

Commission Technique Internationale de Valorisation du Charbon de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier

5^e SESSION - 3 au 7 octobre 1955

Compte rendu par FEDECHAR et INICHAR

INTRODUCTION

Le présent document constitue le rapport des visites effectuées par la Commission Technique Internationale de la Valorisation du Charbon, lors du voyage d'étude en Grande-Bretagne du 3 au 7 octobre 1955.

Il a été rédigé par les délégués belges :

*MM. BERX, de la S.A. Cockerill-Ougrée, à Seraing.
GRAND'RY, de la S.A. Carbochimique et Carbonisation Centrale, à Tetre.
VENTER, de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière.
LEDENT, de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière.*

Il est divisé en six chapitres consacrés aux six installations visitées, à savoir :

- I. Le « Central Research Establishment » du N.C.B. à Stoke Orchard.*
- II. La cokerie charbonnière de Nantgarw.*
- III. L'usine à « Phurnacite » d'Aberaman.*
- IV. L'usine à gaz de Beckton.*
- V. Le centre de recherches de la B.C.U.R.A. à Leatherhead.*
- VI. La « Fuel Research Station » à Greenwich.*

En fin des divers chapitres figurent quelques références bibliographiques relatives aux installations visitées ou aux recherches qui y sont actuellement en cours.

LISTE DES PARTICIPANTS

<i>Haute Autorité :</i>	MM. DELARGE, FACINI, SCHENSKY.
<i>Allemagne :</i>	MM. BUSCH, HAACKE, HOFMEISTER, JENKNER, KOCH, KRUEGER, LUEPKE, MULLER-GLIEMANN.
<i>Belgique :</i>	MM. BERX, GRAND'RY, LEDENT, VENTER.
<i>France :</i>	MM. BOYER, GODDET, SABATIER.
<i>Italie :</i>	MM. BOBBIO, COLLO, DELPIANO, SCORTECCI.
<i>Pays-Bas :</i>	M. EX.
<i>Sarre :</i>	MM. BASSAL, DONTOT, HOFFMANN, ZEWEN.
<i>Royaume-Uni :</i>	MM. GREENWOOD, JONES, MAC DOUGALL, WEBB.
<i>Interprètes du N.C.B. :</i>	MM. HAMILTON, MACE, READETT.

I. LE CENTRAL RESEARCH ESTABLISHMENT (C.R.E.I.) A STOKE ORCHARD (PRES DE CHELTENHAM)

1. Généralités.

Le Centre de recherches de Stoke Orchard a été créé par le National Coal Board peu après la nationalisation des mines.

Il est installé en dehors des bassins charbonniers, mais à moins de 100 km des bassins du Staffordshire et du Pays de Galles.

Son programme de travaux comprend l'étude de l'utilisation et de la valorisation des charbons, à l'exclusion des problèmes relevant de la technique minière proprement dite.

Le personnel du centre compte 320 unités dont 80 universitaires, 150 diplômés d'écoles techniques et 90 ouvriers.

Plusieurs recherches actuellement en cours sont orientées vers la production d'un combustible domestique sans fumée à partir de charbons à haute teneur en matières volatiles. Ce problème revêt une importance toute spéciale pour la Grande-Bretagne, en raison de sa faible production de charbons anthraciteux et par suite de la pollution atmosphérique résultant de la combustion du charbon gras dans les foyers ouverts des grands centres urbains.

Les réserves de charbon à coke étant, par ailleurs, assez limitées, il importe que le nouveau combustible soit obtenu sans devoir recourir à des charbons cokéfiant.

On s'oriente donc vers la mise au point d'un procédé en plusieurs temps qui utiliserait au départ des fines de charbons flambants, relativement abondantes en Grande-Bretagne, ou encore des charbons demi-gras à faible pouvoir agglutinant.

Le procédé comporterait trois phases essentielles :

— une phase préparatoire au cours de laquelle le

— une phase de carbonisation finale des briquettes afin de les transformer en combustible domestique sans fumées.

Au cours de la visite, différentes démonstrations ont été présentées en vue d'illustrer cinq aspects de ce travail de recherche, à savoir :

- l'oxydation fluidisée
- la carbonisation fluidisée
- l'agglomération à chaud
- la carbonisation des briquettes au sable chaud
- l'étude des goudrons et sous-produits.

2. Oxydation fluidisée.

Le traitement par oxydation est essentiellement destiné aux charbons mi-gras ou trois-quarts gras qui constituent la transition entre les charbons cokéfiant et les charbons maigres non agglutinants.

Les propriétés agglutinantes résiduelles de ces charbons les rendent impropres à la fabrication de briquettes carbonisées en raison du ramollissement et du collage des briquettes durant la carbonisation.

La technique d'oxydation fluidisée remédie à ces inconvénients grâce à la destruction plus ou moins complète des propriétés agglutinantes résiduelles. Comme toutes les méthodes de fluidisation, elle se prête à un contrôle très précis des conditions opératoires permettant d'atteindre très exactement le degré d'oxydation optimum.

La fluidisation, qui confère aux particules solides des propriétés comparables à celles des liquides, permet au surplus de simplifier la manutention et d'effectuer le traitement de façon continue avec un minimum de personnel.

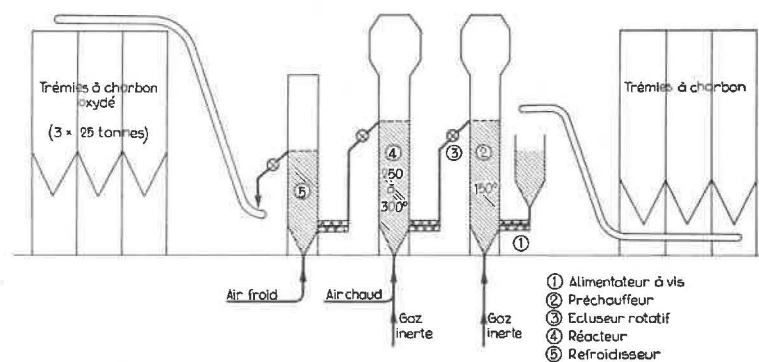


Fig. 1. — Oxydation fluidisée — schéma de principe.

charbon fin subirait une oxydation contrôlée ou une carbonisation partielle dans un appareil de traitement en phase fluidisée dense.

— une phase d'agglomération du semi-coke ainsi obtenu avec addition d'une quantité plus ou moins importante de brai.

Les premières expériences ont été réalisées en laboratoire, dans une installation pilote à l'échelle de 22,5 kg/h (50 livres).

Actuellement, on procède au montage d'une installation semi-industrielle capable de traiter une tonne à l'heure.

La figure 1 montre le principe de cette installation.

Le charbon traité contient de 16 à 20 % de matières volatiles et arrive sous forme de fines lavées. Après un premier broyage à 10 mm (3/8^e de pouce), le charbon est séché et pulvérisé en dessous de 0,5 mm (30 mesh B.S.S.). Un alimentateur à vis (1) l'introduit dans une première cuve de fluidisation (2) où il est chauffé jusqu'à 150° C par un courant de gaz inerte.

Il traverse ensuite un écluseur rotatif (3), puis est introduit dans le réacteur (4) dans lequel il est fluidisé par un courant de gaz inerte chaud auquel on a ajouté une quantité d'air exactement contrôlée. La température du réacteur est maintenue à un niveau constant (250 à 300° C suivant les charbons) et suivant le degré d'oxydation que l'on veut réaliser.

Après passage à travers un nouvel écluseur, le charbon entre dans une cuve (5) dans laquelle il est refroidi par fluidisation à l'air, une certaine quantité d'eau étant ajoutée au lit fluidisé, pour réduire la température au niveau nécessaire. L'installation est compacte et peu encombrante, les cuves de fluidisation ont un diamètre de l'ordre de 30 à 60 cm et une hauteur de 3 à 4 mètres; elles sont groupées l'une à côté de l'autre dans un local de quelques mètres carrés.

Le gaz inerte utilisé dans le préchauffeur est obtenu en brûlant du gaz de ville avec juste assez d'air pour qu'il n'apparaisse pas d'oxygène dans les fumées. Le gaz de réaction est un mélange de ce gaz inerte et d'air chaud.

Il est à noter que, dans une installation industrielle, le briquetage pourrait s'effectuer à chaud, ce qui permettrait de supprimer la cuve de refroidissement. La chaleur d'oxydation dégagée dans le réacteur pourrait également être utilisée pour chauffer de l'eau et servir aux besoins thermiques de l'usine.

Toute cette installation pilote a été conçue pour fonctionner de façon entièrement automatique sous le contrôle d'un seul surveillant. L'appareillage de régulation et de contrôle est groupé sur un tableau central, les principaux appareils étant : les régulateurs de la température en tête de chacun des trois fluidiseurs et le régulateur de l'alimentation de charbon. A côté de cela figurent une série d'appareils, parmi lesquels un indicateur de la teneur en oxygène du gaz entrant dans le réacteur et de celle du gaz sortant et un indicateur de la hauteur et de la densité apparente du lit fluidisé.

3. Carbonisation fluidisée.

La carbonisation fluidisée est actuellement expérimentée en vue de la production d'un semi-coke pulvérulent de 6 à 12 % de matières volatiles à partir de fines de charbons flambants.

Le semi-coke obtenu peut ensuite être aggloméré et servir de matière première à la fabrication d'un combustible domestique sans fumées. Il pourrait également servir à d'autres usages, notamment celui d'amaigrissant dans la constitution des mélanges pour fours à coke.

Les matières volatiles distillées sont recueillies sous forme de goudrons et de gaz.

Les essais sont actuellement réalisés dans une installation pilote d'une capacité de 45 kg/h (100 livres), représentée schématiquement à la figure 2.

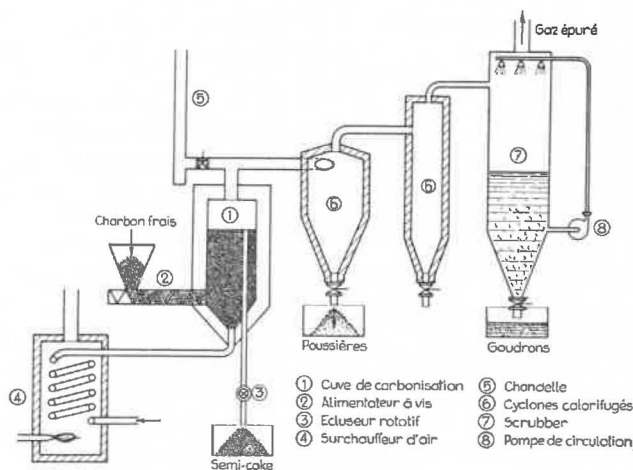


Fig. 2. — Carbonisation fluidisée — schéma de principe.

Cette installation comporte essentiellement une cuve de carbonisation (1) à parois métalliques, pourvue d'un système de chauffage extérieur. Le charbon y est introduit par l'alimentateur à vis (2) et sort à l'état de semi-coke par un tuyau de trop-plein pourvu d'un écluseur rotatif (3). Le gaz de fluidisation (généralement de l'air) traverse le surchauffeur (4) avant d'entrer dans la cuve de carbonisation. Une petite fraction du charbon traité est brûlée par l'oxygène de l'air de fluidisation, ce qui contribue à maintenir la température du lit au niveau voulu.

Le gaz obtenu peut être brûlé par la chandelle (5) ou être épuré dans une installation de récupération constituée de deux cyclones dépoussiéreurs calorifugés (6) et d'un scrubber (7). Les goudrons décantés s'évacuent à la base du scrubber, tandis que les eaux de condensation sont recyclées par la pompe (8), pour servir au lavage des gaz.

Le charbon traité comporte habituellement 35 à 40 % de matières volatiles.

La quantité de goudron récupérée est de l'ordre de 20 % (sur charbon sec); elle varie suivant la nature du charbon et suivant la température de traitement.

La teneur en matières volatiles du semi-coke peut être ajustée en agissant sur la température de carbonisation. Elle est habituellement de 6 à 12 %.

Lorsqu'on utilise l'air pour la fluidisation, le pouvoir calorifique du gaz ne dépasse pas 2200 kcal/m³ (250 BTU/cf). On peut augmenter ce pouvoir calorifique jusqu'à un maximum de 8900 kcal/m³ (1000 BTU/cf) si la fluidisation est réalisée à la vapeur, avec chauffage de la cuve à travers la paroi.

4. Agglomération à chaud.

La plupart des charbons destinés à la fabrication des briquettes de combustible domestique sans fu-

mées devant subir un prétraitement à chaud (oxydation ou semi-carbonisation fluidisée), il est peu rationnel de les refroidir en dessous de 100° en vue de les agglomérer et de devoir ensuite les réchauffer jusqu'à 700 ou 800° pour la dernière phase de carbonisation.

La station d'essai de Stoke Orchard a ainsi été amenée à étudier la fabrication des boulets par agglomération à température élevée. Outre son avantage au point de vue du bilan thermique des opérations de prétraitement et de carbonisation des briquettes, cette méthode permet une sensible économie de brai, les propriétés agglutinantes du charbon pouvant intervenir en remplacement d'une partie du liant.

La méthode d'agglomération utilisée ressemble à celle de Hardy, la gamme des températures d'agglomération admissibles étant éventuellement élargie par l'addition d'un fondant (charbon fusible) au mélange charbon-brai.

Le dispositif expérimental comporte un mélangeur chauffé au gaz, une presse d'agglomération à volume constant qui fournit une pression de 235 à 315 kg/cm² (1 1/2 à 2 tonnes/pouce carré) et une cellule de carbonisation dont les dimensions sont calquées sur celles des fours à phurnacite (voir chapitre III).

Divers mélanges ont été étudiés et on est parvenu à des résultats satisfaisants, que la matière première à agglomérer soit du charbon oxydé ou du semi-coke de carbonisation fluidisée.

Lorsque l'on part du semi-coke, l'agglomération peut être réalisée entre 400 et 440° à partir d'un mélange ternaire comportant :

- 5 à 4,5 % de brai
- 10 % de charbon agglutinant
- 85,5 à 87 % de semi-coke.

Lorsque l'on part de charbon oxydé, l'agglomération a lieu entre 250 et 350° et le mélange se réduit à 2 constituants :

- 3 % de brai
- 97 % de charbon oxydé,

l'oxydation contrôlée permettant de conserver au charbon un reste de pouvoir agglutinant qui rend inutile toute addition de charbon fusible.

