
Humidité	7,7 %
Carbone fixe.	53,7 %
Cendres	8,1 %
Total	100,00 %

Teneur en soufre : 0,65 %.

Proportion de gros: 70 %.

Pouvoir calorifique : 12.500 B. T. U. par lb ou 6.875 cal. par kg.

Pouvoir cokéfiant: 13.

2. Rendement en semi-coke: 548 kgs, se répartissant comme suit :

— Morceaux	> 1" =	73,5 %
— Id.	< 1" et > 1/2" =	10,56 »
— Id.	< 1/2" et > 1/4" =	6,92 »
— Fin et poussier (< 1/4")	=	9,02 »

Total = 100,00 %

Analyse du semi-coke:

	Morceaux > 1"	Morceaux < 1" et > 1/2"	Morceaux < 1/2" et > 1/4"	Fin et poussier < 1/4"
Humidité	2,3	2,95	3,55	5,10
Matières volatiles	3,00	3,30	3,50	3,30
Carbone fixe	81,20	78,25	71,95	58,20
Cendres	13,50	15,50	21,00	33,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Teneur en surface	0,44 %	—	—	—
Poids spécifique	1,11	—	—	—
Pouvoir calorifique (B. T. U. par lb)	12.600	12.196	11.283	9.203
Pouvoir calorifique (calories par kg.)	7.000	6.760	6.260	5.120

3. Rendement en huiles de goudron: 15,60 gallons ou 71 litres de goudron anhydre, d'un poids spécifique = 1.032, et d'un pouvoir calorifique de 16.600 B. T. U. par lb.

Essai de distillation du goudron:

Humidité	=	1,70 %	
0° — 120°C =		0,64 »	
Huiles légères	}	120° — 230° =	5,47 »
		230° — 270° =	14,14 »
		270° — 320° =	16,08 »
		320° — 345° =	9,96 »
Brai	=	48,50 »	
Pertes	=	3,51 »	
Total =		100,00 »	

4. Rendement en sulfate d'ammoniaque : 17,3 lbs ou 7 kg,84.

5. Rendement en gaz: 27.731 pieds cubes à 247 B.T.U. par pied cube, ou 784 mètres cubes à 2.200 calories par mètre cube.

Analyse du gaz:

CO ₂	=	6,0
CO	=	15,9
CH ₄	=	12,4
C _n H _m	=	1,0
O ₂	=	0,4
H ₂	=	16,8
N ₂	=	47,5
Total	=	100,00

IV. — Rendement thermique du procédé Maclaurin.

Le bilan thermique de l'usine de Grangemouth, calculé d'après les résultats de l'essai officiel qui vient d'être relaté, s'établit comme suit, pour une tonne de charbon traité :

1. *Chaleurs apportées.*

1 tonne de charbon « Carron Lower Coxrod » à
6.875 calories par kg. = 6.875.000 C.

2. *Chaleurs recouvrées dans les produits obtenus.*

a) Semi-coke (morceaux > 1") = $\frac{548 \times 73,5}{100}$ =
= 403 kgs. à 7.000 calories par kg. 2.825.000 C.

b) Semi-coke (morc. 1/2" - 1") = $\frac{548 \times 10,56}{100}$ =
= 57,9 kgs à 6.760 calories par kg. 392.000 C.

c) Semi-coke (morc. 1/4" - 1/2") = $\frac{548 \times 6,92}{100}$ =
= 38,6 kgs à 6.260 calories par kg. 241.000 C.

d) Semi-coke (fin 0 - 1/4") = $\frac{548 \times 9,02}{100}$ =
= 49,3 kgs à 5.120 calories par kg. 252.000 C.

e) Goudron anhydre : 71 litres, de poids spécifique
= 1.052, soit 73.4 kgs à 9210 calories par kg. 675.000 C.

f) Gaz = 784 m³ à 2.200 calories par m³. 1.723.000 C.

Total. 6.108.000 C.

3. *Chaleurs perdues* = 6.875.000 C. — 6.108.000 C.
= 767.000 C. par tonne de charbon.

Rendement thermique de l'usine de Grangemouth =

$$= \frac{6.108.000}{6.875.000} = 88,9 \%$$

V. — **Résultats Commerciaux.**1. — **Marché et prix des matières et des produits.**

Le charbon traité à l'usine de Dalmarnock et répondant aux spécifications ci-dessus, revient en moyenne à 1 liv. st. la tonne rendue usine.

Les prix des produits sont beaucoup plus difficiles à établir. L'usine de Dalmarnock a été mise en service au cours de ma visite, et aucun marché n'était passé pour la vente du *semi-coke* à produire. La cour de l'usine était d'ailleurs encombrée de coke d'usine à gaz, que l'on ne parvenait pas à vendre par suite de la crise. D'autre part, l'usine de Grangemouth est fermée depuis 1923 : sa marche était d'ailleurs assez irrégulière, et les prix pratiqués pour la vente occasionnelle de ses produits ne pourraient plus s'appliquer actuellement, surtout pour une production importante et continue.

Dans ces conditions, force nous est de nous contenter de simples estimations, basées sur les prix pratiqués normalement pour d'autres combustibles similaires.

Les dirigeants de l'usine de Dalmarnock estiment pouvoir vendre le *semi-coke* domestique (morceaux > 1") à raison de 34 shillings la tonne départ usine. Il convient de remarquer qu'une usine établie près de Nottingham (1), et qui exploite un procédé de carbonisation analogue, vend couramment son *semi-coke* à raison de 35 sh. la tonne départ usine.

