

## L'importance industrielle et économique de la pétrologie de la houille

Prof. Dr. E. STACH,  
Amt für Bodenforschung, Krefeld.

### SAMENVATTING

De petrografische studie der kolen ontwikkelt zich gestadig sinds een twintigtal jaren en draagt bij tot de valorisatie der brandstoffen.

Er worden hoofdzakelijk twee onderzoeks- en ontledings- methoden gebruikt : 1) de methode der dunne lamellen, voornamelijk gebruikt in Amerika en toepasselijk op de weinig geëvolueerde kolen en lignieten; 2) de methode der gepolijste vlakken, vooral toegepast in Europa, en bruikbaar voor de volledige gamma der kolen. Deze laatste methode is uiterst nauwkeurig, dank zij het gebruik van immersie-objectieven.

De vier grote petrografische hoofdbestanddelen, vitrein, clarein, durein, fusein, vertonen zeer verschillende fysische, chemische en technische eigenschappen. Daaruit volgt dat de kwantitatieve petrografische analyse der kolen zeer belangrijk is op industrieel gebied, namelijk voor wat betreft de verkooksing. Twee recente petrografische voorbereidingsinstallaties van het cokes-gruis (te Völklingen in de Saar en te Thionville in Frankrijk) geven zeer bevredigende resultaten.

Ten slotte zal de specifieke studie van de sporen en van de « sclérotinite », gepaard met de petrografische analyse van representatieve pilaren van de verschillende kolenlagen, een zeer nauwkeurige identificatie van de kolenlagen toelaten en de aansluiting der lagen vergemakkelijken.

### RESUME

L'étude pétrographique des houilles se développe sans cesse depuis une vingtaine d'années et contribue à la valorisation des combustibles.

Deux méthodes d'examen et d'analyse microscopiques sont surtout utilisées : la méthode en lames minces, employée principalement en Amérique et applicable aux charbons peu évolués et aux lignites; la méthode en surfaces polies, employée surtout en Europe et applicable à toute la gamme des charbons. Cette dernière méthode est très précise grâce à l'emploi d'objectifs à immersion.

Les quatre grands constituants pétrographiques, vitrain, clarein, durain, fusain, ont des propriétés physiques, chimiques et techniques très différentes. C'est pourquoi l'analyse pétrographique quantitative des charbons est très importante au point de vue industriel, notamment en ce qui concerne la cokéfaction. Deux récentes installations de préparation pétrographique des fines à coke (à Völklingen en Sarre et à Thionville en France) donnent des résultats très satisfaisants.

Enfin, l'étude spécifique des spores et de la « sclérotinite », ajoutée à l'analyse pétrographique des piliers représentatifs des différentes couches du Houiller pourra permettre une identification et faciliter les raccordements de ces couches.

\* \* \*

Il est à noter que le mémoire ci-après constitue la centième étude du Professeur Stach.

Nous publions ci-dessous le texte de la Conférence de Monsieur le Professeur Stach, organisée par Inchar à Liège, le 12 juin 1953.

Cette Conférence a été suivie d'un échange de vues animé auquel ont pris part Mademoiselle le Professeur Leclercq, Messieurs les Professeurs Fer-

rero (Mons), Gillet (Liège), Houberechts (Louvain) et divers assistants, montrant le vif intérêt que présente la pétrologie tant au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique, notamment en ce qui concerne la carbonisation de la houille.

\* \* \*

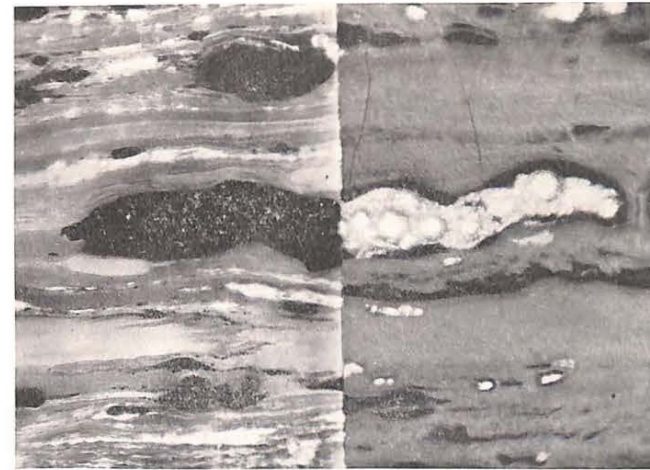


Figure 1. — Comparaison entre lame mince et surface polie d'un charbon. Veine dite « Grenzkohlenlöz » de la Sarre. A gauche, lame mince polie éclairée par transparence; à droite, par réflexion. Les grains de pyrite sont uniquement reconnaissables en surface polie. Lame mince polie, immersion en huile, 350 X (1696).

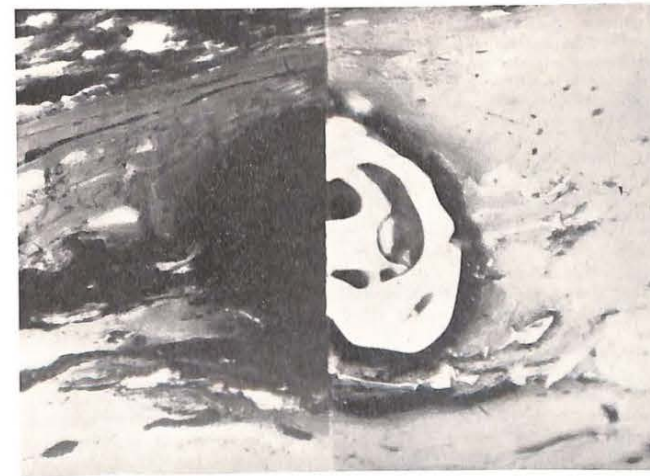


Figure 2. — Comparaison entre lame mince et surface polie d'un charbon. Veine dite « Grenzkohlenlöz » de la Sarre. A gauche, par transparence; à droite, par réflexion. Le « sclérotium » est uniquement reconnaissable en surface polie. Lame mince polie, immersion en huile, 350 X (1697).

Je voudrais, avant toute chose, remercier Monsieur le Directeur Venter pour son aimable invitation, car c'est un honneur pour moi de parler de la pétrographie de la houille devant ce cercle de spécialistes et de savants compétents.