Dans les deux cas, les briquettes obtenues ont une résistance mécanique suffisante pour que l'on puisse les manutentionner mécaniquement et les charger dans les fours de carbonisation sans refroidissement intermédiaire.

La figure 3 montre l'allure des diagrammes de température au cours des différentes phases de traitement, dans le cas de l'agglomération classique à basse température et dans celui de l'agglomération à chaud.

5. Carbonisation des briquettes au sable chaud.

La vitesse à laquelle le charbon ou les agglomérés peuvent être carbonisés dans des fours classiques chauffés par l'extérieur est limitée par la conductibilité relativement faible des parois réfractaires et par la faible vitesse de pénétration de la chaleur à l'intérieur même de la charge. Il en résulte un temps de carbonisation relativement long qui, dans les meilleurs fours industriels, atteint encore 4 heures (voir chapitre III).

Ce temps peut être ramené à 2 ou 3 heures si les gaz de chauffage sont injectés à l'intérieur même de la charge (comme par exemple dans le procédé Baumco ou encore dans le four du C.R.I. de Tokio), mais l'avantage qui en résulte est compensé par la moindre valeur du gaz produit, le gaz de distillation étant dilué par un ballast d'azote et de CO₂.

Les calculs théoriques et les essais de laboratoire ont cependant démontré qu'une large gamme de charbons non cokéfiant agglomérés en boulets de 30 à 35 g peuvent être carbonisés avec de bons résultats en moins d'une heure (parfois même en une 1/2 heure) à seule condition qu'un flux de chaleur suffisant soit apporté à la surface de chaque aggloméré, et ce, à la température adéquate.

Ces conditions ont donné naissance au procédé de carbonisation au sable chaud, procédé dans lequel la chaleur est introduite dans la charge par une matière granuleuse (en l'occurrence le sable) préalablement chauffée vers 800° et qui s'écoule de haut en bas à travers le lit d'agglomérés.

Les essais actuellement en cours sont réalisés dans une installation pilote d'une capacité de l'ordre de 150 kg/heure, dont les principaux éléments sont schématisés à la figure 4.

Le sable chauffé à 800° dans un four (1), alimenté au gaz de ville, est entraîné par les fumées de combustion jusqu'à un réservoir intermédiaire (2)

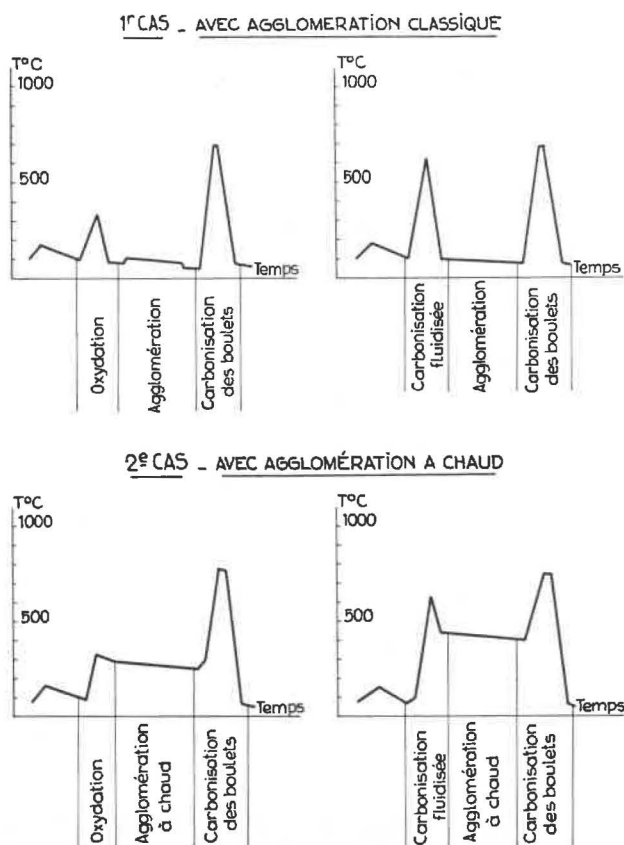


Fig. 3. — Variation de la température au cours des différentes phases de traitement.

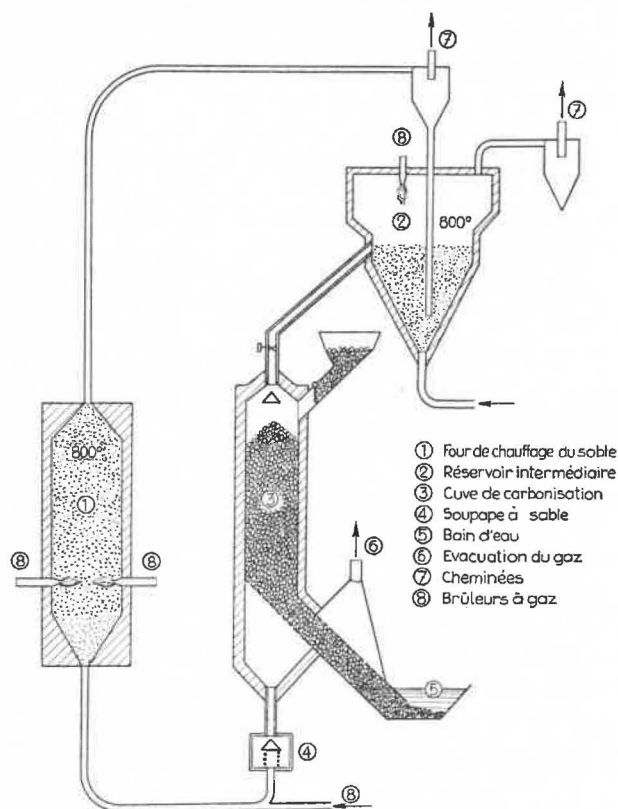


Fig. 4. — Carbonisation des boulets au sable chaud — schéma de principe.

dans lequel il est porté à l'état fluidisé, la température étant maintenue au niveau voulu par la combustion d'un appoint de gaz.

Le sable traverse ensuite un tuyau incliné pourvu d'une vanne de manœuvre, puis entre dans la cuve de carbonisation à revêtement intérieur réfractaire (3) dans laquelle il coule de haut en bas. À la base de la cuve, il traverse un tamis et une soupape à sable (4) pour être finalement repris par les fumées chaudes d'un brûleur à gaz et renvoyé au four de réchauffage (1).

Les boulets de charbon sont introduits dans le haut de la cuve de carbonisation et en sortent à la partie inférieure, en traversant un bain d'eau (5) qui sert d'étouffoir et de joint hydraulique. Quant aux gaz de distillation, ils sont éliminés par le conduit (6) situé au bas de la cuve. Actuellement, la chaleur sensible des fumées évacuées par les cheminées (7) n'est pas récupérée. Dans une installation industrielle, elle pourrait servir à préchauffer les boulets ou à alimenter une chaudière de récupération.

Une première série d'essais a montré que des boulets de 1/2 pouce de diamètre, préparés à partir de charbons à faible teneur en matières volatiles, pouvaient être carbonisés d'une manière continue, en moins d'une heure.

D'autres essais ont été réalisés sur des boulets plus gros (28 g) et, bien que les dimensions de la cuve n'aient pas permis un mouvement continu de la charge, ces essais ont montré que la teneur en matières volatiles des boulets pouvait être réduite

au niveau requis par une cuisson de très courte durée (de l'ordre d'une heure). Des études sont actuellement en cours en vue de mettre au point la carbonisation continue de ces matériaux plus gros dans une cuve de plus grand diamètre.

Les travaux actuels sont essentiellement orientés vers la production d'un combustible domestique sans fumées à 3 ou 4 % de matières volatiles; il n'est cependant pas exclu que la méthode puisse être appliquée avec une température de carbonisation plus élevée, en vue de la production d'un coke pouvant convenir au haut-fourneau. La méthode classique des fours à coke présente, en effet, deux défauts majeurs : d'une part, elle n'est applicable qu'à une gamme de charbons relativement peu étendue et il est notoire que les réserves mondiales de charbons à coke vont en s'épuisant progressivement; d'autre part, en raison de la longue durée de cuisson, la carbonisation en fours à coke exige des installations particulièrement vastes et coûteuses et il est certain que des méthodes nouvelles permettant de réduire le temps de carbonisation réduiraient par le fait même l'importance des capitaux à investir.

6. Etude des sous-produits.

Le développement de la production de combustible sans fumées aura pour conséquence un accroissement considérable des tonnages de charbons à carboniser. La recherche des utilisations possibles des sous-produits de cette carbonisation présente un intérêt économique fondamental et a justifié la création d'un département dont l'activité est centrée sur l'étude des goudrons. Le procédé de carbonisation fluidisée donne, en effet, un rendement en goudrons particulièrement élevé. En traitant un charbon à 40 % de M.V. à une température de l'ordre de 600°, on obtient normalement 135 litres de goudrons par tonne (30 gallons) contre une cinquantaine de litres (10 à 12 gallons) lors de la carbonisation en fours à coke d'un charbon à ± 30 % de M.V.

Des techniques standardisées ont été mises au point pour l'étude systématique des goudrons en utilisant l'extraction par solvants et la distillation fractionnée.

Le tableau suivant donne un aperçu de la composition des goudrons obtenus par carbonisation fluidisée :

	(lbs/ton)	(kgs/tonne de charbon traité)
huiles neutres	108	49
huiles phénoliques	76	34
bases pyridiques, etc	9	4
brai	107	48
total	300	135

Les huiles neutres ont des points d'ébullition variant de 90 à 450° et ne présentent pas de dépôts cristallins aromatiques (moins de 1/10 % de naphthaline).

Les fractions supérieures de ces huiles contiennent des chaînes aliphatiques (cires). D'une façon générale, elles sont susceptibles d'être utilisées comme carburants ou comme combustibles.

La quantité de phénols est particulièrement élevée (10 à 15 fois plus que dans les sous-produits des fours à coke). Ces phénols se répartissent approximativement comme suit :

- 60 % de phénols à haut point d'ébullition (280-300°)
- 10 % de catechol
- 30 % de phénols-xylénols et crésols.

On étudie la possibilité d'augmenter la valeur marchande de ces produits par cracking des phénols lourds en vue d'obtenir une plus grande proportion de produits légers.

L'appareil de cracking utilisé fonctionne entre 700 et 800° C avec catalyse au molybdate de cobalt.

Les produits à fractionner traversent la colonne de cracking de haut en bas, entraînés dans un courant de vapeur surchauffée.

D'autres études, actuellement en cours, visent à modifier les propriétés rhéologiques du brai en vue de l'utiliser comme combustible ou comme liant pour la construction des routes.

II. LA COKERIE CHARBONNIERE DE NANGARW

1. Généralités.

La cokerie de Nangarw est la première cokerie réalisée par le National Coal Board, sur un emplacement entièrement nouveau.

Elle est située dans la vallée de la rivière Taff, à environ 12 km de Cardiff, juste à côté du nouveau charbonnage de Nangarw.

L'emplacement choisi, au pied des vallées de la Galles du sud, est idéalement situé pour constituer le centre du nouveau réseau de distribution de gaz. Quant au coke produit, il trouve un marché assez vaste dans la région industrielle du sud du Pays de Galles qui précédemment devait importer son coke d'autres districts charbonniers.

Le projet initial établi en 1946 par la Powel Puffryn Ltd a subi diverses modifications du fait de la nationalisation des mines. La capacité de

traitement a finalement été portée à 1.500 tonnes de charbon par jour. Le charbonnage de Nangarw fournit actuellement les deux tiers du charbon enfourné et on compte augmenter sa quote-part jusqu'à 85 %.

Les charbons utilisés sont répartis en trois catégories principales :

les charbons à faible teneur en M.V. (15 à 20 %), qui sont tous de provenance extérieure, sont repérés par une étiquette rouge et emmagasinés dans des silos correspondants;

les charbons à moyenne teneur en M.V. (20 à 26 %) sont repérés par des étiquettes jaunes et ceux à haute teneur en M.V. (26 à 30 %) par des étiquettes bleues.

Le mélange enfourné titre environ 23 % de M.V., il est réalisé à partir de quantités égales de charbons étiquetés rouges et bleus, auxquels s'ajoute

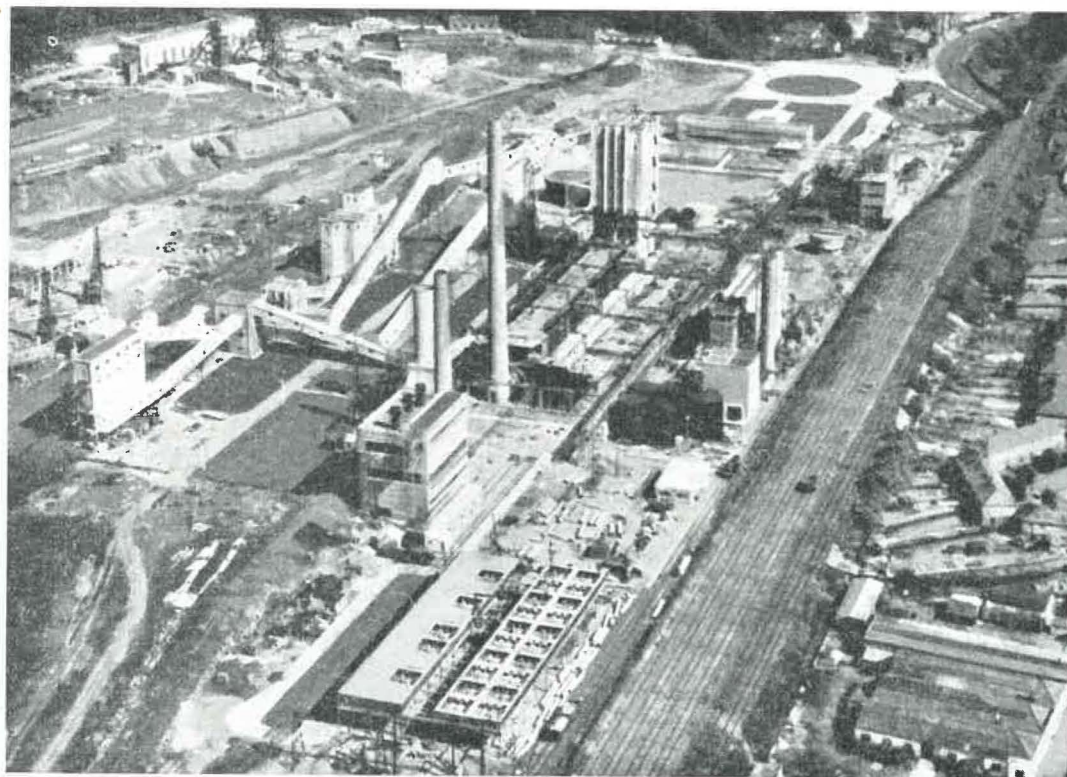


Fig. 5. — Vue générale de la cokerie de Nangarw.

une quantité quelconque de charbons étiquetés jaunes.