Les morceaux 1/2"-1" seraient vendus à 24 sh. 6 d. la tonne; les 1/4"-1/2" à 10 sh. 6 d., et le fin et poussier 0"-1/4" à 5 sh. 6 d.

Le *goudron anhydre* sera vendu facilement à 5 pence le gallon, prix inférieur à celui obtenu par la « Midland

(1) « The Midland Coal Products Ltd », à Netherfield. Cette usine sera étudiée dans la suite de ce mémoire.

Coal Products Ltd ». Le sulfate d'ammoniaque trouve actuellement marché à 0,75 pence la livre (lb).

Le gaz est consommé sur place, pour le chauffage d'une batterie de cornues verticales de l'usine à gaz. Pour déterminer le prix auquel il convient de le faire figurer dans un bilan estimatif, M. Maclaurin a calculé son équivalence avec du charbon à 20 sh. la tonne au point de vue du chauffage d'une batterie de chaudières, et il est arrivé à un prix de 1,8 pence à 2,3 pence par « therm » (1 therm = 100.000 B. T. U. = 25.150 calories). Comme il s'agit d'un gaz à 247 B. T. U. par pied cube (ou 2.200 calories par mètre cube), on voit que ce prix, établi sur une base calorifique, correspond à un prix « en volume » de 4,44 pence les 1.000 pieds cubes (ou 0,157 pence le mètre cube).

Il convient de remarquer que la « Midland Coal Products Ltd » vend actuellement un gaz absolument analogue à raison de 2 pence par therm.

Néanmoins, dans le bilan estimatif qui va suivre, nous comptons, par prudence, le gaz à un prix de 1 penny par therm.

2. — Frais d'exploitation (main-d'œuvre et personnel dirigeant) de l'usine de Dalmarnock.

L'usine étant en marche continue (travail de 7 jours par semaine à 3 postes par jour), ces frais s'établissent comme suit, par tonne de charbon traitée (l'usine traite 100 tonnes par jour ou 36.500 tonnes par an):

	Liv. st.	Shill.	Pence
<i>Contre-maitres</i> : 1 par poste, soit 3 par jour, à 5 L. par semaine = 15 £ par semaine = 780 liv. st. par an, soit par tonne : $\frac{780 \text{ £}}{36.500} = \dots$	0	0	5,14
<i>Mécaniciens</i> : 1 par poste, soit 3 par jour, à 12 sh. 6 d. par jour = 37 sh. 6 d. par jour 683 liv. st. 17 sh. par an, soit par tonne : $\frac{683 \text{ £ } 17 \text{ sh.}}{36.500} = \dots$	0	0	4,50
<i>Chargement et déchargement des fours</i> = 7 hommes par jour, à 9 sh. par jour = 63 sh. par jour = 1150 £ par an, soit par tonne : $\frac{1150 \text{ £}}{36.500} = \dots$	0	0	7,56
<i>Manutention du charbon et du coke</i> = 1 homme par poste, soit 3 hommes par jour, à 9 sh. par jour = 27 sh. par jour = 493 £ par an, soit par tonne : $\frac{493 \text{ £}}{36.500} = \dots$	0	0	3,24
<i>Chimiste dirigeant l'usine</i> = 450 £ par an, soit par tonne : $\frac{450 \text{ £}}{36.500} = \dots$	0	0	2,96
<i>Assistant-chimiste</i> = 200 £ par an, soit par tonne : $\frac{200 \text{ £}}{36.500} = \dots$	0	0	1,32
<i>Total par tonne.</i>	0	2	0,72

3. — Autres frais.

	Liv. st.	Shill.	Pence.
— a) <i>Intérêt et amortissement du capital.</i> Le coût de l'usine, fixé à 40.000 £ dans les devis initiaux, a été fortement dépassé, comme il est de règle ! (65.000 £ m'a-t-on dit). En comptant 10 % d'intérêt et d'amortissement (ce qui est peu) on arrive à 6.500 £ par an, soit par tonne $\frac{6.500 \text{ £}}{36.500}$. . .	0	3	5,71
— b) Droits de brevet, impôts et taxes = 2.737 £ par an, soit par tonne $\frac{2.737 \text{ £}}{36.500}$ =	0	1	6
— c) Réparations, magasins, frais généraux = 2.065 liv. st. par an, soit par tonne $\frac{2.065 \text{ £}}{36.500}$ =	0	1	1,57

4. — Bilan commercial de l'usine de Dalmarnock.
par tonne de charbon traitée.

A) Dépenses et frais divers.

— Matière : 1 tonne de charbon à 1 £	1	0	0,00
— Frais d'exploitation (main-d'œuvre et personnel)	0	2	0,72
— Intérêt et amortissement du capital	0	3	6,71
— Droits de brevet, impôts et taxes .	0	1	6
— Réparations, magasins, frais généraux	0	1	1,57
Total.	1	8	3,00

Liv. st. Shill. Pence

B) Recettes.

— Semi-coke = 548 kgs, dont :			
— 403 kgs de morceaux > 1" à 34 sh. la tonne	0	13	8
— 57,9 kgs de morceaux 1/2" — 1" à 24 sh 6 d. la tonne.	0	1	5
— 38,6 kgs de morceaux 1/4" — 1/2" à 10 sh. 6 d. la tonne	0	0	4
— 49,3 kgs de morceaux 0" — 1/4" à 5 sh. 6 d. la tonne	0	0	3
— Goudron anhydre = 15,6 gallons à 5 d le gallon.	0	6	6
— Sulfate d'ammoniaque = 17,3 lbs. à 0 d. 75 la lb.	0	1	1
— Gaz = 27.731 pieds cubes à 247 B.T.U. par pied cube = 6.850.000 B. T. U. = 68,5 therms, dont 12 à 13 % (8,5 therms environ) sont employés au chauffage de la chaudière. Restent 60 therms à 1 d. par therm.	0	5	0
Total.	1	8	3,00

On voit que, dans les circonstances actuelles, l'usine parvient simplement à équilibrer ses recettes et ses dépenses, et encore n'a-t-il été compté que 10 % pour l'intérêt et l'amortissement du capital.