Ici aussi, en Belgique, depuis près de 25 ans, on a réalisé des travaux dans le domaine de cette nouvelle branche de l'étude de la houille et je voudrais citer, en tout premier lieu, Monsieur le Professeur M. Legraye, dont les travaux sont bien connus à l'étranger. Il est donc possible que je vous entretienne de plus d'un sujet déjà bien connu ici. J'espère néanmoins pouvoir préciser quelques points particulièrement intéressants au cours de cet exposé. Les résultats d'une discipline scientifique déterminée dépendent, en grande partie, des méthodes qu'elle emploie. Vous savez tous que les roches peuvent, par exemple, être examinées avec succès, en lames minces. Par contre, les métaux et les minerais ne peuvent être étudiés de la sorte parce qu'ils ne peuvent pas être amincis. On les polit pour examiner la surface polie sous le microscope en lumière réfléchiée perpendiculaire. Dans le charbon aussi, on ne prépare des lames minces que très difficilement.

Depuis 1925, des surfaces polies ont été réalisées, dans la houille, par l'Anglais C.A. Seyler, et le Français A. Duparque a employé aussi ce procédé depuis 1925. Depuis 1927, nous l'employons aussi en Allemagne. Cette surface polie montre une grande finesse de détails, non seulement à l'examen à sec, mais surtout à l'examen sous immersion d'huile. Cette étude à l'immersion, je l'ai employée, pour la première fois en 1927 et, depuis lors, elle est utilisée couramment, en Allemagne, dans la pétrographie du charbon. Aux Etats-Unis, on examine aussi, aujourd'hui, le charbon en lames minces et quelques Américains espèrent même que les lames minces donneront de meilleurs résultats que les surfaces polies. En Allemagne, nous ne partageons généralement pas cette opinion. En 1951, nous avons publié un « Atlas de pétrographie appliquée de la houille » dans lequel nous espérons avoir prouvé que la surface polie est non seulement l'égale de la lame mince mais que, dans de nombreux cas, elle la surpasse.

On peut se rendre compte de cette supériorité dès qu'on emploie des surfaces polies. De plus, il se fait que l'on ne peut étudier généralement en lames minces que des houilles peu évoluées.

Les houilles qui ont moins de 50 % de matières volatiles, par conséquent, des houilles très importantes : les grasses, les demi-grasses et les maigres, ne peuvent pas être obtenues en lames minces car elles ne sont pas transparentes. Les Américains doivent, de la sorte, renoncer à l'étude microscopique des houilles qui sont précisément des houilles à coke et se limiter à l'examen des houilles peu évoluées.

Par contre, absolument tous les combustibles, depuis les lignites les plus jeunes jusqu'aux anthracites, peuvent être travaillés sans difficultés en surface polie et examinés au microscope en lumière verticale réfléchiée.

L'affirmation qu'une lame mince de houille montre toujours davantage qu'une surface polie peut être réfutée. Pour cela, il suffit de polir convenablement une lame mince et de l'examiner alternativement en lumière réfléchiée et en lumière transmise.

Par transparence, le vitrain apparaît rouge, les microspores jaunes d'or et le fusain noir. Par réflexion au contraire le vitrain et la masse des matières humiques apparaissent gris, les microspores sombres et le fusain blanc. Pour montrer clairement l'avantage que présente la surface polie sur la lame mince, j'ai réalisé des photos comparatives d'une même lame mince polie. Je vais montrer, dans les figures 1 et 2, des préparations qui sont éclairées successivement par transparence et par réflexion.

La figure 1 représente une vue comparative de lame mince polie.

A gauche, une lame mince éclairée par transparence, avec un microscope ordinaire à éclairage par transparence; à droite, la même lame mince polie, éclairée par réflexion, c'est-à-dire uniquement par le dessus. La lame mince montre des détails très fins. Mais, en un endroit, elle présente une bande complètement noire, non transparente. On ne peut déterminer si cette bande appartient, par exemple, au fusain ou au semi-fusain. Mais, si nous considérons le côté droit de la photo, alors, nous constatons que la surface polie révèle qu'il ne s'agit ni de fusain ni de semi-fusain, mais d'une bande de grains sphériques de pyrite. Comme ces grains de pyrite ont un relief accentué, on ne peut pas les mettre au point en même temps que la masse pour pouvoir montrer clairement les grains de pyrite. On constate donc que, dans ce cas, la lame mince ne permet pas d'identifier la pyrite. Il en va de même pour d'autres constituants.

La figure 2 montre encore une lame mince polie dans laquelle se trouve aussi une masse noire qui, avouons-le, n'est pas identifiable. Etant donné qu'il s'agit ici d'un corps sphérique, on pourrait penser qu'on se trouve, ici aussi, en présence de concrétions pyriteuses. Mais, comme le montre la surface polie, à droite, ici, ce n'est vraiment pas le cas. La figure de la surface polie décèle clairement qu'il faut voir ici ce qui est probablement un reste de champignon, un « sclérotium ». A la vérité, on voit même à ce sclérotium de nettes particularités qui apparaissent très clairement en relief.

Ces exemples, qui pourraient être multipliés à l'infini, démontrent quel avantage présente la surface polie par rapport à la lame mince. Je voudrais encore insister fortement sur le fait qu'il ne s'agit pas ici, de mauvaises lames minces, mais, au contraire, de bonnes; avec de mauvaises lames minces, il y aurait encore eu bien moins à voir.

Je voudrais présenter, maintenant, les principaux constituants pétrographiques de la houille tels qu'ils apparaissent en surface polie. Je tiens à préciser que toutes les photos ont été réalisées à l'immersion. Pour la plupart d'entre elles le grossissement est trois cent cinquante.

Le vitrain apparaît comme une masse homogène et à peu près sans structure; le durain montre des microspores gris-brun et de la micrinite blanche. Le fusain est du charbon de bois fossile; il est cas-

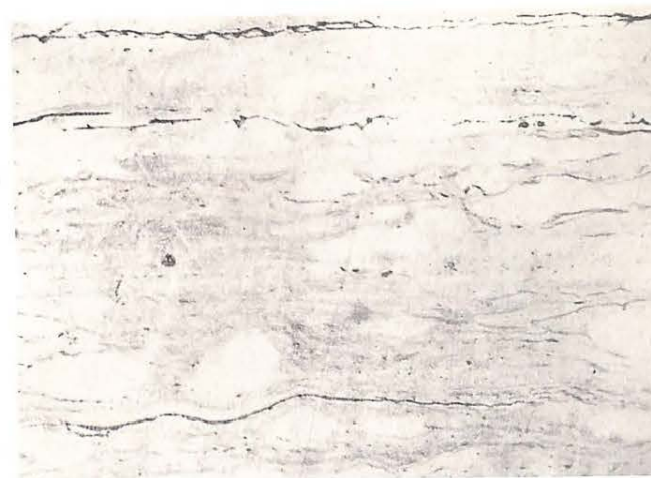


Figure 3. — Vitrain à structure (corps bitumineux inclus).  
Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 X (1634).

