

Applications de la pétrologie à la cokéfaction

Réunion du 15 mai 1956 organisée par INICHAR

M. VENTER souhaite la bienvenue aux participants à cette journée. Il rappelle l'origine de cette réunion. Les 23, 24 et 25 mai 1955, Inichar a organisé à Liège, dans les mêmes locaux de l'A.I.Lg., la deuxième réunion du Comité International de Pétrologie du Charbon. Celle-ci avait réuni des représentants des pays charbonniers du monde entier. Pour faire profiter les industries belges de la présence dans le pays de ces spécialistes et pour leur permettre de se rendre compte des possibilités de la pétrologie, Inichar avait organisé le 26 mai une « Journée des Applications de la Pétrologie à la Cokéfaction ». Au cours de cette journée, les exposés suivants ont été entendus :

E. GRAND'RY : Quel intérêt pratique peut-on attacher à l'analyse pétrologique des houilles ?

R. NOEL : Quelques applications pratiques de la connaissance des éléments végétaux constitutifs des charbons.

H. HOFFMANN : Progrès dans l'étude et le contrôle de la constitution physique du coke sidérurgique.

A. ASAI et H. TANNO : Fabrication de cokes métallurgiques à partir de charbon birman par le procédé de carbonisation en deux temps du Coal Research Institute.

M. Th. MACKOWSKY : Possibilités d'utilisation dans le domaine pratique de l'étude microscopique de la houille et du coke.

E. BURSTLEIN : Le charbon à coke, pénurie ou abondance ?

A la fin de la réunion, il avait été décidé qu'Inichar publierait les exposés et organiserait une réunion ultérieure pour permettre, après réflexion, un large échange d'idées sur ce problème. Les textes des exposés ont paru dans la livraison de novembre des Annales des Mines. La réunion de ce jour ayant le caractère d'un premier échange de vues, Inichar n'a pas cru devoir inviter les auteurs des communications. M. Burstlein, heureusement de passage en Belgique, est néanmoins présent et

répondra aux questions qui lui seront posées concernant son exposé.

Inichar est à la disposition des industries charbonnière et cokière pour entreprendre ou subsidier des recherches suivant les lignes directrices qui pourraient se dégager des échanges de vues.

M. VENTER propose ensuite que la discussion soit précédée de deux courts exposés de MM. Coppens et Noël, qui remettront en mémoire les principes exposés dans les communications.

M. NOEL (Inichar), dans son bref rappel sur le rôle que peut jouer l'étude microscopique de la houille et du coke dans le domaine pratique, cite tout d'abord les deux exposés introductifs de M. Grand'ry et de lui-même. Ces deux exposés avaient pour objet essentiel de familiariser les auditeurs avec la nomenclature utilisée en pétrologie et avec l'aspect que présentent, sous le microscope, les différents types de charbon et leurs divers constituants.

Sans revenir sur ces préliminaires, M. Noël veut analyser rapidement les possibilités d'utilisation pratique de la pétrographie dans la cokéfaction, qui sont apparues dans les autres exposés et, tout particulièrement, dans l'exposé de Mademoiselle Mackowsky.

Dans la cokéfaction, le microscope peut être utilisé :

- 1) pour l'étude des pâtes à coke;
- 2) pour l'étude de la structure du coke lui-même.

Dans les pâtes à coke, le microscope permet de reconnaître :

- d'une part, les différents types de charbons utilisés : flambants, gras, 1/2 gras, maigres,
- et, d'autre part, dans chaque type de charbon, les constituants pétrographiques qui cokéfient bien, moyennement ou pas du tout.

Grâce à des tables intégratrices de plus en plus perfectionnées, on peut, sous le microscope, déterminer le pourcentage des différents types de charbons de la pâte à coke et le pourcentage des constituants qui cokéfient bien, moyennement ou mal.

On peut, par exemple, contrôler à tout moment si le broyage et le mélange des charbons s'effec-

tuent normalement et si, en particulier, les constituants inertes qui sont aussi les plus durs ne se concentrent pas dans les grosses fractions granulométriques où ils provoquent la formation d'un intense réseau de fissuration.

L'examen microscopique peut encore être appliqué avec profit à l'étude du coke lui-même. Il convient cependant de préciser que, dans ce domaine, les résultats pratiques sont encore fragmentaires et que les conclusions ne peuvent être généralisées comme celles qui se rapportent à l'étude des pâtes à coke, lesquelles sont basées sur des expériences industrielles de plusieurs années.

On retrouve, dans le coke, tous les constituants primitifs des charbons, fondus ou non fondus et en particulier les inertes inchangés et dont les fragments trop gros sont généralement le point de départ de fissures caractéristiques.

L'étude microscopique du coke peut porter sur deux éléments :

- 1) les pores et les fissures du coke,
- 2) la substance même du coke.

L'étude des pores du coke a tout d'abord déçu les chercheurs qui s'en sont occupés parce qu'ils n'y ont pas trouvé la relation avec la réactivité qu'ils espéraient. Mais c'était attaquer, pour commencer, le problème le plus difficile en exigeant du microscope plus qu'il ne pouvait donner.

Cette étude a cependant été fructueuse car elle a familiarisé les chercheurs avec la porosité moyenne, régulière, caractéristique des très bons coques et, surtout, elle a mis en évidence le rôle essentiel de certains facteurs tels que le broyage, l'homogénéité des mélanges, la grosseur des inertes, dans la porosité et la fissuration du coke.