La disposition d'ensemble du charbonnage et de la cokerie est indiquée à la figure 5. Comme on peut le voir, l'alignement des fours divise l'usine en deux parties à peu près égales, l'une est réservée à la manutention du charbon et du coke, l'autre à l'usine à sous-produits et à l'installation d'épuration du gaz.

2. Manutention du charbon.

Le calibre maximum du charbon traité à la cokerie est de 50 mm, les catégories plus grosses étant éventuellement concassées au départ de la mine.

Le charbon provenant du triage-lavoir du charbonnage de Nangarw est amené par une courroie transporteuse de 760 mm de largeur (30 in) d'une capacité de 200 t/heure, le charbon de provenance extérieure arrive par wagons et est déversé par un culbuteur d'une capacité de 200 t/heure. Du culbuteur, le charbon passe sur une courroie transporteuse de 760 mm de largeur via un alimentateur répartiteur Sherwen.

Le charbon parvient ainsi au haut du bâtiment de stockage où il est réparti entre 10 silos de 200 tonnes.

À la base du bâtiment de stockage, le charbon est repris par 10 petits transporteurs passant sous chacun des 10 silos et qui alimentent la même courroie collectrice. Le dosage des constituants du mélange se fait par variation de la vitesse des petits transporteurs dont le débit peut être réglé à volonté entre 20 et 80 t/h.

La courroie collectrice passe sur un tambour magnétique destiné à enlever les morceaux de fer, puis délivre le charbon à l'installation de broyage constituée par deux broyeurs à marteaux B.J.D. d'une capacité unitaire de 160 t/h, actionnés chacun par un moteur de 270 H.P. Ces broyeurs sont prévus pour traiter du charbon 0-63 mm ($< 2 \frac{1}{2}$ in) et pour fournir un produit dont 85 % passent au tamis de 3,2 mm ($\frac{1}{8}$ in), pour autant que la teneur en humidité du charbon alimenté ne dépasse pas 10 %.

Un nouveau transporteur de 760 mm relève le charbon broyé jusqu'au sommet de la tour à charbon. Cette dernière a une capacité totale de 3.000 t et est divisée en deux compartiments.

La base de la tour comporte 24 embouchures de chargement disposées en 4 rangées de 6.

Un pont de pesée avec dispositif automatique d'impression de tickets est installé sous les voies de l'enfourneuse pour enregistrer le poids de chaque chargement.

3. Fours à coke.

La batterie de fours à coke compte 72 fours, répartis en sections indépendantes de 12. Cette division en petites sections a été réalisée en vue de maintenir la régularité des fournitures de gaz lorsqu'une section de fours devra subir des réparations importantes.

L'enfournement journalier est de 1.500 tonnes de charbon à 9 % d'humidité. Soixante fours travaillent en coke métallurgique avec une durée de cuisson de 18 heures et les 12 autres en coke de fonderie avec une durée de cuisson de 26 heures. La charge d'un four est de 17,5 t de charbon tel quel.

Les fours sont du type Simon Carves compound à carnaux jumelés underjet standard, avec régénérateurs à trois compartiments. Ils ont 13,60 m de longueur sur la sole, 3,80 m de hauteur et une largeur moyenne de 457 mm (1 pied 6 pouces).

Le volume de la charge est de 20,3 m³ (720 c.f.) calculé sur dimensions à froid.

Les fours sont conçus pour être chauffés, soit au gaz de gazogène, soit au gaz de fours à coke. Une salle de service est installée dans l'infrastructure de la batterie pour le contrôle de toutes les tuyauteries à gaz et le réglage des tuyères des brûleurs.

Quant la batterie est chauffée au gaz riche, la moitié des piédroits sont parcourus par de l'air et l'autre moitié par du gaz brûlé, le gaz riche étant admis directement aux blocs brûleurs.

Quand la batterie est chauffée au gaz pauvre, la partie centrale de chaque régénérateur (courant montant) chauffe le gaz combustible, tandis que les deux sections extérieures chauffent l'air nécessaire à la combustion; de cette façon, une section de régénérateur chauffant de l'air est toujours interposée entre les sections traversées par le gaz combustible et les sections traversées par les fumées de combustion (courant descendant). Cet arrangement empêche toute perte de gaz de chauffage par fuite dans le courant de gaz brûlé.

La maçonnerie des fours est de construction composite : les carnaux de sole et les parois de régénérateurs sont en matériau silico-alumineux jusqu'au dixième tas, tandis que les autres tas des régénérateurs et les piédroits des fours sont en silice.

Deux cheminées situées aux deux extrémités de la batterie de fours et exactement dans l'axe de la batterie évacuent les gaz brûlés.

Chacune de ces cheminées mesure 73,15 m de hauteur et environ 2,43 m de diamètre intérieur au sommet; les 9 mètres supérieurs ont été assemblés par du ciment anti-acide, tandis que les 21 m inférieurs sont revêtus intérieurement d'un fourreau de briques réfractaires.

Les portes de fours sont du type auto-lutant, les plaques « flash » étant faites en profilés et montées dans des cadres pouvant être enlevés et remplacés sans toucher aux ancrages. Des rateliers spéciaux sont aménagés dans le cul-de-sac en maçonnerie des culées, où des portes de rechange peuvent être maintenues chaudes et prêtes à l'usage.

Il y a deux colonnes montantes pour chaque four, toutes deux équipées d'éjecteurs de vapeur (pour obtenir un enfournement sans fumée) ainsi que de pulvérisateurs d'eau ammoniacale dans les coudes.

Chaque bloc de 12 fours est pourvu de deux barillets, l'un du côté défourneuse l'autre du côté coke. La pression est réglée séparément dans chacun des barillets par l'action d'un régulateur Askania logé dans une salle centrale de contrôle. Chacun des collecteurs est relié à une chandelle de

400 mm de diamètre par une soupape à joint hydraulique à action rapide.

4. Machines des fours.

La défourneuse est de construction « J. Buchanat and Son » à Liverpool; elle pèse environ 105 tonnes et est pourvue d'un moteur de translation de 50 H.P. Un autre moteur de 50 H.P. actionne la poutre de défournement et un moteur de 30 H.P. commande la tige de répalage.

La tête d'arrache-porte peut pivoter de 90° et est équipée d'un dispositif Hopkinson pour serrer et desserrer mécaniquement les vis de verrouillage des portes.

L'arrache-porte côté coke a été construit par la même firme et est équipé du même dispositif de verrouillage.

Le charbon-car est de conception Simon-Carves et est du type portiqué avec goulottes télescopiques et couronnes chargeuses réglables.

La locomotive du coke-car est une machine Greenwood et Batley de 80 H.P.; elle est pourvue d'un compresseur qui fournit l'air comprimé nécessaire à la commande des freins Westinghouse et à la manœuvre pneumatique des portes de déchargement du coke-car.

Une liaison électronique est réalisée entre la défourneuse et le guide-coke, elle empêche toute manœuvre de défournement tant que le guide-coke et la défourneuse ne sont pas exactement placés vis-à-vis du four et tant que la porte située du côté guide-coke n'a pas été enlevée.

La station d'extinction du coke est construite en béton armé, la hotte étant garnie intérieurement de dalles anti-acide scellées par un ciment spécial.

Une valve automatique permet de régler la quantité d'eau utilisée pour chaque extinction.

Le coke est ensuite étalé sur une aire inclinée au pied de laquelle il est repris par un transporteur dont le chargement est réglé par le soulèvement de barrières actionnées à la main.

5. Gazogènes.

L'installation de production de gaz pauvre comporte actuellement deux gazogènes à grilles tournantes construits par la « Power Gas Co ». Chacun de ces gazogènes est prévu pour gazéifier 53 tonnes de coke (calibre 10-63 mm) par 24 heures et produit un gaz pauvre d'environ 1160 kcal/m³ (130 B.T.U./c.f.).

Une partie du gaz produit est utilisée pour le chauffage des fours à coke et une partie pour diluer le gaz de cokerie et ramener son pouvoir calorifique à la valeur standard.

Le gaz sortant des gazogènes traverse un laveur-condenseur statique Lynn et un désintégrateur centrifuge Theisen qui ramènent la teneur en poussières et goudrons en dessous de 20 mg par mètre cube.

Une partie du gaz est ensuite surpressée à 600 mm de colonne d'eau pour servir aux fins de dilution, tandis que la masse principale est dirigée vers un gazomètre de 1.500 m³, d'où elle est reprise,

suivant les besoins, pour le chauffage des fours à coke.

Le gaz produit par les deux gazogènes actuellement en service peut suffire pour le chauffage de 24 fours. On a prévu l'emplacement de 4 nouveaux gazogènes qui permettraient de chauffer tous les fours au gaz pauvre; leur montage sera réalisé ultérieurement lorsque les besoins en gaz justifieront ce développement.

6. Manutention du coke.

Le système de manutention et de traitement du coke a été conçu et réalisé par la firme « Fraser and Chalmers Engineering Works of the General Electric Co ».

L'installation est prévue pour une capacité horaire de 130 tonnes dont 80 en provenance des fours à coke et 50 en provenance du parc de stockage du coke.

Le coke est repris au bas de l'aire inclinée de refroidissement et de séchage, par un transporteur de 1066 mm de largeur (42 in); celui-ci alimente un second transporteur réversible disposé à angle droit et qui peut diriger le coke, à volonté, vers les bâtiments de traitement ou vers le parc de stockage.

L'installation de traitement du coke est abritée dans deux bâtiments en béton armé; elle comporte deux cribles à barreaux montés sur châssis gyrex et qui effectuent la séparation du coke métallurgique (> 63 mm) et du petit coke. Chacun des deux cribles peut traiter toute la production.

Le > 63 mm est immédiatement dirigé vers le chargement des wagons, qui s'effectue par l'intermédiaire d'un transporteur installé sur une passerelle articulée surmontant la voie ferrée. Cette passerelle peut être montée et descendue à volonté au moyen d'un dispositif commandé électriquement, ce qui permet d'amener le coke jusqu'à l'intérieur du wagon avec un minimum de casse.

Un concasseur « Cort 21 D » est installé à côté du crible primaire; il est destiné au concassage du > 63 mm lorsque la demande en coke domestique dépasse les disponibilités en petit coke.

Le < 63 mm alimente un crible galopant Gyrex à double tablier équipé de treillis à mailles carrées de 63 et de 38 mm respectivement.

Les catégories refusées par chacun des 2 treillis sont immédiatement dirigées vers leurs silos d'emmagasinage, tandis que le < 38 mm passe sur un nouveau crible à mailles carrées qui le répartit en 38-19 mm; 19-10 mm et < 10 mm.

Au total, l'installation comporte 5 silos destinés respectivement au < 10 mm; 10-19; 19-38; 38-63 et > 63 mm. Des cribles équipés de treillis de 10 mm sont prévus à la base des silos des 4 catégories supérieures afin d'éliminer les menus produits par les chutes et les manipulations, avant l'expédition du coke.

Les produits prélevés à la base des silos peuvent être expédiés, par wagons ou par camions, ou encore être chargés sur une courroie de reprise qui by-passe les cribles à 10 mm et par laquelle on peut les diriger à volonté vers le concasseur Cort, vers les

trémies d'alimentation des gazogènes ou vers le parc de stockage.

La mise et la reprise en stock du coke sont effectuées suivant les besoins au moyen de transporteurs amovibles du type utilisé dans les travaux souterrains et au moyen de chargeuses mobiles (sauterelles).

Toute l'installation de manutention du coke est équipée de moteurs à cage d'écureuil entièrement fermés; elle comporte au total 26 moteurs totalisant une puissance de 240 H.P.

7. Epuration du gaz et récupération des sous-produits.

L'usine à sous-produits a été fournie par la « Simon Carves Ltd » et est conçue pour traiter 480.000 m³ de gaz par jour. Un trait caractéristique de l'installation est le groupement des principales tuyauteries à gaz, à vapeur, à air comprimé et à eau sur une passerelle centrale qui court sur toute la longueur de l'installation de façon que toutes les conduites soient facilement accessibles.

Le gaz brut qui quitte la batterie passe tout d'abord dans quatre condenseurs primaires à tubes verticaux dont chacun a une surface de refroidissement de 2.370 m², trois condenseurs sont normalement en service et le quatrième en réserve.

Ces condenseurs sont installés sur le toit de la salle des pompes; le goudron et l'eau mère des pots de décharge coulent par gravité jusqu'à un tank de séparation situé au niveau inférieur.

L'eau de refroidissement des condenseurs provient d'une tour de réfrigération à tirage forcé. Un réglage thermostatique installé sur chaque condenseur permet de maintenir la température de sortie du gaz à 25° C.

Les extracteurs, du système Brown Boveri, ont été construits par la « Richardson Westgarth Ltd »; ce sont des appareils à 2 étages fonctionnant avec une dépression de 380 mm de colonne d'eau, à l'entrée, et une pression de 1.700 mm, au refoulement.

Ils sont actionnés par des turbines à vapeur alimentées à 14 kg/cm² et fonctionnant avec une contrepression de 1,75 kg/cm², la vapeur à basse pression étant utilisée dans l'usine.

Deux extracteurs identiques sont installés, dont l'un sert de réserve.

Le condenseur secondaire est une unité de même capacité et de même conception que les condenseurs primaires, sauf qu'il est équipé d'une fausse plaque tubulaire de façon que l'on puisse y injecter du goudron léger pour laver les dépôts de naphthaline qui peuvent cristalliser dans les tubes.

L'élimination des goudrons est complétée par 3 dégoudronneurs électrostatiques Simon-Carves-Ferranti de 3 mètres de diamètre et d'une capacité unitaire de 12.660 Nm³ de gaz/heure.

Les laveurs à ammoniac sont du type statique avec anneaux Raschig, il en existe deux paires travaillant en parallèle; chaque laveur a six étages avec pompes de circulation individuelles.

Trois tours de lavage (scrubbers), de 31 mètres de hauteur et de 3,65 m de diamètre, servent à l'extraction du benzol.

Elles comportent un remplissage de planches en bois posées sur champ; chacune des tours est munie d'une pompe de circulation d'huile, une quatrième pompe servant de réserve commune.