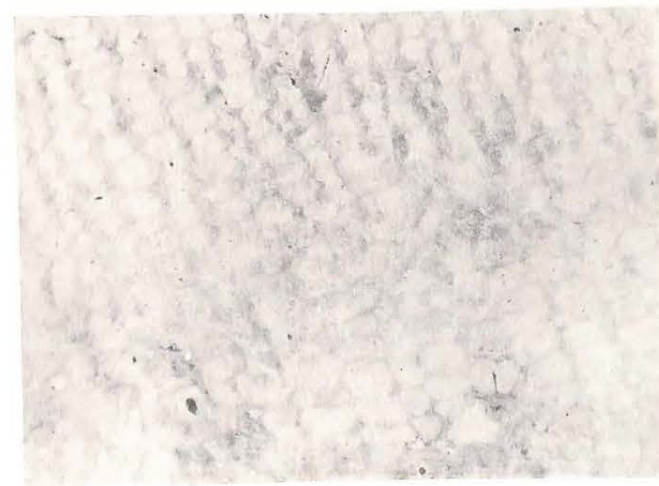


Figure 4. — Vitrain à structure de bois.  
Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 X (1798).

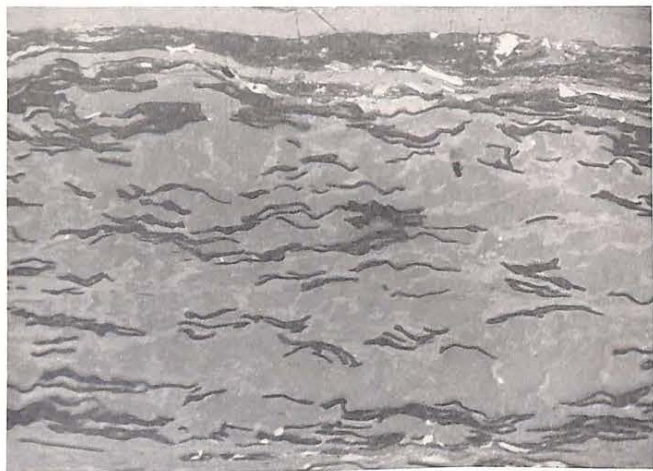


Figure 5. — Clairain de charbon sarrois. Uniquement exinite et vitrinite.  
Surface polie, immersion en huile, 550 × (657).

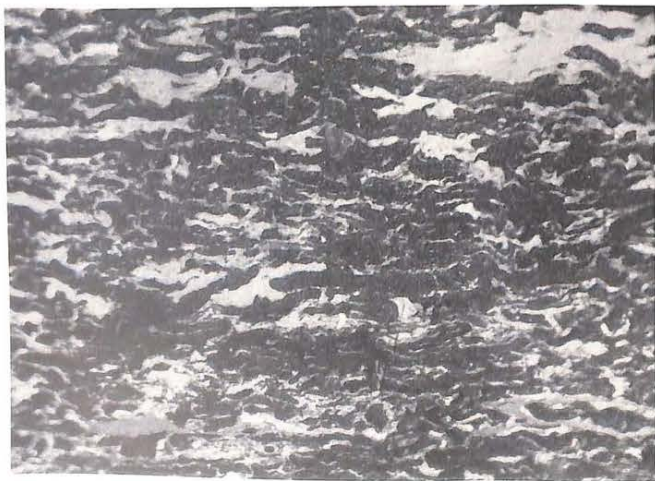


Figure 6. — Durain = 57 % d'exinite, 41,7 % de micrinite.  
Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 × (701).

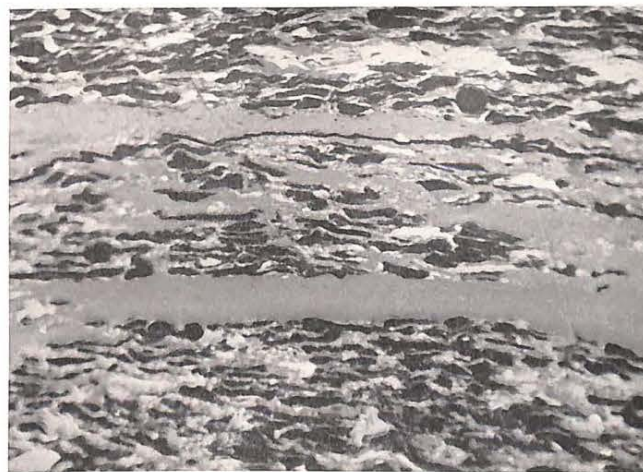


Figure 7. — Mélange vitrain-durain (crassidurain), charbon Ilambant.  
Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 × (699).

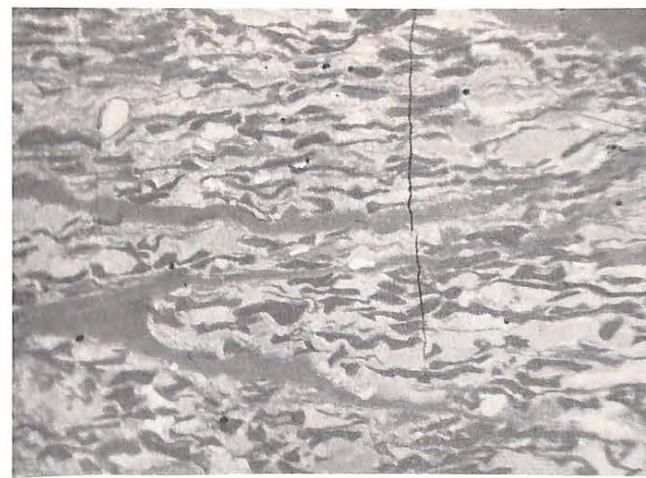


Figure 8. — Durain de charbon gras.  
Veine Blücher 5, Ruhr.  
Les microspores (densospores) sont devenues plus pâles.  
Surface polie, immersion en huile, 550 ×.

sant et souvent décheté; il montre des lambeaux de parois cellulaires caractéristiques.

La figure 3 révèle que le vitrain peut présenter, lui aussi, une structure bien conservée. Une lame mince ne pourrait pas mieux détailler cette structure que cette figure. On ne comprend donc pas l'emploi de la lame mince là, où la surface polie pourra montrer la même chose ou presque.

La figure 4 montre encore un vitrain avec une structure cellulaire différente très nettement marquée, vraisemblablement une structure cellulaire de bois. Ces deux vitraïns appartiennent au charbon flambant de la Ruhr.

S'il y a des microspores incluses dans la masse du vitrain, il s'agit alors de clarain.