Dans ce domaine, on peut dire que le microscope a quitté le stade des essais et qu'il peut être utilisé maintenant dans la pratique industrielle comme contrôle de la qualité du coke en vue de son utilisation dans le haut-fourneau. Mademoiselle Mackowsky a montré, par exemple, qu'il y avait une relation directe entre, d'une part, la solidité du coke déterminée à l'essai Micum et, d'autre part, la proportion de la grosseur des inertes dans le coke.

Enfin, en ce qui concerne l'étude de la substance même du coke qui se pratique surtout en lumière polarisée, on peut dire que les premiers résultats sont très encourageants. M. Hoffmann et Mademoiselle Mackowsky en ont donné quelques exemples, notamment les relations entre le rang des charbons enfournés et le degré d'anisotropie du coke obtenu, entre l'homogénéité de la pâte et une isotropie assez uniforme dans une plage étendue. Enfin, Melle Mackowsky a indiqué une première relation très intéressante entre les propriétés optiques de la substance du coke et sa réactivité au haut-fourneau. Ces résultats ont d'ailleurs encore été confirmés depuis.

Pour illustrer les possibilités offertes par le microscope dans l'analyse qualitative et quantitative des fines à coques, M. Noël montre quelques photos, en lumière réfléchie, d'un mélange de grains de charbons flambant (35 % M.V.), gras (25 %), demi-gras (16 %) et maigre (8 %). L'échantillon est également présenté sous le microscope. Chacun peut constater que les grains des différents types de charbon sont bien identifiables.

M. LEGRAYE voudrait savoir si l'on a étudié le comportement des différents constituants pétrographiques au cours de la cokéfaction.

M. COPPENS résume les essais faits par Inichar dans ce domaine; ces essais ont été publiés au XXV^e Congrès International de Chimie Industrielle, à Bruxelles, en 1954, et repris dans l'exposé de M. Grand'ry.

M. LEGRAYE demande s'il y a encore beaucoup à faire dans ce domaine.

M. COPPENS répond que oui, car on n'a encore fait que des essais préliminaires sur un seul type de charbon.

M. GRAND'RY signale que, depuis plus d'un an, le Laboratoire de Recherches de la Cokerie de Tertre a entrepris l'étude systématique du rôle joué par les grains infusibles dans le coke. A cet effet, on a préparé en caisses des cuissons intermédiaires pour suivre le comportement des infusibles. On a constaté qu'autour de chaque gros grain infusible se développe une zone ou sphère anisotrope et que les fissures sautent d'un grain infusible à un autre grain infusible, ceux-ci agissant comme relais lorsque le rayon de cette sphère atteint une certaine longueur.

M. NOEL (Inichar), rappelle qu'en ce qui concerne la fusite, on la retrouve inchangée dans tous les stades.

M. DEHU estime que la pétrologie est entrée dans un stade pratique d'exploitation au point de vue de la recherche industrielle directe. Les cokeries vont s'équiper de plus en plus de leurs appareils propres. Mais il serait souhaitable de faire cela sur un plan plus général, de centraliser les recherches et d'établir en quelque sorte un atlas pétrologique des charbons belges dans le genre de celui qui a été publié en Allemagne et dont la première édition est malheureusement épuisée.

M. NOEL (Inichar) signale que les auteurs de cet atlas en préparent une deuxième édition et que le travail poursuivi par Inichar constituera précisément une sorte d'atlas des charbons belges.

M. COPPENS précise qu'Inichar a entrepris un vaste travail de classification de tous les charbons belges. On a déjà étudié plus de 100 couches différentes, notamment toutes les couches en exploitation en Campine, dans les charbonnages d'André

Dumont, de Beeringen, de Limbourg-Meuse et de Houthalen. Ces recherches portent sur des charbons de tous rangs. A côté des analyses chimiques et des essais physiques courants, M. Noël a entrepris l'analyse pétrologique de tous ces échantillons.

M. GRAND'RY fait remarquer que le cokier ne connaît généralement pas le mélange qu'on lui fournit et que la teneur en M.V. seule ne suffit pas pour définir convenablement une pâte à coke, car une infinité de mélanges différents peuvent donner la même teneur en M.V. Or, la teneur voulue en M.V. est parfois obtenue, au charbonnage, par l'adjonction de charbons dont les propriétés cokéfiantes sont bien différentes de celles du mélange des fines. Grâce au microscope, trois heures après le prélèvement de l'échantillon, on obtient la composition qualitative et quantitative du mélange, ce qui donne la possibilité de corriger le mélange s'il y a lieu.

M. COPPENS pense que, pour pouvoir reconnaître les charbons du mélange, il faut d'abord étudier les charbons du bassin dont ils proviennent car, à rang et teneur en M.V. égaux, des charbons peuvent avoir des porosités et des teneurs en eau d'équilibre très différentes selon les conditions tectoniques du gisement, dont l'effet doit se marquer sur le pouvoir réflecteur.

M. GRAND'RY constate que les résultats d'analyses quantitatives d'une fine en charbons de rangs différents qu'il a obtenus après avoir établi une échelle empirique de réflectance pour les charbons utilisés en provenance d'un même bassin, sont satisfaisants et reproductibles. Les erreurs ne dépassent, en aucun cas, 2 à 2,5 %.