Des scrubbers à benzol, le gaz passe dans les épurateurs à oxyde de fer avant d'être comprimé pour la distribution ou d'être utilisé au chauffage des fours à coke.

Le pouvoir calorifique du gaz distribué est ramené à la valeur standard de 4.230 Kcal/Nm³ (475 B.T.U./c.f.) par adjonction d'air ou de gaz de gazogène. Cette adjonction est effectuée avant les épurateurs, la quantité ajoutée étant réglée automatiquement par des valves de mélange commandées par des calorimètres enregistreurs.

Les épurateurs à oxyde de fer sont du type à caisses en fonte surélevées; il sont disposés en 2 rangées, parallèles, chaque rangée contenant 5 caisses carrées de 12 m de côté.

Ces caisses d'épuration fonctionnent en courant divisé, le gaz entrant au milieu et se dirigeant vers le haut et vers le bas à travers la masse épurante, pour sortir par le sommet et par le fond.

Chaque ligne d'épurateurs est surmontée d'un pont roulant qui sert au levage des couvercles et à la manutention de la masse épurante fraîche.

La masse épurante usagée est éliminée par le bas et une hauteur libre de 4,50 m a été prévue sous les caisses pour permettre la circulation d'une pelle mécanique utilisée pour la manutention de l'oxyde usé.

Le gaz épuré passe encore dans un scrubber à anneaux Rashig où il est lavé à l'huile légère pour l'élimination de la naphthaline, puis il traverse un compteur à gaz (compteur standard Holmes-Connersville, d'une capacité de 18.750 m³/heure) avant d'être comprimé à la pression du réseau de transport et de distribution du « Wales Gas Board ».

Il existe au total 4 surpresseurs: deux de 60.000 m³ de gaz par jour, actionnés à la vapeur, et deux autres de capacités respectives de 120.000 et 180.000 m³ de gaz par jour, actionnés par moteurs électriques.

Tous ces surpresseurs sont capables de fournir une pression de 1,75 kg/cm² (25 lb/sq in) qui sera la pression de service définitive du réseau de transport.

Trois conduites de 450 mm relient l'usine aux centres de Caerphilly, Pontypridd et Cardiff.

8. Traitement des eaux ammoniacales.

Le tank de séparation primaire du goudron et de la liqueur ammoniacale est du type mécanique Duplex. Il comporte deux compartiments en forme de trémie, chacun d'eux étant équipé d'une chaîne à raclettes commandée par moteur électrique et destinée à éliminer les nodules de goudron dur qui se déposent au fond.

Ce tank reçoit les trop-pleins des conduites collectrices du gaz sortant des fours à coke, qui sont disposés de manière à by-passer les condenseurs pri-

maires; il reçoit également les liqueurs provenant du condenseur secondaire. L'overflow du tank coule dans un réservoir inférieur où il rejoint la liqueur provenant des condenseurs primaires. De là, la liqueur est pompée vers le réservoir de décantation où s'effectue la séparation finale du goudron et de la liqueur ammoniacale. Le goudron et la liqueur ammoniacale sont ensuite dirigés séparément vers leurs réservoirs de stockage.

Le réservoir de stockage des eaux ammoniacales reçoit également la liqueur provenant des laveurs statiques à ammoniacque. De là, les eaux ammoniacales sont pompées dans une installation de concentration destinée à produire une solution semi-pure à 25 % NH_3 (en poids) et moins de 0,12 % H_2S .

Cette installation comporte une colonne de distillation avec chambre de traitement à la chaux, dissociateur, échangeur de chaleur et condenseur; le tout est complété par une installation de préparation du lait de chaux et par un épaisseur Dorr.

Environ 10 % de la liqueur froide provenant des réservoirs de stockage sont alimentés au sommet du dissociateur. Les 90 % restants traversent un échangeur de chaleur et sont alimentés juste en dessous, le débit d'alimentation étant réglé automatiquement. Les gaz sortant au sommet de la colonne du dissociateur sont éliminés par une conduite calorifugée de 150 mm qui aboutit à l'aspiration des extracteurs de gaz.

La liqueur reprise au bas de la colonne est refoulée dans la chambre de traitement à la chaux, puis dans sa propre colonne de distillation. Les vapeurs quittant cette colonne traversent le côté vapeur de l'échangeur de chaleur, puis le condenseur primaire et le refroidisseur final. La vapeur et la liqueur condensée s'écoulent du refroidisseur dans une cuve d'absorption et de là dans l'un des deux réservoirs d'entreposage du produit fini.

Cuve d'absorption et réservoirs à produit fini sont mis à l'atmosphère par l'intermédiaire d'un scrubber alimenté en liqueur froide.

L'effluent de la colonne de distillation passe dans un épaisseur Dorr et la boue de chaux épaissie est chargée en wagons-citernes.

9. Usine à Benzol.

L'installation de récupération du benzol brut est de conception classique et comprend réchauffeur d'huile, cornue, colonne de rectification et échangeurs de chaleur.

Le benzol brut passe ensuite à la raffinerie qui est conçue pour traiter tout le benzol de la cokerie et 13.600 litres/jour de benzol brut de provenance

extérieure. L'installation produit du benzol pour moteur, mais elle a été prévue pour que l'on puisse y ajouter les appareils nécessaires pour la production de produits purs.

Le benzol brut est lavé dans un laveur « typhoon » et ensuite distillé dans une colonne de 61.000 litres de capacité. Cette colonne est du type à cloches d'immersion, elle a 2 mètres de diamètre et comporte 26 plateaux. L'acide usé provenant du laveur est régénéré à la vapeur, dans une installation séparée; l'acide régénéré est ensuite chargé en wagons-citernes pour être utilisé ailleurs.

10. Services généraux.

La fourniture de la vapeur nécessaire à la marche de l'usine est assurée par 3 chaudières d'une capacité de vaporisation unitaire de 11.300 kg/heure.

Ces chaudières, du type Simon Carves, à tubes d'eau et à trois réservoirs cylindriques, fonctionnent à la pression de 14 kg/cm².

Elles sont équipées d'une grille mécanique prévue pour brûler du coke ou un mélange coke-charbon, le charbon étant déposé en sandwich sur le lit de coke, pour en faciliter l'allumage. Ces chaudières peuvent également être chauffées au gaz de cokerie et des brûleurs ont été prévus à cet effet dans les parois latérales des chambres de combustion.

Chacune des chaudières est équipée d'un ventilateur pour tirage induit; deux ventilateurs de réserve sont installés dont chacun peut suffire pour deux chaudières.

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la cokerie provient de la sous-station principale du charbonnage. Elle est amenée par un circuit bouclé à 3.300 volts qui alimente trois sous-stations. La première approvisionne la manutention et le broyage du charbon et du coke; la seconde, le bâtiment des gazogènes et les désintégrateurs Theisen; la troisième, tout le restant de la cokerie et de l'usine à sous-produits.

Un large bâtiment en briques d'aspect très moderne abrite les bureaux et les laboratoires et deux vastes esplanades de gazon coupées de parterres de fleurs ont été aménagées à l'avant et à l'arrière de ce bâtiment.

Deux routes principales bétonnées disposées parallèlement, de part et d'autre de la batterie des fours à coke, donnent accès à toutes les parties de l'usine et matérialisent la division en trois ensembles principaux: manutention du charbon et du coke, fours à coke et usine à sous-produits.

Référence.

Nangarw coking plant — Coke and gas 1951 septembre-octobre.

III. L'USINE A « PHURNACITE » DU N.C.B. A ABERAMAN

1. Généralités.

« Phurnacite » est l'appellation commerciale d'un aggloméré carbonisé ovoïde de $45 \times 38 \times 28$ mm pesant de 33 à 35 g. Ces œufs sont de calibre

uniforme et comme ils sont extrêmement durs, ils peuvent être stockés et manipulés avec un minimum de bris. Ils sont spécialement destinés à être utilisés comme combustible sans fumée dans les appareils

domestiques du type fermé et entrent dans la catégorie des anthracites artificiels.

L'usine à « phurnacite » est située à environ 3 km au sud de la ville d'Aberdare; elle reçoit son charbon, sous forme de fines lavées, des charbonnages du voisinage. Le brai est la seule autre matière première utilisée dans le processus de fabrication. Ce processus consiste à agglomérer le charbon et le brai et à carboniser les boulets ainsi obtenus. Les produits de l'usine sont classés en trois catégories : « phurnacite » grade A (1^{er} choix), éclats de « phurnacite » (boulets fendus en deux suivant le grand axe) et brisures de « phurnacite ». Comme sous-produits, on retire du goudron et du gaz. La proportion de premier choix est très élevée (plus de 90 %). On ne met pas le fraisil ou poussière de charbon au marché, la très faible quantité produite est réintroduite dans le cycle de fabrication.

L'installation initiale de « phurnacite » comportant une première batterie de 40 fours, fut montée en 1942 par la « Powell Duffryn Ltd ».

Elle a été reprise par le N.C.B. le 1^{er} janvier 1947 et une première extension a été décidée peu après. Cette première extension, qui comportait une seconde batterie de 40 fours, a été entièrement terminée en 1951 et la capacité de production est passée de 150.000 à 300.000 tonnes/an.

Une seconde extension est actuellement en cours de réalisation. Elle comprendra 3 nouvelles batteries de 40 fours ainsi que différentes installations auxiliaires (nouvelle usine d'agglomération, installation de récupération des sous-produits, installation de traitement du charbon, chaudières... etc.).

Comme le tracé de l'installation originale ne prévoyait pas cette expansion, il a fallu mettre au point un nouveau réseau de transport dans l'ouest de l'usine, pour amener les matières premières à la nouvelle installation d'agglomération et pour recevoir les produits finis. La batterie n° 3 est conçue pour travailler, soit de concert avec l'installation originale d'agglomération, de criblage et de sous-produits, soit avec les nouvelles unités correspondantes; ceci entraîne une certaine complication du système de convoyeurs.

On a l'intention, en fin de compte, de maintenir constamment en service 4 batteries de 40 fours

chacune — la cinquième devant travailler lors des réfections et remplacements. C'est la seule installation de ce genre qui existe à l'heure actuelle et on ne peut pas se permettre une fluctuation de production de 25 % durant les réparations de batteries.

Quand l'installation définitive sera terminée, elle pourra recevoir 800.000 tonnes de matières premières chaque année et produire 650.000 tonnes de « Phurnacite ». Le prix des travaux actuellement en cours est d'environ £ 2.500.000. La division de carbonisation de l'usine est construite par la S.A. « Districoke » de Paris; les installations auxiliaires d'agglomération, de traitement, etc., ont été conçues et sont réalisées par la division « Engineering » du N.C.B. Divisional Carbonisation Department, qui a pris la responsabilité de l'ensemble du projet.

Certaines modifications ont été apportées à l'installation existante; les silos pour le mélange des charbons ont été doublés, le système de transports a été modifié et des précipitateurs électrostatiques de poussières sont en cours d'installation à la sortie des séchoirs à charbon. Ateliers, magasins, bureaux, douches et cantine ont dû être enlevés pour permettre d'établir les nouveaux raccordements dans l'ouest de l'usine et tout un terril a dû être nivelé au cours de ces travaux.

La nouvelle installation d'agglomération est calquée, dans ses grandes lignes, sur l'installation originale; toutefois, les silos à charbon, les séchoirs, les précipitateurs à poussières, les mélangeurs et les presses sont disposés plus en ligne droite.

Les fours sont pareils à ceux de la batterie n° 2, sauf quelques modifications au type de joint de dilatation dans l'infrastructure et à la disposition des tuyauteries de montée des gaz. La nouvelle installation de récupération des sous-produits est semblable à celle qui est utilisée pour les batteries n° 1 et 2, toutefois, les extracteurs de gaz seront actionnés par turbine à vapeur afin de fournir de la vapeur basse pression à la nouvelle installation d'ammoniaque concentré. Celle-ci doit produire du 25 % NH_3 semi-pur; dans sa conception générale, elle est pareille à celle de la cokerie de Nantgarw, mais elle a été quelque peu simplifiée à la lumière de l'expérience.

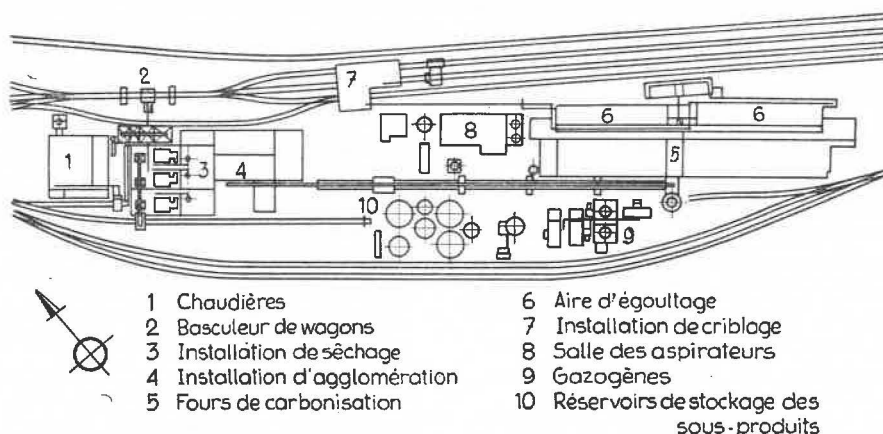


Fig. 6. — Plan de l'usine à Phurnacite d'Aberaman.

Deux chaudières Lancashire de 9 m de longueur et de 2,40 m de diamètre ont été ajoutées à l'installation des chaudières, pour approvisionner en vapeur la nouvelle installation d'agglomération et l'installation de distillation d'ammoniaque (via les turbines des extracteurs).

Dans les pages suivantes, on donne une description succincte des installations actuellement en service. Le plan d'ensemble de ces installations est indiqué à la figure 6, elles comportent 5 sections :

- Installation de manipulation et de séchage du charbon;
- Installation d'agglomération;
- Installation de carbonisation;
- Installation de criblage de la « Phurnacite »;
- Installation de récupération des sous-produits.

2. Installation de manipulation et de séchage du charbon.

Le charbon arrive par wagons et passe dans un basculeur qui peut traiter des wagons jaugeant jusqu'à 20 tonnes.

Un élévateur à charbon humide d'une capacité de 60 tonnes/heure et un convoyeur à raclettes l'amènent ensuite au sommet de 4 silos en béton d'une capacité totale de 360 tonnes (ce qui correspond aux besoins d'un poste de travail).