La figure 5 représente un clarain de la Sarre. Les corps sombres allongés sont des microspores à parois minces qui s'y sont rassemblées. Le clarain, par définition, ne peut contenir plus de 5 % de micrinite. Il se compose donc de deux éléments : la vitrinite grise et les microspores gris foncé.

L'aspect devient très différent quand les microspores sombres sont associées à de la micrinite blanche. Il s'agit alors de houille opaque ou durain.

La figure 6 montre un durain typique. Comme il possède des microspores à grosses membranes, je l'ai appelé : crassidurain. Le durain de la figure 7 n'est pas pur car il contient des bandes microscopiques de vitrinite. C'est donc en quelque sorte, un mélange de durain et de vitrain. Ces mélanges de vitrain et de durain peuvent se présenter en toutes proportions.

À ce sujet, je voudrais montrer comment se présente un même durain dans les houilles plus évoluées. L'ensemble des microspores devient notablement plus pâle (Figure 8).

La figure 8 montre un durain de charbon gras. Les microspores de ce durain de charbon gras sont aussi des densospores. On voit combien le charbon gras est reconnaissable en surface polie. Comme je l'ai dit tantôt, on ne peut préparer de lames minces de ce charbon.

Dans le mélange vitrain-durain de la figure 9, le vitrain prédomine. Il n'y a que 24 % de durain. Il s'agit bien d'un mélange de vitrain et de durain, et non pas de clarain, car dans un clarain, il ne peut y avoir, par définition, plus de 5 % de micrinite. La teneur en micrinite est donc, ici, beaucoup trop forte.

Sur la figure 10 nous avons un vitrain presque pur, dans lequel se trouvent seulement deux minces bandes de durain, qui prennent environ 2,2 % de toute la surface.

Les mélanges vitrain-durain sont presque toujours confondus avec du clarain. Or, les mélanges vitrain-durain se comportent très différemment, au point de vue technique, du clarain pur. Il est donc absolument nécessaire que l'on fasse cette distinction.

L'élément caractéristique du mélange est constitué par les microspores. Ces microspores et aussi les cuticules des feuilles sont à l'origine de la formation du goudron et du gaz et, comme tels, ils sont très importants au point de vue technique. On peut observer étonnamment bien ces constituants im-

portants en surface polie, au grossissement 1400 X (Fig. 11).

Ceci provient de ce que la surface polie se comporte, pour ainsi dire, comme une lame infiniment mince, de telle sorte qu'elle ne présente qu'un seul plan sous le microscope. Une telle image, en lame mince polie, n'est pas du tout aussi fine. Ces constituants, qui sont à l'origine de la formation du goudron se présentent sous un très grand nombre de formes. En voici (Fig. 11 à 15), par exemple, trois formes différentes.

Cette forme (fig. 12) de microspore possède des appendices allongés. Elle est très caractéristique. Les petits points sombres, aux alentours de la microspore, sont de l'argile.

La figure 13 montre une forme encore plus étrange de microspore. On peut ainsi se rendre compte qu'il est possible de reconnaître très facilement, en surface polie, une centaine de ces différents organes reproducteurs des plantes. Dans chaque veine, certaines formes bien déterminées de spores se rencontrent plus fréquemment que d'autres, de telle sorte qu'une veine peut être reconnue grâce à la teneur en spores. On peut donc arriver à identifier une veine grâce à ses « générateurs de goudron » : les spores du carbonifère. Pour l'identification des veines, les microspores peuvent être isolées du charbon par macération dans du chlorate de potassium et de l'acide nitrique. Ensuite, elles peuvent être encore mieux étudiées sous le microscope. C'est ce que l'on appelle : analyses sporique et pollinique des veines de houille.

Le quatrième constituant de la houille est le charbon de bois fossile : le fusain (Fig. 14). Le fusain est extraordinairement cassant et friable. En lame mince, il éclate le plus souvent. En surface polie, il se présente presque toujours en saillie à l'examen. On voit ici, une ancienne structure de cellules de bois dans laquelle les espaces intercellulaires sont très reconnaissables. Le fusain, ayant une forte microdureté, se polit en relief et montre même les ombres de son relief, en surface polie. En outre, il se réfléchit en jaune clair.

Il existe aussi un constituant qui ressemble au fusain mais qui est plus tendre que le fusain pur; il présente donc un relief moins accentué et se réfléchit en blanc; c'est le semi-fusain (Fig. 15). Par semi-fusain, nous entendons un terme de transition entre le fusain et le vitrain. Il existe tous les termes de transition entre le fusain et le vitrain. Cette transition peut se manifester dans la même bande.

Le semi-fusain tire son origine, comme le fusain, en ordre principal, du bois et du périderme. Mais, les débris qui ont le même pouvoir réflecteur que le semi-fusain ne sont pas absolument tous du semi-fusain. Il existe, dans la houille, une grande quantité de tissus qui sont probablement issus de restes de champignons. La figure 16 montre clairement des organes hémisphériques qui n'ont rien à voir avec du bois ou du périderme; il me semble que ces organes pourraient être des tissus de champignons de charbon flambant. On trouve aussi de tels tissus ressemblant à des *tissus mycéliens* dans le charbon gras. Ils sont aussi durs que le semi-fusain; cette dureté se marque au relief du polissage, je les ai



Figure 9. — Mélange vitrain-durain de charbon flambant : 24,4 % de durain 75,6 % de vitrain (Pas de clarain!)

Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 X (705).

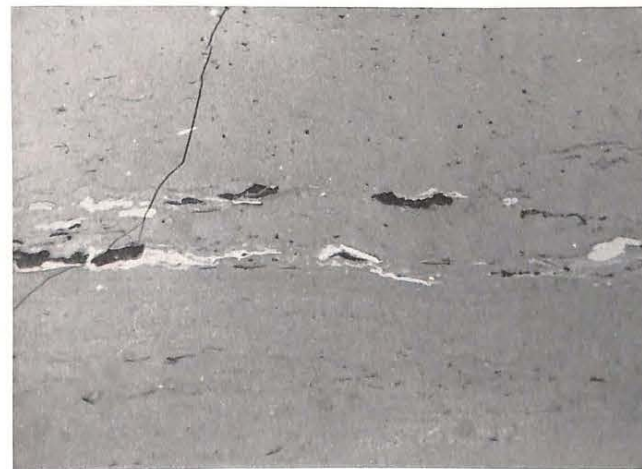


Figure 10. — Deux minces bandes de durain dans le vitrain : 2,2 % de durain, Charbon flambant, veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 550 X (702).