M. DEHU voudrait savoir quel est l'organisme qui pourrait procurer l'échelle de réflectance.

M. GRAND'RY pense que chaque cokier doit établir sa propre échelle, selon les vitrites des veines de base à partir desquelles il reçoit ses fines à coke régulièrement.

M. COPPENS croit cependant que des difficultés doivent surgir si l'on a affaire à des charbons de bassins très différents.

M. HANSROUL conclut qu'il y aurait certainement intérêt, pour les charbonnages, à étudier au microscope les charbons extraits et surtout la composition des mélanges au sortir du lavoir.

M. VENTER signale qu'il entre dans les intentions d'Inichar de publier les résultats des analyses pétrographiques des couches séparées, mais non des mélanges qui constituent des cas particuliers et constamment variables.

M. HANSROUL demande si les études en cours tiennent compte de la variation horizontale de la constitution des couches.

M. VENTER répond qu'il s'agit là d'un grave problème dont Inichar se préoccupe. Un premier travail, publié dans le Bulletin Technique « Houille et Dérivés » n° 9, a été réalisé en Campine où trois piliers représentatifs ont été prélevés dans une même couche, aux sommets d'un triangle équilatéral de 800 mètres de côté environ. On évitait de la sorte l'écueil qui consiste à étudier une zone privilégiée par d'éventuels courants de sédimentation. Les résultats trouvés pour ces trois piliers sont absolument correspondants. Dans un rayon de 800 mètres, rien n'a changé. On cherche maintenant à faire des essais de raccordements horizontaux à plus grande échelle, de l'ordre de plusieurs kilomètres.

M. NOEL (Inichar) signale que Melle Mackowsky fait en ce moment des essais du même ordre dans le bassin de la Ruhr. Dans une même couche, elle prélève de nombreux piliers selon deux directions perpendiculaires l'une à l'autre. La constitution pétrographique de la couche varie suivant une direction, mais semble rester constante suivant l'autre.

M. LEGRAYE trouve très pertinente la question de M. Hansroul, 800 mètres constituent une faible distance à l'échelle d'un bassin. Si l'on prend une plus grande échelle géographique, on constate des variations en teneurs en M.V. qui peuvent être très grandes. Dans une étude déjà ancienne, M. Legraye a montré que, dans le bassin de Liège, les teneurs d'une même couche varient de 7 à 20 %. Ces variations ne sont d'ailleurs pas dues, en ordre principal, à des effets tectoniques mais principalement aux conditions initiales de dépôt et de gisement.

M. COPPENS dit qu'en Campine, Inichar a systématiquement prélevé des piliers dans toutes les couches en exploitation dans les charbonnages déjà cités. Il est ainsi possible d'établir des raccordements sur une vaste échelle. Mais c'est là un travail de longue haleine.

M. LEGRAYE signale qu'en ce qui concerne la Campine, les lignes isovolatiles et, en quelque sorte, les lignes iso-qualités s'étendent dans la direction E.-O. ou plus exactement E.E.-N.O., mais que les variations s'établiront dans la direction N.-S. La connaissance de la direction des lignes iso-qualités est un élément intéressant pour l'exploitation.

M. HANSROUL abonde dans ce sens car, en Campine, les avancements sont importants chaque année et ils ne sont pas les mêmes dans chaque direction. Il semble aussi très important, au point de vue charbonnier, de suivre la constitution dans le temps des mélanges destinés à la cokéfaction.

M. NOEL (Inichar) fait remarquer que, grâce aux échantillons prélevés à 800 mètres, l'exploitant

est certain d'extraire, pendant de nombreux mois, un charbon dont les propriétés seront constantes.

M. GRAND'RY estime que l'étude des piliers est vraiment une étude de base.

Par ailleurs, le broyage de certains classés provenant de certaines couches apporterait une solution à la pénurie des fines à cokés produites naturellement aux triages-lavoirs. C'est une question de barèmes de prix admis.

M. COLSON pense que la question est de savoir s'il y a intérêt à ce que les charbonnages fabriquent eux-mêmes les mélanges. Ne pourraient-ils envoyer les charbons séparés ?

M. GRAND'RY pense que l'idéal serait de pouvoir stocker séparément au charbonnage les différents charbons extraits, et ce, afin de pouvoir livrer des fines à coke de caractéristiques constantes.

M. BURSTLEIN, lui, estime que l'idéal serait plus encore d'expédier séparément ces diverses qualités afin que le cokier puisse faire lui-même son mélange.

M. HANSROUL trouve que cela pose au charbonnier des problèmes d'exploitation très complexes.

MM. BENOIT et COLSON font savoir que ce problème est en voie de réalisation au charbonnage des Liégeois. Le stockage y sera organisé en séparant les qualités.

M. HANSROUL demande comment se réalise le travail d'Inichar dans le domaine de la pétrologie.

M. NOEL (Inichar) expose que, dans chacune des couches en exploitation, on prélève, perpendiculairement à la stratification, un pilier de charbon de 10 à 20 cm de largeur et d'épaisseur, ayant pour hauteur l'épaisseur de la couche entre toit et mur. De ce pilier, on extrait une bande de 3 à 4 cm de largeur, qui est polie puis examinée au microscope. On y détermine la succession des strates des divers constituants pétrographiques et on obtient finalement la représentation géologique de la couche.

M. COPPENS signale que, pour l'analyse chimique, un pilier du même ordre est prélevé et broyé à la granulométrie voulue. Le charbon est lavé en liqueur dense à la densité de 1,45, puis analysé.