Le charbon est repris à la base des silos par 4 soles doseuses qui alimentent un même convoyeur à raclettes; de là, il passe sur 3 convoyeurs à courroie qui alimentent 3 élévateurs indépendants menant aux 3 séchoirs à charbon.

Chaque unité de séchage a une capacité de traitement de 25 tonnes/heure; deux unités sont normalement en service et la troisième en réserve.

Les séchoirs sont des cylindres verticaux de 2,35 m de diamètre et de 9,70 m de hauteur comportant chacun une série de 42 plateaux étagés en gradins. Un arbre vertical portant 42 couteaux horizontaux est installé au centre de chacun des séchoirs et tourne à la vitesse de 5 1/4 tours/minute.

Le charbon alimenté à la partie supérieure tombe sur le premier plateau où il séjourne le temps d'une révolution de l'arbre avant d'être poussé sur le plateau suivant et, ainsi de suite, de gradin en gradin, jusqu'à la base du séchoir.

Chaque séchoir est chauffé par un foyer à charbon pulvérisé alimenté par un broyeur à chocs « International Impax Mill » de 500 kg/heure de capacité. La température du foyer est maintenue à environ 1000° C; un registre d'admission d'air secondaire permet de régler la température des fumées à l'entrée du séchoir, cette température est normalement comprise entre 500 et 600° C.

Les fumées parcourent le séchoir de bas en haut, traversent un cyclone dépoussiéreur puis un ventilateur de tirage forcé qui les rejette à la cheminée.

La poussière de charbon recueillie au cyclone est reprise par un transporteur Redler de 5 pouces et déversée dans la trémie qui alimente le foyer du séchoir.

Les cyclones dépoussiéreurs de 4 m de diamètre qui équipaient la première installation ont été rem-

placés, par la suite, par des précipitateurs « Micron » de 1,06 m de diamètre, construits par Fraser et Chalmers. La précipitation des poussières s'en est trouvée fort améliorée; par contre, la puissance absorbée par chacun des ventilateurs est passée de 40 à 110 H.P.

Le charbon sec déchargé à la base du séchoir peut être dirigé sur un convoyeur à raclettes qui alimente l'installation d'agglomération en service ou sur un Redler de 15" qui alimentera les extensions actuellement en construction. Chacun de ces convoyeurs a une capacité de 60 tonnes/heure et est enfermé dans un carter étanche. Du convoyeur, le charbon sec passe dans un élévateur, puis dans un nouveau convoyeur qui dessert un groupe de 3 silos de 15 tonnes.

L'ensemble des appareils de manutention du charbon sec depuis la sortie des séchoirs jusqu'aux silos est maintenu en dépression par un ventilateur qui aspire l'air à travers un dépoussiéreur Micron avant de le décharger dans l'atmosphère.

3. Préparation du brai et installation d'agglomération.

Le brai arrive par wagons et est déchargé à la main; il est alors soit stocké, soit déversé dans une installation de concassage équipée de deux craqueurs de brai du type Yedon. Ces concasseurs réduisent le brai au calibre d'une noix (< 3/4 c. in.) puis le déversent dans des élévateurs qui alimentent deux silos de 5 tonnes. Le brai repris à la base de ces silos passe dans un désintégrateur du type Carr qui le réduit à une dimension de 3 à 6 mm, puis est repris par un élévateur qui le déverse dans un nouveau silo de 6 tonnes. Une sole doseuse située à la base de ce silo alimente deux bandes transporteuses de 350 mm qui desservent 3 trémies à brai situées en tête de l'installation d'agglomération.

L'installation d'agglomération, qui commence aux trois trémies à charbon sec (trémies de 15 tonnes) et aux trois trémies à brai, est disposée en 3 unités indépendantes. Chaque unité a une capacité de 25 tonnes/heure, deux unités sont normalement en service, la troisième en réserve.

Le charbon est repris à la base de chacune des trémies à charbon sec par une courroie doseuse de 600 mm; une autre courroie doseuse de 350 mm reprend le brai à la base de chacune des trémies à brai et le déverse sur la courroie à charbon.

Le mélange brai-charbon passé ensuite dans un désintégrateur où il est finement broyé, puis dans un malaxeur constitué par un réservoir vertical de 2,40 m de hauteur et de 1,35 m de diamètre à l'intérieur duquel tournent 5 jeux de bras fixés sur un arbre vertical tournant à 14 tours/minute.

Une adduction de vapeur surchauffée à 230° C (450° F) porte la température du mélange au-dessus du point de fusion du brai. Le mélange est ensuite repris par un transporteur de refroidissement qui le distribue dans la goulotte d'alimentation de la presse.

Chaque presse comporte deux arbres parallèles reliés entre eux par deux roues d'engrenages disposées dans le plan axial de la machine. Ces arbres

portent deux paires de cylindres de 610 mm de diamètre et de 430 mm de largeur fixés de part et d'autre du train d'engrenage.

Les arbres ont un diamètre de 20 cm et tournent à la vitesse de 11 1/4 tours/minute dans des paliers à buselures en bronze refroidis à l'eau.

Chacun des cylindres de la presse est garni d'un bandage portant 420 alvéoles en forme de demi-œuf; chaque jeu de bandages peut produire 80.000 tonnes de boulets avant d'être retiré et remplacé par un nouveau jeu.

Les presses sont actionnées par moteurs électriques de 100 H.P.

À leur sortie de la presse, les boulets tombent sur un crible à secousses qui élimine une partie des bavures.

Un transporteur à chaînes rassemble les boulets bruts provenant de toutes les presses et les achemine vers un trommel qui achève l'élimination des bavures. Ces dernières sont réintroduites dans le circuit de fabrication, en amont des désintégrateurs et des mélangeurs alimentant les presses.

Les boulets lisses sont déchargés du trommel sur un convoyeur à courroie de 660 mm de largeur, qui les achemine vers les silos qui surmontent les fours de carbonisation. Ces silos sont divisés en compartiments de 2,5 tonnes de capacité, ce qui équivaut approximativement à la capacité d'un four. La capacité de stockage correspond ainsi à un chargement complet des fours, soit à environ 4 heures de fonctionnement.

Toute panne de plus de 4 heures, à la division d'agglomération, entraîne un arrêt dans la carbonisation; pour cette éventualité, un gazogène de réserve est tenu chaud, en permanence, afin qu'il puisse servir en cas de nécessité pour maintenir les fours de carbonisation à leur température de régime.

4. Installation de carbonisation.

Les fours de carbonisation sont du type à récupération et sont chauffés au gaz de distillation.

Chaque batterie de 40 fours est épaulée par de solides contreforts en béton armé et divisée en 5 groupes de huit fours séparés par des contreforts en briques.

La coupe transversale de la batterie est indiquée à la figure 7.

Les fours sont chargés par groupes de 8, par l'intermédiaire d'un wagon de transfert (2) qui vient prendre place entre les trémies de stockage (1) et la partie supérieure des fours. On enlève alors les couvercles en fonte qui obturent les fours et les boulets s'écoulent en chute libre à l'intérieur.

Après 4 heures de carbonisation, on enlève les portes situées au bas des fours et les boulets, chauffés au rouge, sont déchargés dans un chariot d'extinction (4) avant de passer sur l'aire d'égouttage (5) au pied de laquelle ils sont repris par une courroie transporteuse.

Le gaz de chauffage de chaque piédroit est introduit à la base de huit carneaux verticaux dans lesquels il brûle en montant. Les fumées de combustion se rassemblent dans un carneau commun situé au sommet du piédroit et redescendent par un

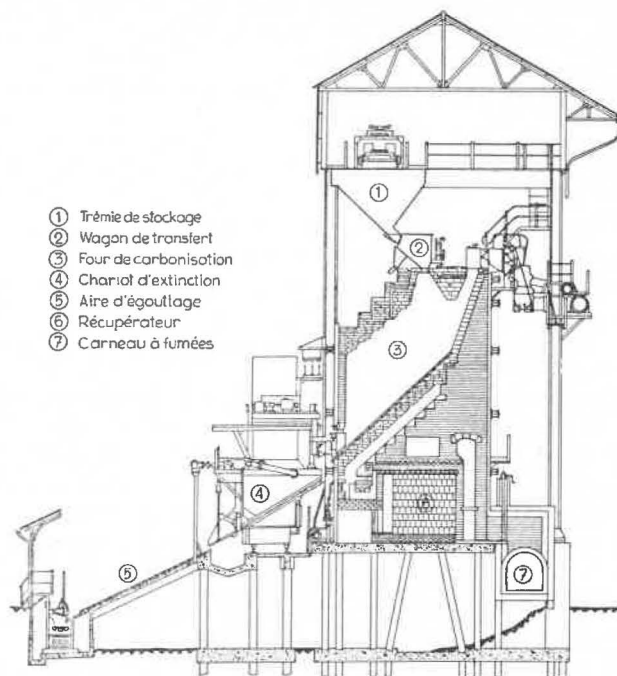


Fig. 7. — Coupe à travers les fours de carbonisation de la Phurnacite.

neuvième carneau vertical jusqu'aux récupérateurs (6) situés en dessous des fours; après deux passes horizontales entre les briques rainurées des récupérateurs, les fumées se rassemblent au carneau inférieur (7) d'où elles sont évacuées à la cheminée.

L'air nécessaire à la combustion traverse les récupérateurs de bas en haut, puis un carneau incliné qui le répartit aux 8 points d'entrée d'air, à la base des 8 carneaux verticaux; il y rencontre le courant combustible amené par une conduite inclinée d'injection de gaz et s'écoule à travers des tuyères en réfractaires situées à la base des carneaux verticaux.

En dessous du carneau de distribution d'air, la maçonnerie des fours est constituée de briques rectangulaires en terre réfractaire de première qualité. Au-dessus du carneau d'entrée d'air, elle est constituée au moyen de briques profilées rainurées et languettées en demi-silice (80 à 82 % SiO₂). Toute la maçonnerie des fours est renforcée par un système d'étais et de poutrelles métalliques reliées par des tirants.

Le gaz de distillation de chaque groupe de 8 fours est rassemblé dans deux conduites collectrices en acier (une par quatre fours) dans lesquelles il est refroidi par pulvérisation de liqueur. De là, il peut être dirigé à volonté vers le collecteur principal, qui alimente l'usine à sous-produits; ou vers un second collecteur plus petit, destiné à récolter les gaz dégagés pendant l'opération de chargement.

Ce deuxième collecteur aboutit à un laveur de fumée de 9,80 m de hauteur et de 3,05 m de diamètre, dans lequel le gaz est lavé par un liquide « recirculé » (afin de condenser les vapeurs de brai) avant d'être rejeté à l'atmosphère par deux aspira-

teurs centrifuges d'une puissance de 18 H.P. et d'une capacité unitaire de 4.500 m³/heure.

La capacité unitaire des fours est d'environ 2,3 tonnes de boulets; chaque opération de chargement ou de déchargement porte sur un groupe de 8 fours, soit un total de 18 tonnes. Les deux batteries actuellement en service ont un rendement journalier d'environ 1.000 tonnes.

Les portes de déchargement des fours ont 1,10 m de hauteur et sont équipées d'un dispositif de fermeture analogue à celui qui est utilisé pour les fours à coke.

Le chariot d'extinction est un réservoir mobile à fond incliné contenant environ 23 tonnes d'eau, un dispositif d'ouvre-portes mécanique est installé au-dessus du réservoir et opère l'enlèvement simultané des 8 portes d'un groupe de four. Les boulets portés au rouge s'écoulent alors dans le bac d'extinction et la majeure partie de la vapeur produite s'échappe par une cheminée en tôle située à l'opposé de la cabine de manœuvre du chariot d'extinction.

Après achèvement de l'extinction, on ouvre les six portes de déchargement du chariot qui donnent sur six goulottes inclinées dont le fond est constitué par une grille.

L'eau passe à travers la grille et est recueillie dans un caniveau qui longe la voie du chariot et aboutit à un bassin de décantation du fraisil. Les boulets glissent sur les grilles et s'étalent sur l'aire inclinée d'égouttage.

Il existe un chariot d'extinction pour chaque batterie. Ces chariots sont montés sur boggies jumelés et circulent sur des voies d'écartement normal posées sur portiques en béton. Chaque chariot est équipé d'un moteur de translation de 30 H.P. et de deux moteurs de 5 et 10 H.P. respectivement, utilisés pour la manœuvre des portes de four. Une conduite d'eau de 200 mm de diamètre, destinée au remplissage du chariot, est installée dans chaque groupe de fours.

5. Installation de criblage de la « Phurnacite ».

Les boulets carbonisés sont repris au pied de l'aire inclinée d'égouttage par un convoyeur à courroie de 810 mm de largeur. Cette courroie remonte une rampe de 13° (qui est l'angle maximum permis par les boulets) et déverse le produit sur deux cribles à secousses à double tablier, placés en série.

Le premier crible a 4,25 m (14 pieds) de longueur et 1,22 m de largeur (4 pieds), son tablier supérieur est équipé d'une tôle perforée à 34 mm qui élimine les brisures de Phurnacite.

Le second crible a 4,25 m de longueur et 1,52 m de largeur (5 pieds), son tablier supérieur est équipé d'une grille à barreaux longitudinaux écartés de 16 mm, qui élimine les éclats de Phurnacite c'est-à-dire les boulets fendus en deux.

Le tablier inférieur des deux cribles est pourvu d'un tamis qui enlève le fraisil et les menus. Chacun des cribles est équipé d'un moteur de 10 H.P. avec transmission par courroies trapézoïdales.

Trois transporteurs de chargement équipés d'un dispositif de montée et de descente assurent la mise

sur wagons des 3 catégories de produits : « Phurnacite grade A », brisures et éclats de Phurnacite.

Le fraisil et les petits morceaux sont recueillis dans des silos avant d'être chargés sur wagons et d'être retournés au début du cycle de fabrication.

6. Installation de récupération des sous-produits.

Les collecteurs de gaz de distillation traversent tout d'abord un réservoir rectangulaire à fond en forme de trémie destiné à arrêter les eaux et les goudrons. Ce réservoir de 4,30 m × 1,80 m et de 1,80 m de profondeur communique par sa partie inférieure avec deux réservoirs de séparation de la liqueur et du goudron.