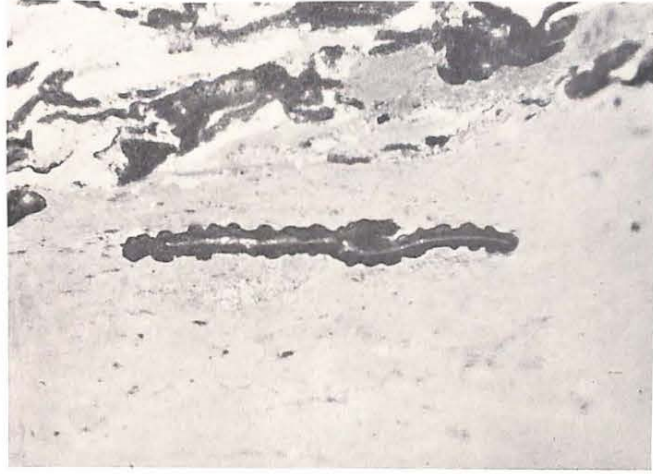


Figure 11. — Microspore à festons.  
Veine Balduz, mine Brassart, surface polie, immersion en huile, 1.400 X (604).



Figure 12. — Microspore à opercules allongés, de charbon Hanbant.  
Veine Balduz, mine Brassart, surface polie, immersion en huile, 1.400 X (1629).



Figure 13. — Forme étonnante d'une coupe transversale de microspore.  
Veine Balduz, mine Brassart, surface polie, immersion en huile, 1.400 X (1500).

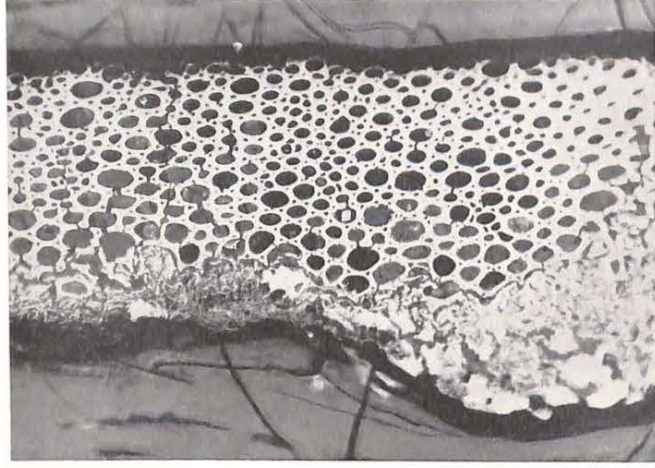


Figure 14. — Fusulin à structure cellulaire et espaces intercellulaires bien conservés. Sarré, Relief  
accrément. Surface polie, immersion en huile, 550 X (657).

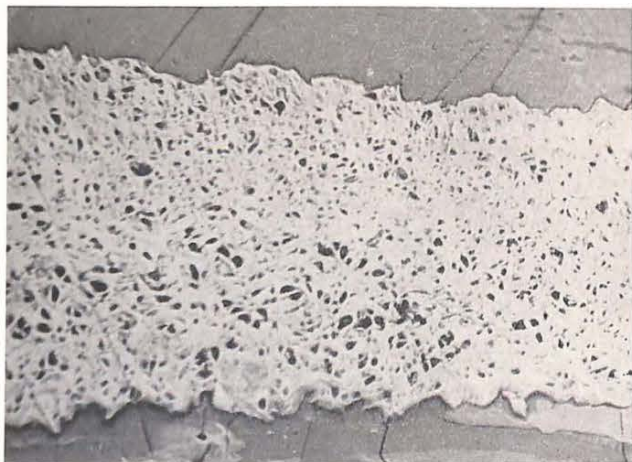


Figure 15. — Semi-fusinite de charbon gras. Veine Wilhelm, mine Lothringen. Le relief est plus faible que dans le fusain, la couleur blanche. Surface polie, immersion en huile, 550 × (1255).

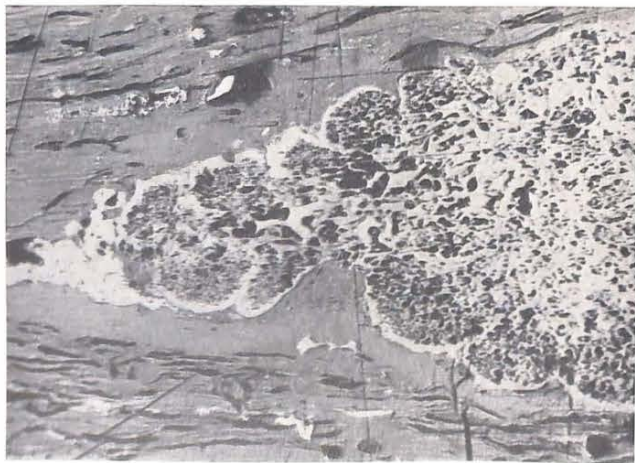


Figure 16. — Sclérotinite de charbon flambant. Veine Hagen, mine Brassart. Des organes hémisphériques. Surface polie, immersion en huile, 500 × (1598).

désignés par le terme : *Sclérotinite*. Ce constituant n'est pas observable en lame mince.

On peut parfois très bien observer la pénétration des hyphes de champignons dans une vitrinite à structure. Des débris de plantes transformés en vitrain sont, çà et là, traversés entièrement par des hyphes de champignons. La preuve qu'il s'agit réellement de restes de champignons réside dans le fait que l'on trouve fréquemment des corps enkystés de champignons, ou sclérotés, dans les tissus dont ils sont issus (Fig. 17). Ces corps ont parfois des rainures très caractéristiques, c'est pourquoi je les ai appelés : *sclérotés à rainures*. Ces *sclérotés rainurés*, j'ai pu les retrouver dans du coke à basse température, ce qui prouve que la sclérotinite est un constituant inerte très difficilement fusible. La présence d'une grande quantité de sclérotinite peut déprécier un charbon à coke.

Il existe aussi des sclérotés sphériques (Fig. 18) qui sont extrêmement durs, ce qui se reconnaît au fait que la masse, quand elle était encore à l'état de tourbe, a été comprimée autour d'eux, alors que les sclérotés conservaient leur forme primitive.

Beaucoup de formes montrent, en bordure, une rainure caractéristique (Fig. 19). Il n'est donc pas exclu que ces formes pourront un jour servir à l'identification des veines.

Une vue, prise dans du charbon flambant, me paraît particulièrement concluante pour l'affirmation qu'il s'agit bien de sclérotés de champignons. Dans ce tissu cellulaire de bois, qui est bien net, on voit une région dans laquelle les parois des cellules se détruisent et se confondent avec la masse. Il s'agit ici, nettement, du sclérote d'un champignon détruisant le bois. Ce tissu mycélien et ces sclérotés étaient, à l'origine, très chitineux. La chitine contient, environ, 7 % d'azote. Il n'est pas exclu que, dans les houilles riches en sclérotés, la teneur en azote soit en rapport avec ces restes chitineux de champignon.