M. NOEL poursuit en expliquant qu'une certaine quantité de ces grains lavés sont enrobés dans une matière plastique et qu'on polit une surface de l'échantillon. On fait au microscope l'analyse pétrographique sur un nombre de grains suffisant pour que le résultat soit statistiquement valable.

M. VENTER rappelle que toutes ces méthodes ont été décrites en détail dans les Bulletins Techniques « Houille et Dérivés » d'Inichar.

M. COPPENS donne ensuite un bref rappel de la communication de M. Burstlein.

L'intérêt technique et économique du procédé Sovaco est mis en évidence par la comparaison des conditions d'exploitation de la Cokerie de Thionville avant et après la mise au point du procédé :

Initialement, la cokerie devait faire appel à 60% de charbons (gras ou demi-gras) de la Ruhr pour pouvoir consommer 20 % de charbons à gaz de la Sarre (« gras A ») à 37 % de M.V. sur pur, et 20 % de charbons lorrains (« gras B ») à 41 % de M.V. sur pur.

Après l'introduction du procédé de préparation sélective, on a réussi, d'une part, à réduire à 25 % la quantité de charbons de la Ruhr et, d'autre part, à incorporer dans le mélange jusqu'à 45 % de charbons lorrains, tout ceci en obtenant un coke sidérurgique de bonne qualité ($\text{micum}_{40} = 70$ à 80 ; $\text{micum}_{10} = 6,5$ à $7,5$).

Ce remarquable progrès a été réalisé en observant les principes généraux suivants :

Premier Principe : Obtenir une texture serrée et régulière du coke en resserrant la plage granulométrique totale du mélange d'enfournement, en opérant par exemple avec une dimension maximum de 3 au lieu de 6 mm.

Deuxième Principe : Comme l'application du premier principe tend à faire baisser la densité de chargement, il faut améliorer la forme de la courbe granulométrique du mélange de façon à tendre vers la courbe de remplissage idéale.

Ce sera de préférence une courbe en S inversé, dont le grain de dimensions moyennes est aussi centré que possible dans la plage granulométrique totale et dont la plage granulométrique centrale est aussi étendue que possible (courbe F₂ de la figure 4 du texte).

Malgré la réduction de la finesse totale, l'adoption de la courbe granulométrique en S inversé permet, sous pilonnage, d'obtenir des densités de chargement de l'ordre de 825 kg/m³.

L'application du principe de forme peut, évidemment, être limitée dans certains cas par le pouvoir poussant du mélange.

Troisième Principe : C'est l'invariance dans le temps de la courbe granulométrique du mélange d'enfournement, en dépit des variations de la granulométrie initiale et de la dureté des divers charbons de base.

Quatrième Principe : Ce principe, évident comme le précédent, demande la répartition uniforme et homogène tant des divers composants fusibles du mélange que de leurs constituants pétrographiques fusibles dans toutes les fractions granulométriques du mélange d'enfournement.

Le dispositif de préparation devra donc éviter les ségrégations résultant :

- 1) de la différence dans la granulométrie initiale des divers charbons de départ;
- 2) de leur différence de dureté;
- 3) de la différence de dureté des divers constituants pétrographiques de chacun des divers charbons.

Cinquième Principe : Il consiste à introduire dans le mélange d'enfournement les charbons inertes, de même que les constituants pétrographiques inertes des charbons fusibles, avec un indice de finesse totale plus faible (1,5 mm par ex.), mais avec un indice de forme caractérisé par un grain moyen centré dans la plage totale et une plage granulométrique centrale de grande étendue.

Sixième Principe : Ce dernier principe demande de réduire la surface totale du mélange d'enfournement, c'est-à-dire d'éviter le surbroyage des éléments qui ont déjà la finesse voulue. Ceci revient à dire qu'il faut éviter d'étendre inutilement la grandeur de la surface totale des éléments qui doivent se souder. Ce dernier principe concerne évidemment de façon particulière les mélanges dont l'indice d'agglutination est faible.

C'est l'application judicieuse de ces principes généraux qui est la base des progrès obtenus par le Procédé Sovaco.

La technique de Thionville doit retenir l'attention de l'industrie charbonnière et de l'industrie cokière belges. Dans nos réserves de charbon, la répartition des diverses qualités est, en effet, telle qu'inévitablement se posera la question de l'incorporation, en quantités progressivement croissantes, de flambants dans les pâtes à coke.

M. VENTER demande à M. Burstlein si le résumé lui paraît fidèle.

M. BURSTLEIN répond affirmativement. Il insiste cependant sur le fait que la courbe granulométrique en S est un idéal vers lequel il faut tendre, mais qui est pratiquement irréalisable. Un des points essentiels de la méthode Sovaco est d'étendre considérablement la gamme des charbons cokéfiants en mélanges.

M. VENTER donne ensuite un tableau des réserves charbonnières belges. Il convient de les accueillir avec prudence, comme toutes les évaluations de cette nature. Un auteur hollandais vient de comparer divers ouvrages sur les réserves mondiales et a trouvé des valeurs variant de 1 à 4. Si l'on prend comme unité le million de tonnes, les réserves belges peuvent s'évaluer raisonnablement comme suit :

750	pour les charbons de plus de 35 % M.V.
1500	» » de 28 à 35 % M.V.
1400	» » de 20 à 28 % M.V.
900	» » de 10 à 20 % M.V.
300	» » de moins de 10 % M.V.

soit au total environ 5 000 dont près de la moitié est constituée par des charbons de plus de 28 % M.V.