Les gaz, encore chauds, passent ensuite dans un dégoudronneur électrostatique Simon Carves, puis dans un refroidisseur à contact direct de 18,30 m de hauteur et de 2,10 m de diamètre, avant d'être aspirés dans un des deux extracteurs British Thomson-Houston. Chacun de ces extracteurs est actionné par un moteur électrique à vitesse variable de 100 H.P. avec multiplicateur de vitesse 1.450/8.000 t/min; un régulateur Askania commande les variations de vitesse du moteur de manière à maintenir une aspiration constante en dépit des larges fluctuations de débit qui surviennent lors du chargement des fours.

Des extracteurs, les gaz passent dans un laveur à ammoniac et à naphthalène. Cet appareil est un laveur à cloches à 7 étages, d'un diamètre de 4,25 m, dans lequel le gaz montant barbote dans le liquide descendant d'un étage à l'autre. On utilise de l'huile de lavage aux 3 étages inférieurs, conjointement avec un petit appareil à régénération d'huile; on utilise de l'eau aux 4 étages supérieurs.

Du laveur à cloches, les gaz passent dans la conduite qui alimente le dispositif de chauffage des fours de carbonisation ou sont dirigés vers un gazomètre de compensation d'une capacité de 2.800 m³ (100.000 c.f.).

Le gaz a un pouvoir calorifique d'environ 4.450 kcal/m³ (500 B.T.U./cf.); on en produit un peu plus qu'il ne faut pour les besoins de l'usine et l'excédent est vendu au réseau de distribution du Wales Gas Board.

Le goudron et le liquide récoltés au premier stade de l'épuration du gaz passent dans deux réservoirs séparateurs de 8,55 m de diamètre et de 3,35 m de hauteur.

Deux pompes centrifuges d'une capacité de 1.620 litres/min, actionnées par moteurs de 32 H.P., aspirent le liquide des réservoirs et le renvoient aux pulvérisateurs situés le long des collecteurs de gaz de chacune des 2 batteries. Une troisième pompe de mêmes caractéristiques sert de réserve.

Le goudron, repris à la base des réservoirs de séparation, est pompé dans un réservoir de stockage de 6,55 m de diamètre et de 6,10 m de hauteur. La production de goudron est d'environ 22,5 litres/tonne de production des fours.

7. Services généraux.

Une chaudière Lancashire de 9 m de longueur et de 2,40 m de diamètre produit la vapeur utilisée dans les malaxeurs de l'installation d'agglomération et dans les serpentins de chauffage des réservoirs à goudrons. Sa capacité de vaporisation est d'environ 2.700 kg/heure.

Une seconde chaudière identique sert de réserve.

Ces deux chaudières sont équipées d'économiseurs Green, de surchauffeurs et de ventilateurs pour tirage forcé. Le cas échéant, elles peuvent être chauffées au gaz au moyen de brûleurs disposés au dessous de la porte du foyer.

Une installation de deux gazogènes à gaz pauvre, fournie par la « Power Gas Co », permet de maintenir les fours en chauffage en cas d'arrêt de la carbonisation.

Ces gazogènes ont un diamètre de 2,75 m et chacun d'eux peut gazéifier jusqu'à 24 tonnes de coke par jour.

L'un de ces gazogènes est continuellement maintenu à chaud pour parer à une défaillance éventuelle de l'usine d'agglomération.

Chaque année, la production est interrompue durant une semaine pour permettre d'effectuer les grosses réparations dans toute l'usine. A ce moment, les deux gazogènes sont mis en service et chacun d'eux consomme de 12 à 15 tonnes de coke par 24 heures.

Le pouvoir calorifique du gaz pauvre est de l'ordre de 1.150 kcal/m³ contre 4.450 pour le gaz de

distillation. Après épuration dans un laveur, ce gaz est introduit directement dans la conduite de distribution du gaz de chauffage des fours. La quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la batterie à chaud étant d'environ 25 % de la quantité consommée en service normal, les conduites à gaz et les brûleurs ont à peu près la section adéquate.

8. Eléments de prix de revient.

La « Phurnacite » se vend actuellement à 8 £ la tonne (soit un peu moins que les anthracites naturels).

Les matières premières utilisées pour la production d'une tonne de « Phurnacite » sont respectivement : 1.100 kg de charbon (à ± 12 % M.V. et 5 à 5 1/2 % de cendres) pour une valeur d'environ 5 livres, et 80 à 90 kg de brai pour une valeur d'une livre.

Il subsiste un écart de 2 £ entre le prix de vente d'une tonne de Phurnacite et le prix des matières premières qui la constituent. Cet écart couvre les frais de traitement et laisse une marge bénéficiaire appréciable.

Le personnel total de fabrication et d'entretien de l'usine compte actuellement 170 hommes.

Référence.

The N.C.B. Phurnacite plant at Aberaman,
Coke and Gas. 1952, janvier.

IV. L'USINE A GAZ DE BECKTON

L'usine à gaz de Beckton est le plus important centre de production de gaz de la Cie gazière du Nord de la Tamise (North Thames Gas Board); elle produit journellement 4.500.000 m³ de gaz de ville, soit environ 40 % de la production totale du North Thames Gas Board, et constitue la plus grosse unité de production gazière d'Europe.

L'usine est située au bord de la Tamise, un peu en aval de Londres. Tout le charbon qu'elle consomme arrive par mer dans des bateaux charbonniers jaugeant 4.500 tonnes et qui appartiennent au North Thames Gas Board. La plus grande partie du charbon consommé provient du bassin de Newcastle, c'est un charbon gras à 32 % de M.V. et environ 11 % de cendres. Lorsque le coke de carbonisation est destiné à des usines métallurgiques, le charbon est amaigri par mélange à du 3/4 gras (15 à 20 % M.V.) afin d'obtenir un coke de qualité adéquate.

L'usine absorbe environ 6.000 tonnes de charbon par jour.

Le quai de déchargement comporte 8 grues d'une capacité unitaire de 250 tonnes/heure; 2.550.000 tonnes de charbon sont manutentionnées annuellement, dont 1.750.000 sont consommées par l'usine de Beckton, le reste étant transbordé dans des péniches pour l'alimentation d'autres usines du North Thames Gas Board.

Cent et dix kilomètres de voies ferrées sont installés dans l'usine de Beckton et assurent le transport du charbon du quai de déchargement aux fours à coke et aux salles de distillation.

Un second quai de transbordement sert à l'expédition du coke vendu à l'extérieur et à la manutention des sous-produits.

L'installation de production de gaz comporte : 9 salles à cornues horizontales produisant journellement un total de 1.470.000 Nm³ de gaz de distillation à 5.160 kcal/Nm³.

4 batteries de fours à coke produisant ensemble 760.000 Nm³ de gaz à 5.440 kcal/Nm³.

13 générateurs de gaz à l'eau carburé alimentés au coke et produisant ensemble 1.930.000 Nm³ de gaz à l'eau carburé à environ 4.200 kcal/Nm³.

La production journalière totale atteint ainsi 4.160.000 Nm³ à 4.770 kcal/Nm³ (après débenzolage), soit environ 20 milliards de kcal, ou 4.500.000 m³ de gaz au P.C. Standard de 4.450 kcal/m³ (500 B.T.U./c.f.).

Les installations de distillation en cornues horizontales sont les plus anciennes sections de l'usine.

La première batterie de fours à coke a été construite en 1931; trois autres batteries ont été installées ultérieurement et une cinquième batterie est en cours de construction. Chacune des batteries compte 30 fours.

Deux séries de gazogènes à soles tournantes alimentés au coke fournissent le gaz pauvre utilisé pour le chauffage des fours à coke.

Les installations de production de gaz à l'eau comportent deux groupes d'unités très modernes à fonctionnement entièrement automatique, construits l'un par la « Power gas C° », l'autre par la « Humphreys-Glasgow Ltd ».

Ces gazogènes occupent deux hauts bâtiments en béton armé; le coke servant à l'alimentation des générateurs est relevé dans des trémies qui occupent l'étage supérieur des bâtiments. Juste en dessous des silos, se trouve le plancher de travail où sont groupés les appareillages automatiques de commande de l'alimentation et des inversions (servo-moteurs commandés par la rotation d'un arbre à cames) ainsi que les tableaux d'appareils de contrôle.

La vapeur nécessaire au fonctionnement des gazogènes est produite dans des chaudières utilisant le gaz pauvre des périodes de soufflage et dont le fonctionnement est également entièrement automatique.

Les cendres tombent dans de petites trémies situées à la partie inférieure du bâtiment et sont évacuées par camions.

Au total, les installations de gaz à l'eau peuvent gazéifier 1.100 tonnes de coke et 500 m³ d'huile par jour.

Le gaz produit dans les diverses sections de l'usine est purifié séparément, le mélange n'étant réalisé qu'à la sortie des compteurs.

Les courants gazeux de chacune des batteries de fours à coke et de chacune des salles de cornues subissent les mêmes opérations de refroidissement, d'épuration liquide, d'épuration à l'oxyde de fer et de mesurage. Ils convergent ensuite vers une installation centrale d'extraction du benzol et de la naphthaline.

Le débenzolage s'effectue par le procédé au charbon actif, la capacité de l'installation étant d'environ 75 m³ de benzol par jour.

Le gaz à l'eau et le gaz de houille sont mélangés et emmagasinés dans cinq gazomètres d'une capacité totale de 560.000 m³. Tout le gaz produit est ensuite refoulé à pression moyenne (environ 3 m d'eau) dans le réseau principal du Board, à travers 2 conduites de sortie de 1.200 mm de diamètre, deux de 760 mm et cinq de 600 mm.

Le coke provenant des salles de cornues horizontales et des fours à coke est centralisé dans un atelier de manutention d'une capacité de 400 tonnes à l'heure avec silos de stockage pour 4.000 tonnes; il passe ensuite à l'atelier de criblage d'une capacité de 80 tonnes à l'heure avec silos pour stockage de 800 tonnes.

Le personnel total de l'usine compte environ 3.500 ouvriers et employés pour l'ensemble des services de production et d'entretien.

V. LE CENTRE DE RECHERCHE DE LA BRITISH COAL UTILISATION RESEARCH ASSOCIATION (B.C.U.R.A.) A LEATHERHEAD

1. Généralités.

La B.C.U.R.A. est l'une des plus importantes des 41 associations de recherche industrielle subventionnées par le Département gouvernemental de la Recherche Scientifique et Industrielle (D.S.I.R.).

Son budget annuel atteint 300.000 livres et son personnel compte 300 unités dont environ 80 diplômés d'universités.

Le centre de recherche est établi à Leatherhead où il occupe une surface de 8 hectares.

L'industrie minière a toujours été le principal soutien de l'Association, elle y était jadis représentée par l'association des propriétaires de mines; cette dernière a été remplacée, depuis la nationalisation, par le National Coal Board qui est actuellement le partenaire le plus influent de la B.C.U.R.A. Les autres industries nationalisées : électricité, gaz et transports, figurent également au nombre des membres de l'association qui compte par ailleurs un peu plus de 150 membres indépendants : fabricants d'appareils de chauffage ou de gazéification, négociants en charbons et industriels.

Le centre de recherche est organisé en départements. Le travail de chacun des départements comportant une part plus ou moins importante de recherches de base et une part d'études à caractère industriel.

2. Département combustion.

Le département combustion étudie une série de problèmes :

- un premier laboratoire est consacré à l'examen des cendres et des minéraux qui les constituent.
- un second laboratoire équipé d'une chaudière à pulvérisé de dimensions réduites (consommation 2,5 kg de charbon à l'heure) étudie les corrosions qui se produisent sur les surfaces de chauffe exposées au rayonnement direct du foyer et celles qui surviennent lorsque la température des fumées tombe en dessous du point de rosée. Un appareillage a été mis au point pour le contrôle automatique du point de rosée des fumées, ce qui permet de régler l'allure de la combustion de manière à éviter la corrosion par formation d'acide sulfurique.

A côté de cela, on étudie la possibilité d'éliminer le SO₂ des fumées en additionnant aux charbons des substances chimiques (carbonates) capables de fixer le soufre dans les cendres. Ceci pourrait avoir comme résultat de permettre d'abaisser la température de sortie des fumées d'environ 50°, ce qui conduirait à une amélioration de rendement thermique de 3 %. Jusqu'ici, cette technique n'a cependant donné que des résultats limités.

- un laboratoire est attelé au problème de la détermination de la plus ou moins grande quantité de fumée produite par les différents types de

charbons; ce problème est d'actualité en Grande-Bretagne où le Gouvernement envisage d'imposer l'usage de combustibles sans fumée pour l'alimentation des foyers domestiques des grands centres urbains.

- une étude est en cours pour la détermination du bilan du soufre dans les cendres et dans les fumées d'un foyer ouvert de type courant.
- Enfin, dans un domaine plus théorique, on poursuit des recherches concernant la cinétique de la combustion des charbons, la façon dont se produit le départ des matières volatiles et les produits intermédiaires de combustion (en particulier l'acétylène) qui peuvent être mis en évidence dans des conditions opératoires appropriées (foyer à tirage inversé).

3. Département chimie.

L'activité du département chimie est orientée vers une série de problèmes :

- le perfectionnement des méthodes d'analyse des charbons par les procédés classiques et par les méthodes nouvelles, y compris la diffraction des rayons X et la thermobalance.
- l'analyse fonctionnelle des molécules, l'examen des spectres infrarouges et plus particulièrement l'étude de la répartition de l'oxygène (oxygène phénolique... de l'ordre de 40 % — oxygène sous forme de quinone ... de l'ordre de 5 à 10 % — etc...). L'étude de la corrélation entre la répartition de l'oxygène et les propriétés cokéfiantes, ainsi que celle de l'influence d'une oxydation limitée du charbon entre 100 et 150°.
- l'étude de la structure interne des charbons (porosité macroscopique et microscopique) par diverses méthodes physiques : densités apparentes, chaleur de mouillage et adsorption de divers liquides à molécules plus ou moins grosses. Cette étude a permis de mettre en évidence certains caractères fondamentaux des houilles et notamment le fait que la plus grande partie des pores ont un diamètre de l'ordre de 40 Angström avec des constriction de 10 à 15 Angström.

Cette structure fine n'est pas sérieusement affectée par le chauffage à travers la zone de plasticité et les phénomènes qui accompagnent la cokéfaction.

Des travaux se poursuivent en vue de mettre en évidence les répercussions possibles d'un chauffage par choc (passage rapide de la zone de plasticité suivi d'un refroidissement brutal).

- On étudie également la dissolution du charbon et des termes successifs de sa pyrogénéation dans les solvants organiques, notamment le chloroforme et les amines, ainsi que le fractionnement par chromatographie des extraits obtenus.