Outre l'azote, on rencontre en abondance, dans quelques veines, du soufre : du soufre combiné, organique et inorganique. Le soufre inorganique provient des pyrites. Étant donné qu'un charbon très sulfureux peut nuire à la qualité du coke, ces pyrites présentent donc une importance pratique considérable.

Les pyrites apparaissent dans la houille, de façon très générale, comme de petites sphères qui se sont formées au stade tourbe. Ces petites sphères sont très dures et se polissent donc en relief.

Par bonheur, il ne se présente qu'exceptionnellement des veines qui ont une teneur en soufre aussi élevée que la veine Aegir (Petit Buisson). Ce sont surtout les couches qui possèdent un *toit marin*.

Chacune des petites sphères s'est formée à partir de *gel de melnikovit*. Ensuite, les boules de gel cristallisent et, en fait, la masse cristallise en de nombreux points, simultanément.

Les petites sphères de pyrite sont composées, de petits cubes.

Pour pouvoir juger convenablement, du point de vue pétrographique, une couche ou un produit de préparation, il faut l'analyser pétrographiquement. Les premières analyses pétrographiques ont été réa-

lisées à Berlin en 1928. Pour ces analyses pétrographiques, on emploie comme matériel, des préparations en grains. Pour pouvoir agglomérer les grains de charbon et les polir, il faut les enrober dans une cire dure, par exemple, la cire de carnauba.

On mélange 50 % de poussière de charbon et 50 % de cire de carnauba dans un petit moule de métal ou de carton et on chauffe ce mélange jusqu'à fusion. Le bloc solidifié du mélange cire-charbon se laisse aussi bien polir qu'un morceau de charbon.

On voit, dans la figure 20 un de mes premiers essais de 1928 sans immersion. On constate que l'on peut déjà reconnaître la nature des fragments sans immersion. Il s'agit ici de vitrain, de fusain et de schiste carbonneux. L'identification des constituants dans le charbon gras est très difficile sans immersion (fig. 21). Grâce à son relief, le fusain se reconnaît très bien mais le durain n'apparaît nettement qu'à l'immersion.

À l'immersion (Fig. 22) la substance enrobante, la cire, est tout-à-fait noire et les plus petites particules de charbon s'en détachent distinctement. Le fragment de durain (il s'agit ici, de la même figure que la précédente) s'aperçoit-ici beaucoup mieux. Même de très petits grains de pyrite se mettent bien en relief.

Pour pouvoir comparer l'analyse pétrographique à l'analyse chimique, il faut, dans les préparations en grains comme dans les morceaux de charbon polis, mesurer les proportions respectives des trois constituants fondamentaux. Les trois constituants fondamentaux sont : la *vitrinite* qui forme la masse fondamentale de la houille; l'*exinite*, qui est l'élément formateur de goudron et de gaz, et l'*inertinite*, qui est tout ce qui ne peut être fondu et qui contribue à l'amaigrissement du coke (Fig. 23). À l'inertinite appartiennent tous les composants du mélange qui se comportent comme matière inerte à la cokéfaction et qui ne fondent pas. Ce sont, en particulier : la fusinite, la semifusinite, la sclérotinite et la micrinite massive. Ces trois « macéraux » fondamentaux sont, du moins jusqu'à un certain point, chimiquement définis, si bien que l'on peut comparer leur composition élémentaire avec celle de l'échantillon total. L'exinite est tout particulièrement riche en hydrogène, et l'inertinite en carbone. La teneur en ces trois constituants fondamentaux peut très bien se représenter par un diagramme triangulaire.

Je voudrais dire maintenant quelques mots de l'importance que présente l'étude pétrographique de la houille pour sa préparation et pour la cokéfaction.

Dans la préparation d'une houille, la propriété dominante est la solidité de ses principaux constituants. Cette solidité variable se manifeste déjà à l'extraction par le délitement naturel du charbon. Le vitrain brillant se trouve concentré dans les fines particules de houille, le durain dans les morceaux plus gros.

La cause de ce phénomène réside dans la ténacité déjà signalée du durain, et cette ténacité elle-même a pour origine la ténacité des membranes des spores et des épidermes foliaires. Ceci peut être mis en évidence dans des microphotos. On voit, dans la



Figure 17. — Sclérotés à rainures de charbon flambant.  
Veine dite « Grenzkohlenflöz », Sarre, surface polie, immersion en huile, 300 × (861).

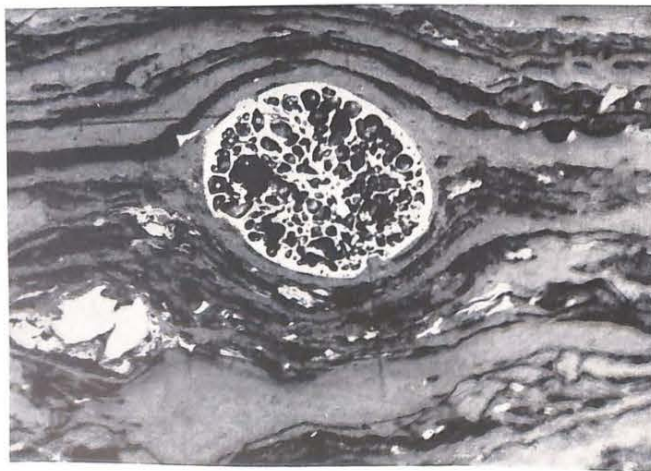


Figure 18. — Sclérote sphérique de charbon flambant.  
Veine Loki, mine Brassert. Un corps plus dur, autour duquel la microstratification s'est infléchi.  
Surface polie, immersion en huile, 350 × (714).

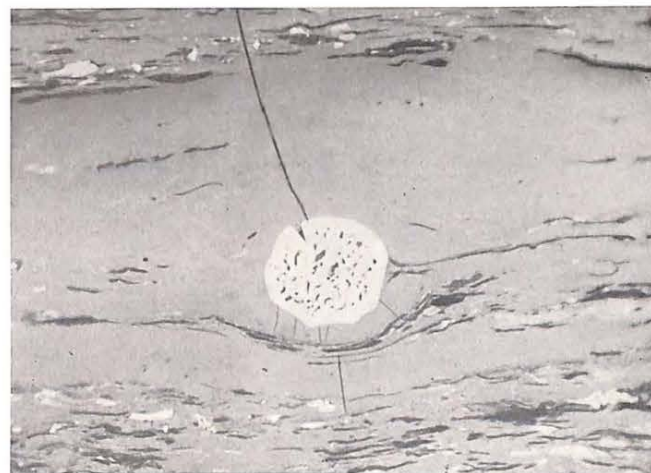


Figure 19. — Sclerotium à rainure en bordure.  
Veine Baldur, mine Brassert, surface polie, immersion en huile, 350 × (1581).