M. DEHU estime que la grosse difficulté pour l'installation du procédé Sovaco en Belgique réside dans la faible différence de prix des diverses catégories de charbons.

M. BURSTLEIN trouve que c'est là une situation regrettable, d'autant plus que la production des cokeries augmente rapidement. Dans cent ans, la réserve des bons charbons à coke risque d'être épuisée. Il faudrait donc préserver cette réserve de charbons fusibles par une politique appropriée; mais, de toute façon, la loi de l'offre et de la demande valorisera tôt ou tard ces charbons. La preuve est faite qu'on peut, grâce au procédé Sovaco, traiter des mélanges à 32 % M.V. tout en produisant un excellent coke.

M. BENOIT pense que, connaissant l'état des réserves charbonnières en Belgique, il serait intéressant qu'Inichar entreprenne une étude spéciale sur la fusibilité de ces charbons pour savoir, par exemple, si un élément comme la vitrinite des charbons très gras se comporte ou non de la même manière que le même élément des charbons lorrains. Il semble que la vitrinite des charbons belges les plus gras qu'on utilise jusqu'à présent possède, à l'encontre de celle des charbons lorrains, un excès de fluidité.

M. VENTER explique qu'une bonne partie des réserves des charbons à plus de 35 % M.V. est située dans la réserve de Neeroeteren et elle n'est pas accessible actuellement.

M. COPPENS dit que l'étude du comportement des charbons les plus gras en exploitation actuellement a été faite par Inichar.

M. BURSTLEIN expose que le problème de la cokéfaction n'est en effet pas le même en Belgique et en Lorraine, mais qu'il est voisin de celui de la Sarre où les charbons sont aussi très gras. Il consiste, en fait, à employer efficacement des mélanges de 32 % M.V.

M. BENOIT pense que, jusqu'à présent, la préparation des mélanges a été, en Belgique, très brutale. Il y a intérêt à mieux homogénéiser le charbon qu'on enfourne.

M. BURSTLEIN signale que la preuve est faite que, grâce à cette homogénéisation, aussi bien dans la Ruhr que dans la Sarre, il est possible d'enfourner des mélanges à 32 % M.V. et d'obtenir un bon coke.

M. DEHU demande quels charbons traitent les installations d'Oran et d'Alger et si M. Burstlein a une expérience sur l'utilisation des charbons américains.

M. BURSTLEIN répond qu'on traite des charbons sarrois auxquels on ajoute un peu de charbon du Nord. La teneur en M.V. du mélange atteint 33 %. Mais il s'agit ici de cokeries gazières.

M. BURSTLEIN monte en ce moment en Italie une installation qui utilisera 80 % de charbon américain.

M. COLSON demande si ce sont les constituants peu fondants qui ont surtout besoin d'un traitement spécial.

M. BURSTLEIN répond : pas uniquement. Dans les dispositifs courants, le broyeur traite tout le mélange et pas seulement les quelque 35 % habituels qui ont besoin d'être broyés. Comme le montrent les courbes granulométriques, le broyeur surbroie le charbon fusible qui est déjà à bonne dimension, mais ne broie pas suffisamment les éléments durs et inertes. Il y a donc excès de fines poussières, ce qui provoque une diminution de la capacité de chargement et une augmentation nuisible de la surface totale des grains. Il faut, au contraire, faire un premier tamisage et recycler simplement le refus pour le broyer sans surbroyage.

M. DEHU signale le fait que, par leur dureté, les schistes inertes sont mal broyés dans le procédé habituel et qu'ils restent à l'état de gros fragments dans le coke, ce qui en diminue la solidité.

M. BENOIT estime que le principal intérêt de la méthode Sovaco est, en effet, de donner à tout moment un mélange homogène des divers constituants dans des granulométries appropriées.

M. BURSTLEIN quitte la réunion.

M. COPPENS donne ensuite l'essentiel de l'étude de M. Hoffmann d'après un résumé fait par M. Ledent.

Le comportement d'un coke, au haut-fourneau, est fonction de sa structure physique.

C'est ainsi que de la solidité du coke et de la réduction de granulométrie qu'il subit au cours de la descente de la charge dépend la plus ou moins grande résistance offerte au passage du vent.

D'autre part, le déroulement des réactions du vent avec le carbone et, par voie de conséquence, le régime des températures sur la hauteur du haut-fourneau dépendent de l'étendue des surfaces externe et interne du coke.

En particulier, la température maximum atteinte aux étalages est d'autant plus élevée que la réaction exothermique $C + O_2 = CO_2$ est plus active que la réaction endothermique $C + CO_2 = 2 CO$.

Or, la réaction exothermique semble surtout être influencée par l'étendue de la surface des macropores et la réaction endothermique par celle des micropores.

Ces considérations générales montrent l'intérêt des études de laboratoire concernant la macro- et la microstructure des cokes.

Malheureusement, ces méthodes d'étude sont d'application trop difficile pour pouvoir servir comme moyens de contrôle courants. C'est ce qui a poussé le Dr. Hoffmann à mettre au point deux procédés pratiques permettant de caractériser, *de façon indirecte*, les formes de macro- et de microstructures des cokes.