La détermination des poids moléculaires des extraits par pression osmotique et par diffusion au travers de membranes semi-perméables fait également l'objet d'études depuis plusieurs années.

Un des buts lointains de ces études systématiques est de rechercher l'obtention directe de

produits de valorisation chimique du charbon, considéré comme matière première de produits organiques.

4. Département physique.

Le département physique s'occupe actuellement de trois problèmes fondamentaux :

- l'étude des propriétés mécaniques des charbons du point de vue dureté, broyage et pulvérisation.
- l'étude du transfert de la chaleur et de la mise au point d'instruments de mesures permettant la détermination des températures et des flux de chaleur.
- le dosage des poussières et des suies dans les fumées et l'étude du rendement des dépoussiéreurs.

5. Département industriel.

— L'un des principaux objectifs du département industriel est de trouver les procédés de combustion les meilleurs pour les différentes catégories de combustibles et plus particulièrement les catégories les plus fines dont la teneur en cendres est généralement élevée.

Dans le domaine des chaudières, ceci a conduit à étudier les possibilités et le rendement de différents types de foyers.

Des essais systématiques ont montré que les foyers à grille mécanique pouvaient parfaitement convenir pour la combustion de combustibles fins, à seule condition d'ajuster leur teneur en humidité au niveau optimum. On a également mis en évidence les améliorations de rendement que l'on pouvait atteindre par un raccourcissement de la grille et par une amélioration de la répartition de l'air distribué.

— Une autre étude de combustion a été entreprise récemment, en collaboration avec la « Commission britannique des Transports », en vue d'élargir la gamme des charbons utilisables dans les locomotives et d'examiner la possibilité d'adopter des dispositifs d'alimentation mécanique sur les locomotives en usage en Grande-Bretagne.

— Une recherche à plus longue échéance est en cours, en vue de mettre au point un foyer cyclone à fusion de cendres, qui permettrait la combustion de charbon fin (< 3 mm) (non pulvérisé) suivant une technique en développement aux U.S.A.

Ce problème est étudié sous la direction du Département Gouvernemental pour la Recherche Scientifique et Industrielle (D.S.I.R.) et en collaboration avec la Fuel Research Station de Greenwich.

Le charbon est soufflé tangentiellement dans une chambre cylindrique dans laquelle il acquiert un mouvement de rotation rapide; la cendre fondue se rassemble et s'écoule sur les parois, tandis que les particules combustibles les plus grosses se collent sur la cendre en fusion et achèvent d'y brûler.

Les principales difficultés relatives à la construction du foyer cyclone ont été surmontées et une recherche systématique se développe en ce qui concerne les performances de différents types de char-

bons, l'épuration des gaz et les moyens à mettre en œuvre pour éviter la formation de dépôts de scorie figée.

— La Station de la B.C.U.R.A. se charge également de l'étude des gazogènes industriels dont plusieurs prototypes sont installés à Leatherhead.

L'un des problèmes essentiels, dans ce domaine, est d'assurer la constance de la qualité du gaz produit indépendamment des fluctuations du débit demandé au gazogène. Ce problème a été résolu de façon satisfaisante par un dispositif automatique de contrôle de l'alimentation du charbon et ce dispositif, réalisé avec la collaboration d'une société de construction d'appareils de mesures et d'une aciérie, a été adopté avec succès dans l'industrie.

— Dans un autre domaine, on expérimente actuellement un dispositif original destiné à la production de boulettes à partir de charbons fins.

Ce dispositif est représenté schématiquement à la figure 8. Il est constitué d'un four en matériaux

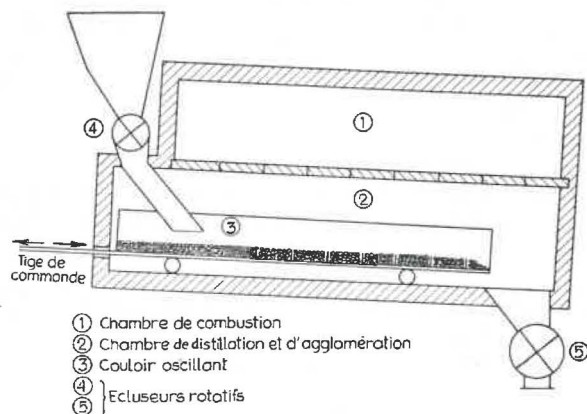


Fig. 8. — Dispositif pour la production de boulettes agglomérées — schéma de principe.

réfractaires comportant une chambre de combustion (1) chauffée au gaz, et une chambre d'agglomération et de distillation (2) dont la paroi inférieure est constituée par un couloir (3) à surface rugueuse animé d'un mouvement de va-et-vient.

Le charbon fin (de l'ordre de 0,25 à 1 mm) est introduit à une extrémité de la chambre de distillation, à travers un écluseur rotatif (4). Il chemine d'une extrémité à l'autre du couloir oscillant en roulant sur lui-même et en s'agglomérant en boules (à la façon des boules de neige).

Les boulettes assez friables ainsi obtenues, dont le diamètre atteint couramment 5 à 6 cm, sont évacuées à l'extrémité de la chambre de distillation par un second écluseur rotatif (5). Les essais en cours portent sur des charbons flambants faiblement agglutinants; la teneur en matière volatiles, qui est de 35 % environ au départ, est réduite à ± 15 % dans les boulettes agglomérées. La température de la chambre de distillation est de l'ordre de 800° C.

Ce procédé d'agglomération semble également pouvoir s'appliquer au frittage et à l'agglomération de minerais de fer destinés au haut-fourneau.

6. Département : Chauffage domestique.

Un bâtiment spécial comportant une série de laboratoires est réservé aux recherches sur le chauffage domestique.

Le travail de ce département est axé sur l'amélioration du rendement des poêles et foyers, ainsi que sur la mise au point de nouveaux types d'appareils de chauffage.

— Les laboratoires comportent une chambre calorimétrique étanche et calorifugée dont la disposition générale est schématisée à la figure 9.

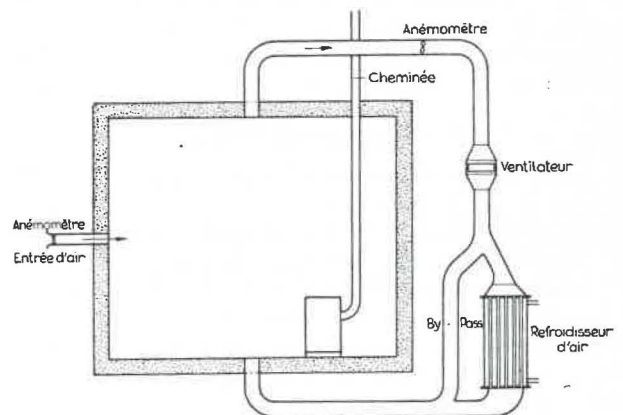


Fig. 9. — Chambre calorimétrique de la B.C.U.R.A. — schéma de principe.

La quantité de chaleur dégagée à l'intérieur de la chambre est mesurée au moyen d'un système de conduites au travers duquel l'air est aspiré, refroidi et réintroduit dans la chambre calorimétrique, la quantité de chaleur ainsi soutirée étant déterminée par enregistrement du débit et des températures de l'air à l'entrée et à la sortie de la chambre.

Le renouvellement d'air de la chambre se fait par un orifice pourvu d'un anémomètre enregistreur.

L'équipement des laboratoires est complété par une série d'appareils et, notamment, par des dispositifs de mesure de la chaleur rayonnée (radiomètres) constitués par des carcasses en treillis métallique en forme de demi-sphère ou de quart de sphère et qui servent de support à une série de couples thermo-électriques.

La détermination du rendement des appareils de chauffage, tant au laboratoire que dans les maisons, a contribué à l'amélioration de ces appareils. De nouveaux modèles de foyers ouverts ont été créés, pourvus de récupérateurs, qui assurent un chauffage par convection en plus du chauffage radiant. On a également pourvu ces appareils de registres de réglage, afin de limiter le renouvellement d'air des pièces et de réduire d'autant leur refroidissement.

— Dans le domaine du chauffage central, de petites chaudières à grilles mécaniques sont à l'essai. Ces chaudières brûlent des charbons à forte teneur en matières volatiles sans produire de fumées, grâce au niveau élevé de la température qui règne dans le foyer et à la bonne répartition de l'air primaire et secondaire. De ce fait, elles échapperont à

la nécessité d'utiliser des combustibles « sans fumées » lorsque la nouvelle législation sur la pollution atmosphérique des grands centres urbains entrera en vigueur.

— Une autre étude est en voie de réalisation; elle vise à mettre au point un système de chauffage central à circulation forcée, ce qui aura pour avantage de réduire notablement les diamètres des tuyauteries.

Le système sera pourvu d'un réglage automatique, qui permettra d'ajuster la température de l'eau dans les radiateurs en fonction de la température extérieure, ce réglage étant effectué par mélange

d'eau recyclée et d'eau chaude provenant de la chaudière.

Références.

- 1) B.C.U.R.A.
Annual report 1954 — Public. B.C.U.R.A. 68 p.
- 2) DRYDEN.
The work of the British Coal Utilisation Research Association.
Trans. of the Inst. of Min. Eng. 1955, juin, p. 793/815.
- 3) Department of Scientific and Industrial Research.
Fuel Research 1954. H.M. Stationery Office 1955. 70 p.

VI. LA FUEL RESEARCH STATION (F.R.S.) A GREENWICH

1. Généralités.

C'est au cours de la première guerre mondiale que le Gouvernement britannique, conscient de l'importance nationale de la recherche, décida de créer un département gouvernemental de la recherche scientifique et industrielle (British Government Department of Scientific and Industrial Research).

En 1917, ce département fondait une station centrale de recherche ayant pour objet l'organisation systématique des travaux de recherches concernant la nature, la préparation, l'utilisation et le traitement des charbons et autres combustibles ainsi que des produits qui en dérivent.

La Station, érigée à Greenwich, à proximité de la Tamise, occupe une surface de 2 hectares et demi qui, à l'heure actuelle, est entièrement couverte par les laboratoires, les ateliers, les bureaux et les halls pour installations pilotes et pour contrôles industriels.

Le personnel total compte 300 unités dont 60 universitaires : chimistes, physiciens ou ingénieurs.

Le travail de la station est contrôlé par un directeur des recherches sur les combustibles (le Dr. A. Parker) qui est lui-même assisté et guidé par une Commission désignée par le Département de la Recherche scientifique et industrielle et composée d'industriels et de professeurs d'universités.

Les principaux aspects des recherches actuellement en cours sont brièvement résumés ci-après.

2. Etude de la combustion du charbon en vue de la production de vapeur et d'énergie.

Les études en cours sont orientées vers quatre sujets principaux :

- a) l'amélioration du rendement des chaudières au charbon alimentées manuellement;
- b) l'étude d'une chambre de combustion à charbon pulvérisé en vue de produire un courant de gaz chauds destinés à alimenter une turbine à gaz;
- c) l'étude des dépôts sur les surfaces de chauffe des chaudières à tubes d'eau utilisées dans les centrales électriques et des moyens de prévenir leur formation;
- d) l'étude de l'élimination de l'anhydride sulfureux des fumées de combustion.

a) Bien que toutes les installations industrielles nouvelles de quelque importance soient équipées de chaudières à pulvérisé ou de foyers à grilles mécaniques, un grand nombre de chaudières alimentées manuellement sont encore en service en Grande-Bretagne, plus particulièrement sur les navires de faible tonnage.

La consommation annuelle de l'ensemble de ces chaudières représente encore quelque 30 millions de tonnes de houille.

Le chargement manuel entraîne une assez grande irrégularité de la combustion, les matières volatiles tendant à se dégager en masse après chaque chargement. Il en résulte généralement une combustion incomplète avec production d'une grande quantité de fumée et de suie.

Les travaux effectués à la F.R.S. ont montré qu'il était possible d'éliminer ces inconvénients par l'installation de clapets introduisant une certaine quantité d'air secondaire au-dessus de la grille. Ces clapets sont ouverts après chaque chargement, afin d'assurer la combustion complète des matières volatiles, et sont refermés ensuite, lorsque l'allure de la combustion est redevenue normale.

Ce problème a été longuement étudié sur divers types de chaudières installées dans l'un des halls de la F.R.S. (1, 2, 3). Il fait actuellement l'objet d'un programme d'amélioration systématique de toutes les chaudières de navires utilisant encore le chargement manuel.

b) L'alimentation des turbines à gaz par combustion de charbon pulvérisé pose quatre problèmes essentiels : la préparation du charbon — le dessin de la chambre de combustion — l'épuration des gaz de combustion et la réalisation de la turbine.

Les recherches effectuées à la F.R.S. sont limitées aux trois premiers problèmes. Trois types de chambres de combustion sont à l'étude :

- une chambre à passage axial (straight-through combustion-chamber) qui a déjà fait l'objet de quelques applications à l'échelle industrielle;
- une chambre Vortex travaillant sans fusion de cendres et qui est encore au stade pilote;
- une chambre cyclone à fusion de cendres qui est expérimentée à Leatherhead en collaboration avec la B.C.U.R.A. (4).

c) L'étude des dépôts qui se forment sur les surfaces de chauffe des chaudières à tubes d'eau est menée en collaboration avec la B.C.U.R.A. et avec diverses organisations industrielles; elle comporte divers contrôles sur des chaudières de centrales industrielles et des essais de laboratoire concernant les réactions de formation des sulfates de sodium et de potassium, qui se produisent à haute température par réaction de SO_2 ou de SO_3 sur les sels alcalins contenus dans les cendres de charbon.

d) La question de l'élimination du SO_2 des fumées de combustion revêt une importance notable en ce qui concerne la pollution atmosphérique des grands centres industriels. Une étude réalisée à l'échelle pilote dans une installation traitant 700 m^3 de fumées/heure a montré que des résultats intéressants pouvaient être obtenus en faisant passer les fumées dans une tour d'épuration comportant un empilage de grilles de bois sur lesquelles on fait ruisseler une solution ammoniacale. L'étude se poursuit et on se propose de la développer dans une installation d'essai capable de traiter 56.000 m^3 de fumées à l'heure (2 millions c.f.).

3. Chauffage domestique par combustibles solides.

Les recherches concernant le chauffage domestique se présentent sous deux aspects : d'une part, le travail routinier de contrôle des appareils de chauffage domestique en vue de leur acceptation sur la liste des appareils améliorés recommandés par le Ministère des Combustibles et de l'Energie pour l'équipement des maisons bâties avec l'aide financière de l'Etat; d'autre part, la recherche fondamentale concernant le chauffage des chambres par combustibles solides et l'étude de la production de fumée par les poêles et par les feux ouverts. Ces travaux sont effectués dans un bâtiment calorimétrique particulièrement bien équipé en appareils de mesures et de contrôle (5, 6).