Les résultats seraient nettement bénéficiaires dans le cas d'une usine plus puissante. Ainsi, dans le cas d'une usine de 300 tonnes par jour, les frais d'exploitation (main-d'œuvre et personnel) sont ramenés de 2 sh. 0 d., 72 à 1 sh. 3 d., 61; d'autre part, le coût de l'usine.

pourrait être estimé seulement à 109.500 livres sterling, ce qui permettrait de compter 15 % pour l'intérêt et l'amortissement du capital et de ramener cependant ce poste du bilan de 3 sh. 6 d., 71 à 3 sh. à la tonne.

Il convient de remarquer aussi que le prix de vente du gaz a été estimé très bas (1 d. par therm).

VI. — Conclusion.

Le procédé Maclaurin présente des particularités intéressantes au point de vue technique, et un rendement thermique satisfaisant. L'usine de Dalmarnock a été bien conçue et bien organisée, tant par l'inventeur que par les constructeurs.

Au point de vue commercial, le procédé Maclaurin offre le désavantage de ne pouvoir traiter que du charbon classé (50-80) : il ne permet donc pas l'utilisation des charbons de faible valeur marchande. *Il conviendrait parfaitement pour l'installation d'une usine de carbonisation à basse température, annexée à une cokerie.* En effet, les cokeries utilisent des « fines à coke » qui contiennent une proportion assez élevée de morceaux, que l'on doit broyer avant passage dans les fours. Il serait plus rationnel d'effectuer le triage de ces fines, et de ne retenir pour la cokéfaction que le menu, les morceaux étant réservés pour la carbonisation à basse température.

D'autre part, le gaz Maclaurin produit par celle-ci servirait au chauffage des fours de l'usine à coke, et l'on aurait ainsi l'emploi rémunérateur des grandes quantités de gaz à faible pouvoir calorifique que donne le procédé Maclaurin.

Je remercie vivement M. Maclaurin de l'amabilité avec laquelle il m'a fait visiter l'usine qu'il a conçue : je dois aussi adresser tous mes remerciements à MM. Mac Lusk, Stones et Frazer, qui ont bien voulu autoriser et faciliter

par tous moyens la visite de cette usine, et qui m'ont permis d'assister à sa mise en marche. Je suis également très reconnaissant à M. Mitchley, directeur de la maison Blair, des renseignements et documents qu'il m'a communiqués sur l'usine construite par sa firme et sous sa direction toute spéciale.

2. — L'usine de la « Midland Coal Products Ltd » à Netherfield.

La « Midland Coal Products Ltd » a comme Manager M. Charles Ingman, et comme Ingénieur M. J. E. Truzzell.

Elle possède une usine de 100 tonnes/jour, en 4 fours de 25 tonnes, dans les « Colwick Estates », à Netherfield près Nottingham. Les « Colwick Estates » sont un lot de vastes terrains industriels, desservis par la rivière navigable Trent, et par les voies ferrées de la « London and North Eastern Railway », et de la « London Midland and Scottish ». La Société qui a entrepris de valoriser ces terrains (« Nottingham Colwick Estates Ltd ») a comme président Sir Ernest Jardine, qui est en même temps Managing Director de la « Midland Coal Products Ltd ».

I. — Choix de l'emplacement.

Ce choix — dont nous ne saurions trop souligner l'importance lorsqu'il s'agit d'une usine de carbonisation à chauffage interne — a été déterminé, dans le cas de la « Midland Coal Products Ltd », par le fait qu'une puissante Centrale électrique devait être érigée dans les « Colwick

Estates » pour desservir la ville de Nottingham et ses environs. Un contrat fut passé avec cette Centrale, pour la fourniture de tout le gaz produit par la « Midland Coal Products Ltd ». Malheureusement, la municipalité de Nottingham refusa, au dernier moment, son accord, et la Centrale ne put être érigée suivant les vues primitives. On put, toutefois, établir une Centrale plus petite, destinée à desservir les usines créées ou à créer dans les « Colwick Estates ». Cette Centrale est, actuellement, le seul consommateur du gaz produit par la « Midland C. P. » : elle possède deux moteurs à gaz « National » de 750 HP et va leur en adjoindre un troisième de 1.500 HP.

La « Midland Coal Products Ltd » se trouve, de ce chef, momentanément limitée dans son développement. Elle ne peut, en effet, songer à accroître davantage ses installations de carbonisation, malgré les excellents résultats commerciaux obtenus, parce qu'elle est déjà forcée, à l'heure actuelle, de brûler à l'air libre une partie notable du gaz qu'elle produit. Elle escompte, toutefois, un développement prochain de la Centrale pour répondre aux besoins croissants des usines des Estates: elle espère aussi pouvoir vendre directement des quantités importantes de gaz à plusieurs de ces usines, pour le chauffage de leurs fours.