Le premier test, relatif à la macrostructure, est basé sur une proposition de l'Américain Rice :

L'appareil est un tambour en acier de 49 cm de diamètre et de 56 cm de longueur, pourvu intérieurement de deux cornières de 38 mm. On y introduit 13,5 kg de coke séché et calibré (20/30 ou 60/80). On ajoute 11 billes en acier de 32 mm de diamètre et on fait tourner le tambour pendant 62 minutes à la vitesse de 20 tours/minute. La charge est ensuite criblée au tamis de 12,5 mm.

La proportion de refus exprimée en % est désignée sous le nom d'« indice de macrosolidité ».

D'après Hoffmann, l'expérience montre que cet essai qui implique 1240 tours est en relation étroite avec la macrostructure des morceaux de coke alors que l'essai micum qui ne comporte que 100 tours rend compte de la fissuration du coke bien plus que de sa structure interne.

Le second test, relatif à la microstructure, est basé sur une proposition du Northern Coke Research Committee :

L'appareil est constitué d'un tube en acier inoxydable (d : 25 mm, l : 300 mm) fermé à chaque extrémité par un bouchon fileté. L'appareil est animé d'un mouvement de rotation autour du petit axe de symétrie.

On introduit dans le tube 2 g de coke sec, de calibre 1/1,2 mm et 12 billes en acier de 5 mm de diamètre. Après 800 rotations effectuées en l'espace d'une heure, la charge est tamisée à 0,6 mm et le pourcentage du refus est désigné sous le nom d'« indice de microsolidité ».

Ces deux tests de macrosolidité et de microsolidité ont été appliqués, conjointement avec l'étude microscopique et les autres méthodes de contrôle, à une longue série de cokes de provenances les plus diverses et obtenus dans des conditions d'enfournement et de carbonisation différentes. Ces examens prolongés conduisent l'auteur aux conclusions générales suivantes :

1) les données de l'essai micum suffisent pour caractériser les qualités de cokes provenant de pâtes finement broyées de charbons demi-gras et de charbons gras. Elles sont en bon accord avec les déterminations de la macro- et de la microsolidité.

Par contre, dans le cas de cokes provenant de pâtes broyées grossièrement ou contenant de fortes proportions de charbons quart-gras, de charbons à gaz ou de flambants, l'essai micum ne constitue

plus un critère suffisant et les déterminations de la macro- et de la microsolidité donnent une meilleure estimation de la qualité du coke;

2) les valeurs notablement plus élevées de la macrosolidité 30/20 comparées à celles du 80/60 montrent que l'emploi de morceaux de coke quelque peu plus petits que ceux employés jusqu'ici offre de grands avantages du point de vue de l'aptitude à la combustion par suite de la constitution plus homogène de la structure. Ceci concerne surtout les cokés préparés à partir de charbons peu évolués.

Il pourrait donc être avantageux pour les hauts-fournistes d'admettre une granulométrie un peu plus faible que celle utilisée habituellement, quitte à compenser cette diminution par une certaine augmentation des dimensions du minerai, afin de maintenir la perméabilité de la charge.

En terminant, l'auteur attire l'attention sur l'intérêt de la détermination de la microsolidité comme moyen de contrôle du degré de cuisson. La microsolidité diminue en effet rapidement lorsque le coke est insuffisamment cuit. Cette chute de la microsolidité est particulièrement importante dans le cas de la cuisson incomplète de charbons peu évolués.

M. GRAND'RY demande s'il existe une expérience belge similaire dans la recherche de la macro- et de la microsolidité.

M. COPPENS pense que non; il estime cependant que cet essai est intéressant et que l'appareillage est moins encombrant pour un laboratoire que celui du micum. Il compte entreprendre ce travail si l'équipement nécessaire peut lui être fourni.

M. GRAND'RY estime que l'essai micum est insuffisamment interprété. On ne tient pas assez compte de la granulométrie initiale qui est très importante. Il faut rapprocher les courbes obtenues avant et après le trommel.

M. BENOIT dit qu'il s'agit ici d'une question très controversée entre Français et Allemands. En fait, ce qui importe, c'est de savoir quelle est la granulométrie qui intéresse les hauts-fournistes.

M. BUYLE estime que ceci remet en cause les bases mêmes de l'essai micum. On ne peut dire, a priori, si un coke de grosse dimension est meilleur. La plupart des hauts-fourneaux préfèrent un coke moyen et régulier. Il faut une granulométrie qui donne une bonne mise au mille.

M. NOEL (Cockerill) signale que, avant la guerre, l'expérience d'un coke hollandais a montré qu'il était parfois préférable d'avoir un coke plus petit mais régulier et qui, surtout, conserve ses qualités au cours de la descente dans le haut-fourneau. Il pense que la meilleure qualité du coke est surtout sa résistance à l'abrasion.

M. COLSON rappelle que, pour le micum classique, on doit utiliser les gros morceaux. Ceci ne donne qu'une information partielle sur la résistance à l'abrasion, par exemple. Il faut travailler en deux temps pour sélectionner ce qui provient de la fissuration et de l'abrasion.

M. BENOIT explique qu'il possède un appareillage fourni par Feddeler, qui donne sur la résistance du coke des résultats qui seraient comparables à ceux du micum (+ 40 et - 10). Le coke utilisé est obtenu dans la cornue de Jenkner à partir d'un échantillon du mélange enfourné. Tout le coke ainsi obtenu, 1 kg, est placé dans un petit tambour à marteaux dont la vitesse est beaucoup plus grande que celle du micum.

M. COLSON trouve que le parallélisme avec le micum est bon, par contre l'appareil n'opère pas en deux temps pour la solidité et la résistance à l'abrasion.