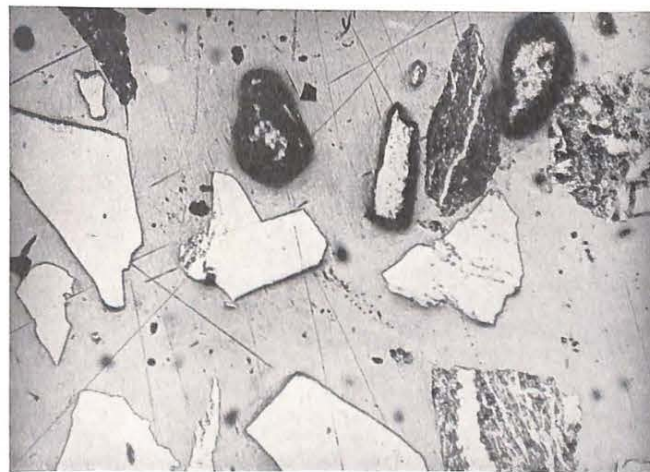


Figure 20. — Préparation en grains d'un mélange de vitrain blanc, de fusain à relief accentué et de schiste carbonneux avec argile foncée. Surface polie, à sec, 250 × (1928, publié).



Figure 21. — Préparation en grains (n° 641) de charbon gras.  
Veine Hugo, à sec, 350 X (718).



Figure 22. — Préparation en grains (n° 641) de charbon gras.  
Veine Hugo, immersion en huile, 350 X (718).

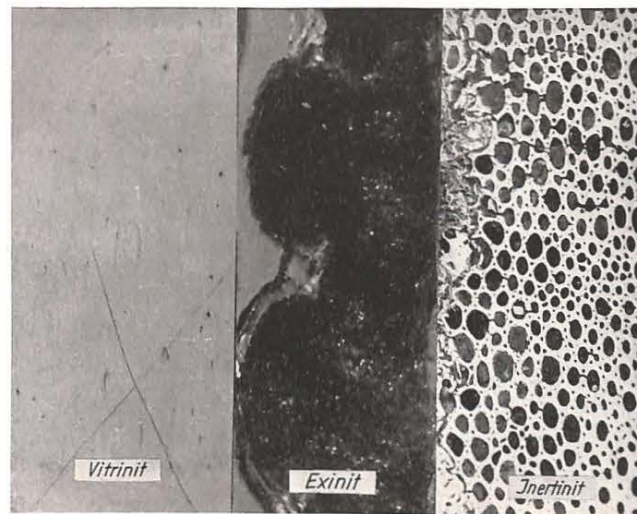


Figure 23. — Les trois « macéraux » fondamentaux du charbon.  
Surface polie, immersion en huile, 350 X (727).



Figure 24. — Fragments d'un charbon anglais. Au centre, une cuticule. Le vitrinite est désintégré par passage dans un désintégrateur à martensite. Préparation en grains, immersion en huile, 550 X.



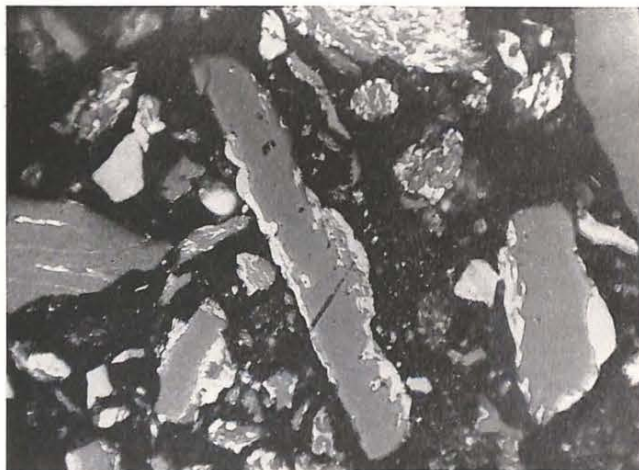


Figure 25. — Concentré de durain de charbon flambant, obtenu par broyage dans un désintégrateur à marteaux. Cuticules. Préparation en grains, immersion en huile, 350 X.

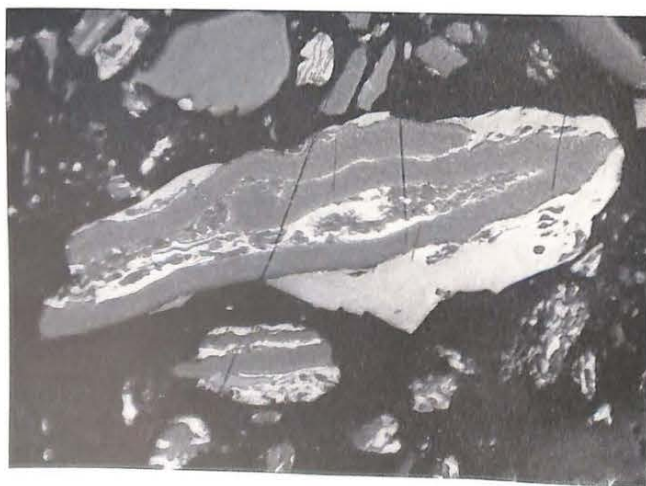


Figure 26. — Comme la figure 25. Une mégaspore dont la micrinite environnante a été désintégrée. 350 X.

figure 24, un fragment de charbon obtenu par bioyage dans un désintégrateur à marteaux.

Un épiderme de feuille ou cuticule, se trouve ici inclus dans ce fragment de charbon. La vitrinite a éclaté à l'une des extrémités du fragment. La cuticule ne s'est cependant pas déchirée. Elle a résisté à cet endroit. La cuticule était donc plus tenace et plus résistante que la vitrinite. Elle agit, dans ce cas, comme une barre de fer dans le béton. Comme on le sait, le béton est résistant grâce à l'assemblage de barres de fer.

Les mêmes phénomènes sont encore mis en évidence dans les figures suivantes (fig. 25). Il s'agit ici, d'une concentration artificielle de durain de charbon flambant. Il n'y a, dans ces fragments, que deux constituants : l'exinite grise et la micrinite blanche. On voit ici, que la micrinite aussi est fondamentalement plus cassante que l'exinite. La micrinite a volé en éclats là où les corps bitumineux n'ont pas été si aisément brisés.

La figure 25 met en évidence la résistance extraordinaire de l'exinite. On voit ici une cuticule qui, en dépit de sa longueur, ne s'est pas brisée. Elle est donc plus tenace que la micrinite environnante. Le même phénomène peut s'observer dans la plupart des autres fragments.