II. — Description du procédé.

Il est analogue au procédé Maclaurin, dont il diffère toutefois par certains points.

a) Une première différence — essentielle au point de vue des résultats commerciaux — est que l'on traite exclusivement, ici, du charbon fin et du poussier, grâce à un lavage et à un briquetage préalables.

Le but des fondateurs de cette affaire a été de pouvoir utiliser le poussier à 30-40 % de cendres, provenant du

bassin houiller de Nottingham, et qui est pratiquement invendable à l'heure actuelle.

b) Une seconde différence consiste dans la suppression du condenseur qui surmonte le four Maclaurin. Il semblerait que cette suppression est de nature à diminuer le rendement thermique, puisque les gaz quittent dès lors le four à une température plus élevée et que, par conséquent, la perte par chaleur sensible emportée par ces gaz est plus forte. En fait, le rendement thermique de ce four est, comme nous le verrons plus loin, supérieur à celui du four Maclaurin.

1. LAVAGE. — Il s'effectue à la mine même (Butterley Coal Company Ltd, à Kirkby, près Nottingham) en vertu d'un accord spécial. L'appareil choisi a été le rhéolaveur France, qui permet de ramener la teneur en cendres de 30 % à 5 %, et qui, en même temps, réduit au minimum les pertes de charbon grâce à un système de relavage des résidus.

Analyse du poussier 0-1/2'', après lavage et séchage à l'air (analyse effectuée lors de l'essai de l'usine par le « Fuel Research Board »):

Humidité	9,57
Matières volatiles	32,48
Carbone fixe	52,58
Cendres	5,37
	<hr/>
Total	100,00

2. BRIQUETAGE. — Il s'effectue à l'usine de Colwick, mais parfois, vu l'insuffisance de l'installation de briquetage actuelle, on est forcé de recourir à celle de la mine, qui est d'ailleurs identique, sauf que les dimensions des agglomérés produits sont plus grandes. Les agglomérés fabriqués à Colwick sont des ovoïdes de 2 1/2 onces

de Colwick. Le mélange est broyé dans un désintégrateur à barres (type double-cage) ; il passe ensuite à travers un tamis à mailles de 1/10 de pouce, puis est envoyé au réchauffeur-mélangeur, où il est porté à une température de 300° par l'action de vapeur surchauffée circulant dans des serpentins ; il subit alors un dernier brassage dans un broyeur et est refroidi à 60°/70° avant de passer à la presse rotative Yeadon (presse à rouleaux munis d'empreintes ovoïdes).

Analyse des agglomérés de Colwick (effectuée lors de l'essai de l'usine par le « Fuel Research Board ») :

Humidité	14,13
Matières volatiles.	34,75
Carbone fixe	46,35
Cendres.	4,77
Total.	100,00

3. CARBONISATION. — Les agglomérés sont élevés, par un ascenseur à raclettes 1 (v. fig. 7), au-dessus du niveau supérieur des fours. Elles tombent dans une trémie 2, et de là, par l'intermédiaire d'un chenal mobile 3, dans l'un ou l'autre des quatre fours 4.

Ces fours, dont le type et les dimensions sont donnés par la fig. 6, sont en tôle, avec revêtement intérieur en briques de Ganister (briques réfractaires silico-alumineuses) dans la partie supérieure (cône droit) et water-jacket dans la partie inférieure (cône renversé).

Le chargement des agglomérés s'effectue par un sas S, muni d'une trappe à la partie supérieure et d'un « cup and cone » à la partie inférieure.

Le fonctionnement du four est le même que celui du four Maclaurin. L'injection d'air et de vapeur s'effectue à la base du cône droit, avec injection supplémentaire de