M. NOEL dit que l'essai de chute pratiqué autrefois donnait aussi une bonne idée de la résistance du coke et de la meilleure granulométrie à utiliser.

M. GRAND'RY explique que, dans le haut fourneau, le rôle catalytique du fer réduit à l'état métallique est tel que la réactivité propre du coke vierge est sans grande importance. La question de réactivité serait plus importante pour les gazogènes.

M. BENOIT rappelle que M. Hoffmann a eu l'avantage de travailler constamment en corrélation avec les hauts fourneaux. Malheureusement, il semble que ses résultats sont seulement valables pour les cokés qu'il a obtenus et pour le type particulier de hauts fourneaux qu'il utilise.

M. COPPENS résume ensuite la communication de MM. Asai et Tanno.

Ces auteurs ont traité de la carbonisation en deux étapes d'un charbon birman à 50 % de matières volatiles (sur pur) et dépourvu de toute propriété cokéfiante.

En première étape, le charbon est réduit à une granulométrie de l'ordre de 1 à 3 mm et subit la semi-carbonisation, en phase fluidisée dense, à des températures de 550 à 600°. Cette première étape donne un semi-coke dont la teneur en matières volatiles est de 10 à 15 %.

En seconde étape, le semi-coke est additionné d'environ 15 % de charbon cokéfiant japonais finement broyé et de 12 % de brai liquide ou 7 % d'asphalte. Les briquettes de forme ovoïde obtenues à partir de ce mélange sont finalement carbonisées en four vertical à 1.200°. Le chauffage est du type direct, par circulation de fumées chaudes traversant horizontalement et à plusieurs reprises la masse des boulets. La loi de chauffe est de l'ordre de 8 à 10°/minute.

La qualité des briquettes de coke obtenues est donnée au tableau de la page 979 de la publication.

L'indice de résistance au trommel est de l'ordre de 90 %. M. Coppens signale à tout hasard, que la maille critère est de 15 mm et que les dimensions des briquettes de coke sont de $55 \times 45 \times 35$ mm.

En ce qui concerne les qualités des briquettes du point de vue sidérurgique, la conclusion nuancée des auteurs est la suivante : sur la base des essais expérimentaux, le charbon birman mis en œuvre peut, sans aucun doute, constituer une matière première intéressante pour la production de coke métallurgique. Toutefois, une expérience suffisamment large devrait être faite dans une installation semi-industrielle pour la mise au point des détails constructifs et opératoires.

M. Coppens signale également l'intervention de M. Hoffmann dans la discussion qui a suivi l'exposé d'Asai et Tanno.

M. LEDENT signale que le procédé du C.R.I. de Tokyo n'est pas le seul procédé mis au point en vue de la fabrication de coke à partir de charbons non cokéfiant (charbons jeunes ou anthracites). La question a été assez longuement abordée dans différents rapports de l'OECE et des Nations-Unies (procédé National Fuel Corporation - USA, et procédé Baum-Panindco - Allemagne). On peut également signaler, dans le même ordre d'idées, les recherches en cours au centre de recherches du N.C.B. à Stoke Orchard, dont le but immédiat est la production d'un combustible domestique sans fumée, mais où l'on n'exclut pas l'application possible à la production d'un coke métallurgique.

Ces nouveaux procédés présentent évidemment un intérêt majeur pour des pays qui ne disposent pas de charbons à coke ou qui n'en ont que très peu.

Le développement de ces procédés paraît cependant intéressant à suivre, même dans des pays comme la Belgique où il n'y a pas pénurie de charbons à coke. En effet, si ces nouveaux procédés n'ont pas encore réussi à produire des cokes comparables à ceux produits dans les cokeries traditionnelles, ils ont cependant un double mérite : 1) l'abandon de la cuisson « par fournée » au profit d'un cycle opératoire entièrement continu et 2) la réduction du temps de cuisson et, partant, des immobilisations. Dès lors, on peut se demander si, dans un avenir plus ou moins lointain, ces procédés ne sont pas susceptibles de détrôner les fours à coke traditionnels.

Les recherches engagées en métallurgie dans le domaine du bas-fourneau peuvent d'ailleurs aller au devant de cette évolution si elles aboutissent à la création de fourneaux métallurgiques moins exigeants que les actuels hauts-fourneaux en ce qui concerne la qualité du combustible.

M. COPPENS trouve que ces procédés ont sur-

tout un grand intérêt au point de vue de la production d'un combustible.

M. SIMONOVITCH ajoute quelques mots au sujet des rapports du Groupe de Travail n° 6 « Etudes de procédés nouveaux de cokéfaction » de l'O.E.C.E.

La valorisation de charbons ayant une teneur élevée en matières volatiles, de même que de charbons de qualité secondaire, a été soulevée par les pays manquant de charbons cokéfiables; cette question a fait l'objet des discussions aux séances plénières et aux réunions du Comité Technique restreint.

On a d'abord voulu voir si l'on pouvait fabriquer du coke métallurgique par d'autres moyens que les moyens classiques, puis on a cherché si les combustibles fabriqués en deux stades ne pouvaient pas servir de complément pour des charbons domestiques dont certains pays sont dépourvus.