Ce bâtiment couvre une surface de 280 m^2 (3.000 sq. ft) et compte 3 étages dans lesquels sont répartis divers laboratoires.

L'équipement le plus important est constitué par 4 cabines calorimétriques carrées de 3,60 m de côté (12 pieds) et de 2,70 m de hauteur (9 pieds); chacune de ces cabines occupe le centre d'une chambre carrée de 6 m de côté et de 8 m de hauteur, dont la température intérieure est maintenue constante.

Les cabines calorimétriques sont étanches, leurs parois étant constituées par des panneaux de contreplaqué de 6 mm d'épaisseur ($1/4$ pouce) couverts sur leurs deux faces d'une feuille de cuivre. Ces parois sont divisées en sections rectangulaires de $30 \times 60 \text{ cm}$, un couple thermoélectrique étant raccordé au centre de chacune des sections avec sa soudure froide du côté extérieur et sa soudure chaude vers l'intérieur.

L'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur de chaque panneau peut ainsi être enregistré et, moyennant le raccordement en série de tous les couples d'un même panneau, on peut mesurer l'écart

de température moyen qui est, lui-même, proportionnel au flux de chaleur qui s'écoule à travers le panneau.

Les appareils de chauffage à expérimenter sont installés au centre d'une des cabines calorimétriques et raccordés à une cheminée qui traverse le laboratoire d'étude des fumées, situé à l'étage supérieur.

La quantité d'air introduite dans la cabine est réglée automatiquement de manière que l'intérieur de la cabine soit constamment maintenu à la même pression que l'extérieur.

Cet air est soufflé par un petit ventilateur auxiliaire dont le débit est enregistré automatiquement.

L'installation est complétée par divers appareils et notamment par un dispositif de mesure directe de la chaleur rayonnée, constitué par une série de thermocouples montés sur une carcasse métallique en forme de quartier de sphère.

4. Carbonisation du charbon.

Dans le cadre général des recherches visant à produire un combustible domestique sans fumée, la Fuel Research Station expérimente la possibilité de produire du semi-coke à usage domestique en carbonisant des charbons classés (noix ou têtes de moineaux) à haute teneur en matière volatiles (de l'ordre de 37 %) dans des fours d'usine à gaz fonctionnant dans des conditions peu différentes de celles habituellement admises.

Les premiers essais ont été réalisés avec des charbons très faiblement agglutinants, dans un four vertical intermittent du type Woodall-Duckham. Des résultats favorables ont été obtenus et on a pu produire un combustible beaucoup plus réactif que les coques habituels.

Une autre série d'essais a été réalisée dans le même four en vue d'étudier la possibilité de produire un coke métallurgique de qualité satisfaisante, à partir de charbons de Durham faiblement agglutinants utilisés seuls ou en mélange avec des charbons fortement cokéfiant (7).

5. Gazéification intégrale du charbon.

Le but du programme de recherches en matière de gazéification intégrale du charbon vise à mettre au point un procédé permettant la production d'un gaz de ville ou d'un gaz de synthèse à bon marché, à partir de charbons fins et de déchets de coke de faible valeur.

Des expériences ont été réalisées précédemment, à l'échelle pilote, sur un gazogène à fluidisation dense chauffé extérieurement (8).

Actuellement, de nouveaux essais sont en cours avec un grand gazogène à fusion de cendres du type cyclone.

Ce gazogène a la forme d'un cylindre vertical de 60 cm de diamètre et de 60 cm de hauteur, il est garni intérieurement d'une fine couche de réfractaire plaquée sur une tôle déployée soudée sur la face intérieure de la virole cylindrique. Une série d'essais a été réalisée avec soufflage d'air enrichi d'oxygène et la capacité de traitement a atteint 400 kg de charbon par heure (900 livres).

Actuellement, un récupérateur est en cours de montage en vue de préchauffer l'air soufflé, ce qui doit permettre de supprimer l'addition d'oxygène.

6. Synthèse de combustibles liquides et de produits chimiques au départ du charbon.

Un vaste programme de recherches est en cours depuis plusieurs années en vue de l'étude détaillée de la synthèse Fischer-Tropsch.

Ce programme inclut la préparation de catalyseurs à bon marché à base d'oxyde de fer, l'étude de l'influence des conditions opératoires (pression et température), de la composition du gaz de synthèse (en particulier du rapport H_2/CO qui peut varier de 3/1 à 2/3) et de la dilution éventuelle de ce gaz par de l'azote (gaz pauvre).

À l'échelle du laboratoire, le travail est généralement effectué sur des catalyseurs en lit fixe. À plus grande échelle, la chaleur de réaction dégagée devient plus importante et il est généralement nécessaire de recourir à la catalyse fluidisée ou à la catalyse en milieu liquide (slurry process).

Cette dernière solution présente de grands avantages au point de vue de la simplicité du contrôle de la température et une installation pilote capable de produire 315 litres de produits/jour (70 gallons) a été montée pour l'étude de ce procédé.

Cette installation, schématisée à la figure 10, comporte essentiellement un tube de catalyse (1) de 20 cm de diamètre et de 4 à 5 m de hauteur, dans lequel le catalyseur finement broyé est mis en suspension dans de la cire de paraffine maintenue liquide à une température de 250 à 300° et à une pression de 10 à 15 atmosphères.

Le gaz de synthèse est introduit à la partie inférieure du tube et monte à travers le liquide. Il se dégage à la partie supérieure et passe dans un condenseur (2) dans lequel sont récupérés les produits volatils les plus lourds (cires); un dispositif automatique (3) assure le recyclage des cires paraffiniques dans le tube de catalyse et y maintient la constance du niveau de liquide.

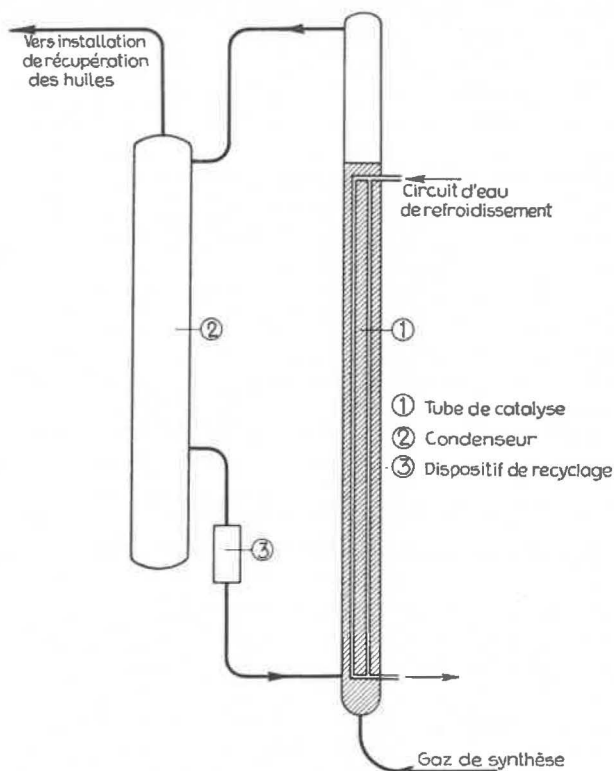


Fig. 10. — Installation de catalyse Fischer-Tropsch en milieu liquide — schéma de principe.

7. Pollution atmosphérique.

La F.R.S. est chargée de l'organisation d'une vaste campagne de mesures de la pollution atmosphérique par la fumées, les suies et l'anhydride sulfureux résultant de la combustion des charbons.

Trois types d'appareils standards sont utilisés à cet effet.

Le premier capte les particules de gros diamètres qui se déposent par leurs propre poids (fig. 11 A). Le dépôt est récolté une fois par mois et les parties solubles et insolubles font l'objet de différents dosages.

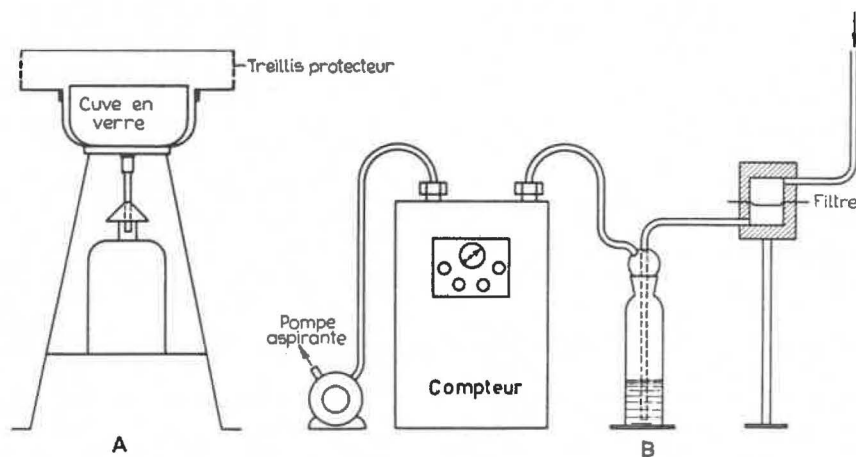


Fig. 11. — Appareils standards pour l'étude de la pollution atmosphérique.

A. — Dispositif pour le contrôle des grosses particules.

B. — Dispositif pour le contrôle des fines particules et le dosage du SO_2 .

Le second utilise un papier filtre au travers duquel on aspire une quantité d'air connue et dont on mesure le noircissement à l'aide d'un photomètre.

Le troisième est constitué d'un flacon laveur contenant de l'eau oxygénée et est destiné au captage de l'anhydride sulfureux. Ces deux derniers instruments sont habituellement placés en série en utilisant le même aspirateur et le même compteur enregistreur (fig. 11 B), la durée d'une opération est en général de 24 heures.

Il existe actuellement 1200 stations de mesure réparties dans les principaux centres industriels et urbains et placées sous le contrôle de diverses autorités officielles. Tous les résultats obtenus sont transmis à la F.R.S. qui se charge de les collationner (9).

8. Recherches diverses.

Parmi les autres recherches en cours à la F.R.S., on peut encore signaler :

— l'étude chimique de la constitution des charbons et des modifications de constitution qui accompagnent la houillification et sont responsables des différences qui existent entre les divers types de houille,

— la recherche du germanium dans les charbons et dans les cendres,

— l'étude de la structure des houilles et des catalyseurs par la méthode d'adsorption gazeuse,

— l'étude de l'influence possible d'une source de rayons gamma (en l'occurrence une source au cobalt 60 donnant une radiation de 110 curies) sur le déroulement des réactions chimiques et plus particulièrement de la réaction de synthèse Fischer-Tropsch.

9. Laboratoires d'analyse.

La station possède un des laboratoires les mieux équipés du pays pour l'analyse routinière des combustibles solides et gazeux. Les méthodes physiques de dosage sont utilisées de plus en plus pour l'analyse des cendres. L'équipement comprend notamment : des photomètres à flamme (utilisés pour le dosage du sodium et du potassium), un polarographe, divers spectromètres utilisant les rayons visibles, les infrarouges et les ultraviolets, un appareil à diffraction de rayons X, une thermo-balance avec dispositif d'enregistrement automatique, etc.

Le laboratoire d'analyse des gaz comporte un appareil de distillation fractionnée Podbielniak et un équipement très complet de burettes d'analyse par absorption chimique.

Des travaux de recherche se poursuivent continuellement pour l'amélioration des méthodes existantes et la mise au point de techniques nouvelles telles que l'utilisation de la chromatographie pour l'analyse des gaz et des liquides volatils.

10. Service mécanique et ateliers.

La station comporte deux ateliers de mécanique bien outillés ainsi qu'un laboratoire d'essais. Ceci

permet la réalisation et la mise au point des prototypes de nouveaux appareils de mesure ou de contrôle, ainsi que l'entretien des appareils et des installations d'essais.

11. Bibliothèque.

Une bibliothèque moderne et spacieuse est installée dans les locaux de la F.R.S. Elle comporte environ 3000 livres traitant des combustibles et des sciences fondamentales; 350 revues et périodiques y sont régulièrement dépouillés et fournissent la matière de la revue « Fuel Abstracts » qui groupe chaque mois un millier de résumés.

Les résultats des travaux de recherche sont publiés dans divers périodiques scientifiques et techniques et sont résumés chaque année dans un rapport annuel publié par « H.M. Stationery Office ».

REFERENCES

(1) T.F. HURLEY. A smoke eliminator for natural-draught Lancashire boilers - Fuel Economy Review 1946.

(2) T.F. HURLEY. The thermal efficiency of a Hand-fired Natural-draught Lancashire boiler - Proc. Inst. Mech. Engrs. 1950, pp. 20-26.

(3) Department of Scientific and Industrial Research. The effect of certain factors on the efficiency of a hand-fired, natural-draught Lancashire boiler. Fuel Research - Technical paper n° 55. (32 p.) H.M. Stationery Office 1949.

(4) T.F. HURLEY. The design of combustion chambers for the coal-fired gas turbine. Journal of Inst. of Petroleum. Vol. 37. Sept. 1951, pp. 517-534.

(5) Dep. of Sc. and Ind. Research. The calorimeter building for domestic heating Research (8 p.). H.M. Stationery Office 1948.

(6) W.F.B. SHAW. The testing of domestic solid fuel appliances. The coal merchant and shipper Vol. CV III/1954. N° 2771, 2776, 2780 et 2784.

(7) H. BARDGETT. Carbonization of blends of coal to produce metallurgical coke. The Journal of Inst. of Fuel. June 1954 (26 p.).

(8) L.J. JOLLEY - A. POLL - C.C. NOAKS et J.E. STANTAN. La production de gaz à l'eau en lit fluide. Conférence Internationale sur la gazéification intégrale de la houille extraite. Liège 3-8 mai 1954. Communication D. 3 (11 p.).

(9) A. PARKER. Atmospheric pollution causes, effects and prevention. The Inst. of Civil Engrs. April 1954. pp. 99-124.

(10) A. PARKER. Britain's fuel problems and the work of the Fuel Research Station of D.S.I.R. Journal of the Inst. of Heating and Ventilating Engrs. Janvier 1952. pp. 419-448.

(11) Department of Scientific and Industrial Research. Fuel Research 1954 (rapport annuel). H.M. Stationery Office 1955 (70 p.).