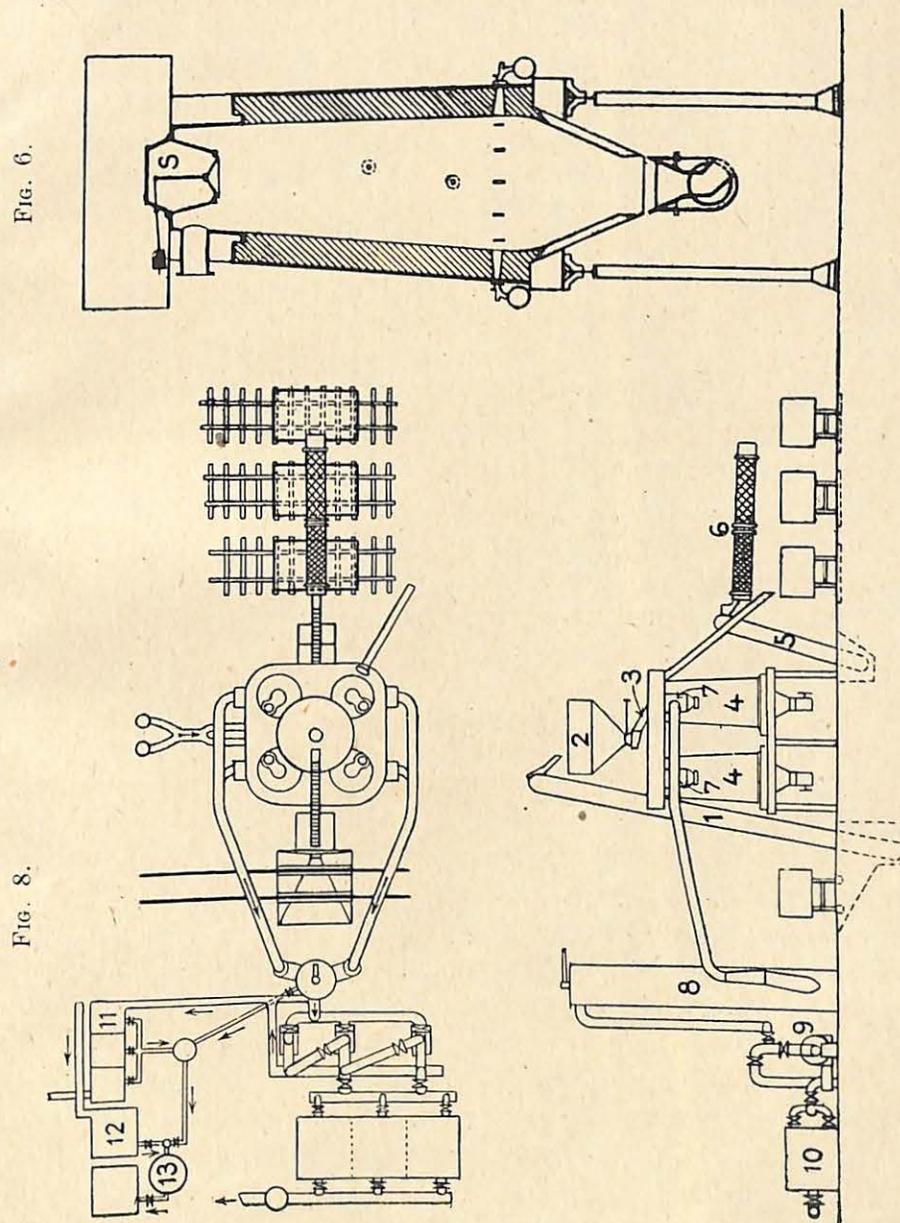


Fig. 8.

Fig. 7.

vapeur au bas du cône renversé pour refroidir le semi-coke avant son déchargement.

La quantité totale de vapeur injectée dans les fours est de 200 lbs = 91 kgs par tonne de charbon traitée.

Cette vapeur est fournie par des chaudières chauffées avec les gaz d'échappement des moteurs de la Centrale électrique qui utilise le gaz de la « Midland Coal Products Ltd ».

D'après estimations faites lors de l'essai de l'usine par le « Fuel Research Board », la température serait de 200° centigrades à la tête du four: elle croîtrait jusque 1.200° à la base du cône droit (zone des tuyères), puis décroîtrait jusque 600° au bas du cône renversé. Le semi-coke est déchargé à cette température de 600° et les gaz quittent le haut du four à une température moyenne de 200°.

Le déchargement du semi-coke s'opère au bas du cône renversé, par une valve tournante baignant dans l'eau (fermeture hydraulique étanche).

III. — Produits obtenus.

1. SEMI-COKE. — Rendement moyen : 7,5 cwt ou 381 kgs par tonne de charbon.

Parmi les boulets ovoïdes carbonisés, 60 % en moyenne ont conservé leur forme initiale (par suite de la continuité avec laquelle s'opère leur descente dans le four); 30 % sont divisés en deux ou en quatre, et les 10 % restants sortent à l'état de menu.

Après une extinction rapide à l'eau (le semi-coke sort à peine à la température du rouge-sombre), ces produits sont repris par un ascenseur à raclettes 5 (v. fig. 7) qui les conduit à un tambour-trieur 6. Les boulets intacts (au-dessus de 1 1/2 pouce) et les morceaux (de 1/2 à 1 1/2) tombent dans des wagons pour être expédiés aux

consommateurs. Le menu (en dessous de 1/2 pouce) tombe également dans un wagon, mais est ramené à l'usine de briquetage, où il est mélangé à du charbon brut et à du brai et repassé ensuite à la presse afin de rentrer dans le cycle de la fabrication.

Au cours de l'essai effectué en janvier 1925 par le Fuel Research Board, la proportion de gros indiquée ci-dessus ne fut pas atteinte et les chiffres suivants furent obtenus :

	Gros > 1 1/2 (boulets restés (entiers))	MORCEAUX (1/2 à 1 1/2)	MENU (< 1/2)
Pour les boulets fabriqués à Colwick	37,4 %	45,8 %	16,8 %
Pour les boulets fabriqués à Kirkby	46,7 %	41,8 %	11,5 %

Ce déchet considérable fut attribué par le D^r Lander à un mauvais briquetage, résultant lui-même du fait que, par suite du temps extrêmement pluvieux, le charbon n'avait pu être préalablement séché à l'air.

Analyse du semi-coke (d'après le rapport du « Fuel Research Board »):

A) Analyse élémentaire :

	Gros (> 1 1/2)	Morceaux (1 1/2 à 1/2)	Menu (< 1/2)
Humidité	2,10	1,63	3,30
Matières volatiles	2,18	1,45	15,00
Carbone fixe	86,44	83,87	65,10
Cendres	9,28	13,05	16,60
Total	100,00	100,00	100,00

Pouvoir calorifique : 7.050 cal. 6.750 cal. 6.275 cal.

b) Analyse complète (sur coke sec):

	Mélange de gros et de morceaux dans la proportion de 1/1	Menu
Carbone	86,19	75,40
Hydrogène.	0,58	2,34
Soufre	0,91	0,98
Azote	0,82	1,13
Oxygène	0,03	2,97
Cendres.	11,47	17,18
Total	100,00	100,00

Les boulets de semi-coke sont denses et durs, et présentent, à la cassure, un grain fin gris-sombre. En raison de leur dureté et de leur faible teneur en matières volatiles, ils ne peuvent convenir comme combustible pour les foyers ouverts si répandus en Angleterre, car ils sont trop difficiles à enflammer et exigent un tirage trop fort pour continuer à brûler. Mais ils conviennent parfaitement dans les poêles, et « a fortiori » dans les foyers de chauffage central. Ils supportent bien le transport, en raison de leur dureté.