Lorsqu'on a constaté que rien ne remplacera dans un proche avenir les fours à coke classiques, on s'est demandé si le recours à l'exploitation du bas-fourneau n'exigerait pas un combustible spécial nouveau. D'après les données existantes, il serait possible de fabriquer un semi-coke qui pourrait être utilisé avec succès dans le bas-fourneau, mais la solution efficace de ce problème dépendrait des conditions économiques qui régissent la fabrication de ce combustible. Il a été souhaité que les pays intéressés n'abandonnent pas l'étude du problème de la fabrication des combustibles en deux stades.

Le Groupe de Travail n° 6 de l'O.E.C.E. est en veilleuse; il a déjà publié un addendum à son rapport de base.

Il ne s'agit donc pas de remplacer le coke métallurgique fabriqué par les fours à coke, mais de voir si le traitement des charbons en deux stades pouvait aboutir à l'obtention d'un combustible domestique convenant techniquement et réalisable dans des conditions économiques rentables; dans l'affirmative, ce combustible nouveau pourrait servir de complément aux combustibles domestiques manquants.

M. COPPENS fait remarquer que l'emploi du semi-coke en bas-fourneau est réalisé et que c'est avec ce combustible que les meilleurs résultats ont été obtenus à Ougrée.

M. SIMONOVITCH rappelle qu'en Allemagne orientale, on prépare du semi-coke métallurgique de lignite pour les deux bas-fourneaux de ce pays. Mais il semble que l'on n'ait pas tenu compte du coût de sa fabrication.

M. NOEL a vu des échantillons de ce semi-coke; il semble d'excellente qualité, mais la mise au mille doit être de l'ordre de 3 000 à 3 500.

M. VENTER invite l'auditoire à tirer des conclusions d'ensemble de ce débat.

On peut retenir :

- 1) l'idée de M. Legraye de poursuivre l'étude du comportement des constituants pétrographiques au cours de la cokéfaction. Cette idée rejoint celle de M. Benoit qui voudrait connaître en particulier le comportement de la vitrinite des charbons belges de très bas rang en comparaison avec celle des charbons lorrains;
- 2) Inichar s'équiperait de tambours Hoffmann pour une étude systématique.

M. GRAND'RY a demandé des charbons de provenances les plus diverses pour faire des cokes expérimentaux. Il enverra un échantillon de ces cokes à M. Benoit pour l'essai au tambour Feddeler. Les expériences seront aussi suivies par Inichar qui pourrait essayer ces cokes à l'appareillage Hoffmann.

M. COLSON suggère une étude des relations entre la résistivité et la résistance du coke et ses propriétés optiques.

M. BENOIT rappelle que cette étude en est seulement à ses débuts et que les résultats sont peu encourageants; il vaut mieux s'orienter vers des travaux à rendement plus immédiat.

M. NOEL (Cockerill) signale les difficultés rencontrées dans un problème connexe sur la conductibilité.

M. BENOIT pense qu'il faudrait surtout étudier un appareillage de laboratoire permettant de prévoir, sur des petites quantités, la qualité du coke que l'on obtiendrait en pratique industrielle.

M. GRAND'RY pense que l'étude de l'influence des points de resolidification des divers types de charbons composant des mélanges, déjà entreprise au Cerchar, mériterait d'être poursuivie. On étudie aussi à Tertre le comportement du semi-coke formé au stade de resolidification *réel* terminant la zone plastique.

M. COPPENS montre que, grâce à l'étude systématique des couches entreprises par Inichar, on peut prévoir la température exacte de resolidification de chaque charbon à partir de la connaissance du point nodal.

M. VENTER demande si la liaison avec la pratique dont parle M. Benoit peut se faire avec les examens actuels de laboratoire ou s'il faut travailler avec de nouveaux appareils.

M. BENOIT pense que la corrélation peut s'effectuer de la façon suivante : On enfourne, dans une batterie, un mélange connu en quantité suffisante pour que le haut-fourneux puisse donner son avis sur le comportement du coke obtenu.

Il faut prélever dans le mélange un échantillon moyen qui, réduit à 1 kg, serait transformé en coke, par exemple dans la cornue de Jenkner. Sur ce coke, on peut faire des essais qui pourraient être mis en parallèle avec les résultats obtenus sur le coke du four et qui permettraient de prévoir son comportement au haut-fourneau. On devrait aussi faire le bilan des études actuelles et leur statistique. Inichar pourrait demander la participation de tous les cokiers à ce travail et pratiquer une recherche systématique.

M. COPPENS demande si tous les laboratoires utilisent l'essai à la cornue Jenkner.

M. BONTE dit que l'essai comporterait d'abord : — l'étude complète de la constitution et des propriétés du mélange;

— l'essai micum sur le coke du four;

— l'essai au tambour Feddeler et éventuellement Hoffmann sur le coke de cornue.

Il faudrait aussi déterminer la granulométrie optimale des constituants du mélange.

M. VENTER émet le vœu de voir naître une technique d'investigation en laboratoire, qui serait une sorte d'essai global : établir une relation entre le mélange et le coke final. Inichar pourrait servir d'intermédiaire dans ce travail et pourrait faire connaître l'appareillage utilisé par M. Benoit.

M. NOEL (Inichar) signale que, prochainement, le Comité International de Pétrologie du Charbon publiera une cartothèque dont chaque fiche se rapportera à un constituant pétrographique. Chaque constituant sera décrit avec précision, ainsi que ses propriétés chimiques, physiques et surtout technologiques. Chaque fiche sera illustrée et renouvelée au fur et à mesure des progrès techniques par une Commission permanente.