2. GAZ. — Rendement moyen: 53.500 pieds cubes ou 1.510 mètres cubes par tonne de charbon.

Au sortir des fours, le gaz traverse d'abord de petits récipients à chicane avec garde hydraulique (7). Il est envoyé, ensuite, dans un laveur statique Lynn (8), simple tour de 45 pieds de haut, 6 pieds de diamètre, munie à l'intérieur d'une série de chicanes horizontales sur lesquelles ruisselle l'eau introduite par le sommet de la tour. Le gaz amené par le bas de la tour, s'y refroidit de 220° à 20° et s'y débarrasse des huiles lourdes de goudron.

Pour l'enlèvement des huiles légères de goudron, le gaz passe ensuite à travers deux laveurs dynamiques (9) — ventilateurs centrifuges avec injection d'eau par les ouïes — mis en série.

Il traverse, enfin, un scrubber (10) rempli de laine de bois, où il est débarrassé des dernières traces d'huile qu'il contient.

Analyse (moyenne) du gaz épuré:

CO ₂	1,0 %
O ₂	0 »
CO	28,7 »
H ₂	15,0 »
CH ₄	5,1 »
N ₂	50,2 »
Total.	100,00 »

Pouvoir calorifique (d'après le calorimètre automatique-enregistreur de la Centrale électrique qui utilise le gaz): 204,6 « British Thermal Units » par pied cube, soit 1.829 calories par mètre cube.

— Température de combustion de ce gaz (ou température théorique de la flamme obtenue en brûlant ce gaz): 1.800° centigrades.

— Ce gaz convient donc parfaitement pour le chauffage des fours. Il convient aussi pour la production de vapeur et pour l'utilisation dans les moteurs à combustion interne: ce sont d'ailleurs ses usages actuels à Colwick.

3. GOUDRON ET HUILES. — Rendement moyen: 20 gallons ou 90,8 litres par tonne de charbon.

Leur récolte s'effectue, principalement:

a) au bas du laveur statique Lynn pour les huiles lourdes de goudron;

b) dans les laveurs dynamiques (ventilateurs centrifuges) pour les huiles légères, qui y sont recueillies sous forme d'émulsion aqueuse. Cette émulsion est refoulée dans un « tank de séparation » (11) d'où elle est renvoyée dans un réservoir (12) muni de serpentins de vapeur vive. La chaleur dégagée par ces serpentins désagrège l'émulsion et le goudron séparé retourne au « tank de séparation » (fig. 8).

Elle s'effectue aussi, mais en faible quantité, dans les récipients à chicane traversés par les gaz à leur sortie des fours, et dans le scrubber à laine de bois.

Le goudron séparé de l'eau est envoyé dans le tank surélevé (13) où il est emmagasiné en attendant de partir pour l'usine de distillation.

La « Midland Coal Products Ltd » effectue elle-même la distillation du goudron qu'elle produit, dans une installation continue du système Hird. Cette distillation donne en moyenne, pour 20 gallons de goudron :

8 gallons d'huile (36,3 litres) ;

140 livres de brai (63,5 kgs). Cette quantité est nécessaire à l'usine pour le briquetage préliminaire à la carbonisation.

Résultats de la distillation effectuée lors de l'essai de l'usine par le « Fuel Research Board » :

Goudron : 21 gallons par tonne de charbon.		Poids sp.	
Friction distillée < 170° C			1,076
» de 170° à 230° C	Huiles	1,1 %	» 0,860
» 230° à 270°		3,9 %	» 0,950
» 270° à 360°		4,1 %	» 0,990
		26,9 %	» 1,030
Brai		63,2 %	
Perte		0,8 %	
Total		100,00	

On remarquera que le rendement en huiles distillées en dessous de 270° est peu élevé (9,1 %). C'est à peu près le quart du rendement que donne un goudron de carbonisation à basse température obtenu par chauffage externe.

Les huiles sont riches en crésols et peuvent être vendues comme telles.

La « Midland Coal Products Ltd » a créé également une usine pour la fabrication des couleurs à base de bitume. Ces couleurs, constituées de 99 % de bitume pur, mélangés à 1 % de pigment colorant, sont très résistantes. Les nuances vendues actuellement sont : noir, rouge, brun, gris et vert. Vingt tonnes de ces couleurs ont été vendues en 1924.

4. LIQUEUR AMMONIACALE. — Recueillie dans le laveur statique de Lymn, cette liqueur est trop diluée (0,06 once d'ammoniaque par gallon) pour que la récupération de l'ammoniaque soit possible.

En essayant de condenser cette liqueur à la sortie des fours, on est arrivé à recueillir, par tonne de charbon, 10,5 gallons de liqueur à 0,81 % de NH₃. — Quantité trop faible pour que sa récupération soit intéressante.

IV. — Rendement Thermique.

Le bilan thermique moyen de la marche de l'usine s'établit comme suit, par tonne anglaise de charbon traitée :

1. CHALEUR APPORTÉE . 1 tonne d'agglomérés à 12 % d'humidité, en moyenne, soit : 17,6 cwt d'agglomérés secs, ou : $17,6 \times 112 = 1.970$ lbs d'agglomérés secs.

— Pouvoir calorifique des agglomérés secs : 13.500 B. T. U. par lb (ou 7,500 calories par kg.).

— D'où la chaleur apportée par tonne d'agglomérés:
 $1.970 \times 13.500 = 26.500.000$ B. T. U. = 265 therms
 (1 therm = 100.000 B. T. U.).

2. CHALEURS RECOUVRÉES DANS LES PRODUITS OBTENUS :

— Semi-coke: 7,5 cwt à 12.500 B. T. U.	
par lb	105 therms
— Gaz: 53.500 pieds cubes à 200 B. T. U. par pied cube	107 »
— Goudron et huiles (de 1,1 poids sp.): 20 gallons à 16.000 B. T. U. par lb	35 »
Total	247 therms

$$\text{Rendement thermique} = \frac{247}{265} = 93,2 \%$$

Il convient de remarquer que ce rendement thermique de 93,2 % est encore inférieur à celui qui a été trouvé par le « Fuel Research Board » au cours de l'essai qu'il a fait de l'usine en janvier 1925. Ce rendement était de 94,5 % d'après le rapport officiel du D^r Lander.

Les pertes de 6,8 %, ou 18 therms, se répartissent comme suit:

3. CHALEURS PERDUES:

— Chaleur sensible du gaz quittant les fours à 200° C.	3,3	therms
— Chaleur sensible du semi-coke quittant les fours à 500° C.	2,3	»
— Pertes par rayonnement extérieur des fours.	1,325	»
— Pertes de gaz	3,000	»
— Pertes de poussière	1,325	»
— Pertes de goudron	3,000	»
— Pertes d'eau	3,750	»
Total	18,000	therms

V. — Résultats commerciaux.

1. — Marché et prix des matières et des produits.

Charbon. — Dans les estimations qui vont suivre, la Midland Coal Products Ltd compte le poussier lavé comme lui revenant à 12 sh. la tonne rendue en son usine, ce qui est supérieur au prix actuel.

Brai. — On considérera que le brai produit par l'usine de distillation du goudron est insuffisant pour le briquetage, et qu'il faut acheter en plus à l'extérieur une certaine quantité (25 %) du brai nécessaire.

Le prix du brai est fort variable: ce produit n'a pas actuellement de marché fixe. A Nottingham, on m'a donné le chiffre de 2 liv. st. la tonne. Nous prendrons un chiffre de 2 liv. st. 1/2, soit 50 sh. la tonne.

Semi-coke. — La « Midland Coal Products Ltd » a pu placer aisément sa production de l'année passée (production réduite de 100 tonnes par semaine) comme combustible domestique pour poêles et chauffages centraux, ainsi que pour petits gazogènes.

Elle a, actuellement, des demandes de ce combustible pour 100 tonnes par jour. Les prix cotés sont en général de 30 % supérieurs à ceux pratiqués pour le coke d'usine à gaz: ils sont en ce moment de 35 sh. la tonne départ usine.

Les agents de vente de la « Midland Coal Products Ltd » espèrent supplanter facilement, à ce prix, l'antracite comme combustible domestique, dans les villes de Nottingham, Sheffield, Bradford, etc.

Huiles de goudron. — Ces huiles trouvent facilement marché au prix de 6 liv. st. à 8 liv. st. la tonne.

Ce prix est d'ailleurs faible, si l'on tient compte de ce que les huiles légères provenant de la distillation à haute

température (fours à coke) se vendent à 13 pence le gallon, soit de 13 à 14 liv. st. la tonne.

Gaz. — Il est vendu à la centrale de Colwick au prix de 4 pence les 1.000 pieds cubes, soit à raison de 2 pence par « therm ». Cette centrale ne peut, malheureusement, absorber qu'une partie de la production de gaz des « Midland Coal Products Ltd ».

2. — Bilan d'une usine capable de produire 100 tonnes de briquettes de semi-coke par jour.

Ce bilan a été établi par la « Midland Coal Products Ltd », qui se propose de porter sa production journalière à 100 tonnes pour faire face aux demandes de semi-coke qu'elle reçoit, dès qu'elle aura trouvé un débouché pour son gaz.

En tablant, par prudence, sur un rendement en semi-coke de 7 cwt (au lieu de 7,5 cwt) par tonne (20 cwt) d'agglomérés traités, on voit que l'usine à créer devra être à même de traiter $\frac{20 \times 100}{7} = 286$ tonnes d'agglomérés par jour, ce qui exigerait 12 fours identiques à ceux existant actuellement et qui sont de 25 tonnes par jour. En fait, pour parer à une diminution de rendement ou même à un arrêt de plusieurs de ces fours, la Société estime nécessaire d'en posséder 15, et c'est sur cette base qu'elle fait ses calculs.

D'autre part, pour obtenir les 286 tonnes d'agglomérés à traiter (fabriqués avec 8 % de brai comme agglomérant), il faut employer, par jour, $\frac{286 \times 92}{100} = 263$ tonnes de poussier lavé à 5 % de cendres, et, par suite, environ 360 tonnes de poussier brut à 30 % de cendres.

1. FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT :

— Lavoir à charbon (du type « à rhéolaveurs ») permettant de laver 360 tonnes de 0-1/2'' par jour	7.000 liv. st.
— Usine de briquetage (pour 263 tonnes de poussier lavé par jour).	10.000 »
— 15 fours de 25 t./jour avec équipement complet	15.000 »
— Installations de lavage et d'épuration des gaz	8.000 »
— Usine de distillation du goudron	5.000 »
— Batterie de chaudières pour produire la vapeur nécessaire à la carbonisation	3.000 »
— Transporteurs, convoyeurs, cribles à semi-coke	2.000 »
— Fondations, divers et imprévus	10.000 »
Total	60.000 liv. st.

Les frais d'installation de l'usine *complète*, depuis le lavoir à charbon jusqu'aux appareils de distillation du goudron inclus, sont donc, par tonne de charbon lavé traitée par jour, $\frac{60.000}{263} = 228$ liv. st. et $\frac{60.000}{360} = 167$ liv. st. par tonne de charbon brut.

2. FRAIS D'EXPLOITATION DE L'USINE, en supposant une marche continue (7 jours par semaine et 3 postes de 8 heures par jour) :

A) *Main-d'œuvre:*

— Chargement et déchargement des fours: 10 hommes par poste, soit par jour	30 hommes
— Lavage et épuration des gaz: 1 par poste, soit par jour	3 »
— Lavoir à charbon et usine de briquetage: 6 hommes par poste, soit par jour	18 »
— Usine de distillation du goudron: 1 homme par poste, soit par jour	3 »
— Ajusteurs: 1 homme par poste, soit par jour	3 »
— Manœuvres: 2 hommes par poste, soit par jour	6 »
Total	63 hommes

Salaire moyen: 3 liv. st. par homme et par semaine (de 7 jours).

Dépense par semaine: $63 \times 3 = 189$ liv. st.

B) *Frais généraux:*

— Intérêt et amortissement du capital: 10 % de 60.000 liv. st., soit 6.000 liv. st. par an, et par semaine (environ)	120 liv. st.
— Force motrice (par semaine)	100 »
— Entretien, traitements du personnel dirigeant et employés.	50 »
<i>Dépense par semaine</i>	270 liv. st.

3. BILAN COMMERCIAL DE LA MARCHE DE L'USINE, SUR LA BASE D'UNE SEMAINE:

A) *Dépenses:*

— Poussier lavé à 12 sh. la tonne: $7 \times 263 = 1.840$ tonnes, soit	1.104 liv. st.
— 8 % de brai à 50 sh. la tonne: $1.840 \times 92 = 16$ tonnes, soit	400 »
8	
— Main-d'œuvre (v. ci-dessus)	189 »
— Frais généraux (v. ci-dessus)	270 »
Total	1,963 liv. st.

B) *Recettes:*

— Semi-coke: $7 \times 100 = 700$ tonnes à 35 sh. par tonne	1.225 liv. st.
— Huiles: 36,3 litres par tonne de briquettes traitées; soit, pour 2.000 tonnes de briquettes traitées par semaine, environ 60 tonnes d'huile à 6 liv. st. la tonne	480 »
— Brai: 63,5 kgs par tonne de briquettes traitées; soit, par semaine, environ 120 tonnes de brai à 50 sh	300 »
— Gaz: 53.500 pieds cubes par tonne de briquettes traitées; soit, par semaine, 107.000.000 pieds cubes de gaz à environ 200 B. T. U. (1.829 cal. par mètre cube). Ce gaz est compté pour zéro dans le bilan parce que la Société n'en a pas encore l'écoulement	0 »
Total	2.005 liv. st.

Le bénéfice par semaine, sans compter la vente du gaz, serait donc: $2.005 - 1.963 = 42$ liv. st., soit par an: $42 \times 52 = 2.180$ liv. st.; soit 3,6 % du capital investi de 60.000 liv. st.

— En fait, il sera prudent de considérer que, sans la vente du gaz, on parvient simplement à équilibrer les recettes et les dépenses.

— C'est donc la vente du gaz qui doit constituer le bénéfice de l'affaire. Or, les quantités à écouler en sont énormes, et la question est de savoir si l'on pourra maintenir le prix de 4 pence les 1.000 pieds cubes, actuellement payé par la Centrale électrique des « Colwick Estates ». (Ce prix assurerait un bénéfice de $4 \times 107.000 = 428.000$ pence ou 35.700 sh., ou 1.785 liv. st. par semaine; soit 93.000 liv. st. par an pour un capital investi de 60.000 liv. st. !)

VI. — Conclusion.

Des considérations qui précèdent (et auxquelles je désire ajouter l'impression favorable que m'ont laissée ma visite de l'usine — parfaitement organisée — et mes conversations avec les dirigeants), je crois pouvoir conclure que la « Midland Coal Products Ltd » travaille suivant des bases saines, et qui deviendront extrêmement profitables le jour où, par suite du développement de l'industrie dans les « Colwick Estates », cette Société pourra écouler sur place des quantités importantes de gaz.

J'ajouterai que l'application de ce procédé me paraît devoir donner des résultats commerciaux intéressants, si l'on peut trouver, pour l'usine à établir, un emplacement qui réponde aux deux conditions suivantes:

1° Proximité immédiate de charbonnages produisant des quantités importantes de poussier à haute teneur en

matières volatiles — afin d'obtenir à très bon compte la matière première. Cette condition peut être réalisée facilement dans le Borinage, par exemple:

2° Proximité immédiate de gros consommateurs de gaz industriel (grandes centrales électriques au gaz, fours métallurgiques, fours de verrerie, de céramique, etc.), afin d'écouler dans de bonnes conditions ce gaz que l'on produit en quantités énormes.

En terminant, je tiens à remercier MM. Charles Ingman et J. E. Truzzell, respectivement Manager et Ingénieur de la « Midland Coal Products Ltd », de l'obligeance avec laquelle ils m'ont permis de visiter leurs installations, et de l'amabilité qu'ils ont mise à me fournir tous les renseignements que je leur ai demandés sur la marche de leur usine.

(A suivre).