La figure 26 montre une mégaspore qui, de même, s'est particulièrement bien conservée. Ainsi donc, soumis au même effort, par leur nature même, les fragments de durain restent plus gros que les fragments de vitrain et de fusain. La vitrinite et la fusinite se retrouvent donc en plus grande quantité dans les particules les plus fines, le durain dans les fragments de charbons plus gros, c'est-à-dire dans les noix.

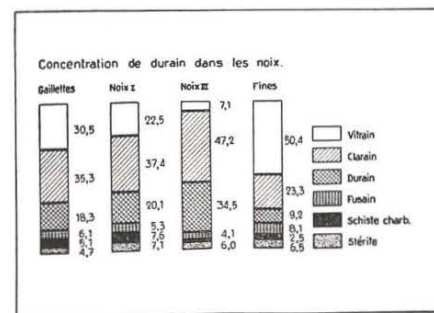


Figure 27. — Modifications de la composition pétrographique globale d'un charbon par traitement normal. (d'après les indications décrites dans l'Atlas).

Le diagramme suivant (fig. 27) va montrer comment se présentent de telles concentrations. La gaillette que l'on obtient à l'abattage ne subit pas de modification dans sa composition pétrographique, étant donné l'étroitesse des strates proportionnellement à la grosseur du morceau. Dans la gaillette il ne se passe donc aucune concentration de durain. Mais si l'on considère l'analyse des criblés (voir

Noix I et Noix III), on constate que les Noix I ont une concentration un peu plus forte en durain et les Noix III beaucoup plus forte. Dans les Noix III il y a presque deux fois plus de durain que dans la gaillette. Ici cependant, on n'a employé aucun désintégrateur particulier. Il s'agit uniquement du traitement par tamisage normal du charbon. Les proportions de charbons brillants (vitrain et clarain) ont diminué proportionnellement dans les criblés. Inversement, il n'y a que très peu de durain dans les fines, à peu près la moitié seulement de la quantité de durain se trouvant dans la gaillette. Par contre, il y a ici beaucoup plus de charbon brillant (vitrain et clarain). De même, la teneur en fusain s'est élevée de 6,1 à 8,1. On comprend que les grains fins contiennent une grande quantité de fusain, qui est très friable et, surtout, de fusain tendre. Ces grains fins contiennent aussi beaucoup de schiste carbonneux. La teneur en clarain est trop élevée dans toutes les analyses qui sont données ici. La teneur en vitrain se monte à environ 30 — 35 %

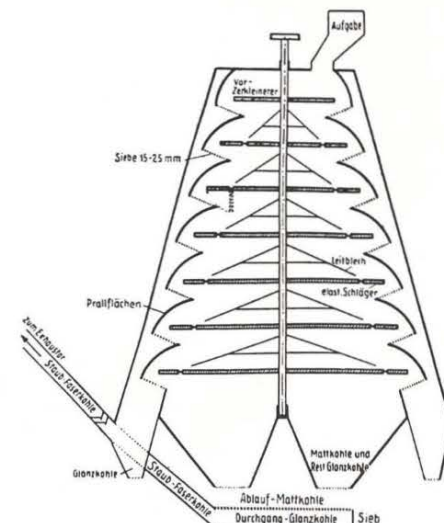


Figure 28. — « Désintégrateur à marteaux » d'après K. Lehmann et Edw. Hoffmann (1950). Voir Notice Bibliographique.

- Aufgabe = chargement.
- Vorzerkleinerer = préconasseur.
- Siebe = tamis.
- Präflflächen = parois de percussion.
- Zum Exhauster = vers exhauteur.
- Staub-Faserkohle = poussière de fusain.
- Glanzkohle = charbon brillant.
- Ablauf Mattkohle = refus de charbon mat.
- Durchgang Glanzkohle = charbon brillant ayant passé le tamis.
- Mattkohle und rest Glanzkohle = charbon mat et restes de charbon brillant.
- elast. Schläger = percuteurs à chocs élastiques.
- Leitblech = toile de guidage.

dans la gaillette et peut s'enrichir jusqu'à plus de 75 % dans les grains les plus fins. Le durain peut diminuer en dessous de 5 %. Le fusain tendre se concentre surtout dans la poussière en se brisant en éclats très fins et en aiguilles.

Les concentrations qui se forment déjà, au cours des manipulations habituelles, peuvent encore être renforcées artificiellement.

Dès 1930, mes collaborateurs de cette époque : K. Lehmann et Edwin Hoffmann, avaient construit un désintégrateur à marteaux (Fig. 28) avec lequel de telles concentrations en durain et en vitrain ont été réalisées. Dans un bâti conique tourne un axe vertical, auquel sont fixés un certain nombre de marteaux. Par rotation, ces marteaux brisent le charbon, qui est versé dans le bâti par le dessus, à droite. Le charbon est ainsi concassé par des coups élastiques. Les morceaux de charbon sont lancés contre les parois, où le charbon brillant est réduit en petits fragments, et le charbon mat en plus gros. La poussière de fusain passe à travers un tamis et est aspirée à gauche. Le charbon mat et le charbon brillant tombent sur un autre tamis. Ce qui passe à travers le tamis, c'est du charbon brillant concentré. Ce qui est retenu sur le tamis, c'est le durain plus gros, qui est ainsi séparé. Il faut bien préciser qu'il ne s'agit pas dans ce désintégrateur, d'une sépara-

tion précise mais d'une concentration de chaque constituant. Tout ou partie de chaque fraction concentrée peut, ensuite, être mélangée au charbon à coke : le fusain, pour l'amaigrissement, le durain, pour l'amaigrissement et pour un meilleur rendement en produits de valeur : goudron, gaz, etc... Le durain se concentre surtout dans les grains de plus de deux millimètres. Toutes ces opérations prennent le nom de : préparation pétrographique du charbon. Une préparation pétrographique du charbon est en activité à Völklingen en Sarre, et à Thionville en Lorraine.

La figure 29 montre le schéma représentatif de la préparation pétrographique du charbon de E. Bürstlein, telle qu'elle nous a été communiquée lors de sa conférence à Paris en 1950. C'est l'examen microscopique de la houille qui a ouvert le champ d'action d'une telle préparation.

Dans la cokéfaction de la houille, son degré d'évolution joue un rôle encore plus grand que sa composition pétrographique. Des mélanges de charbon à coke de même teneur en matières volatiles, peuvent être réalisés très différemment.

Sur le diagramme de la fig. 30 est représentée toute une série de mélanges de charbon à coke ayant tous 20,5 % de matières volatiles. Le premier est du charbon gras pur. Le deuxième mélange n'a

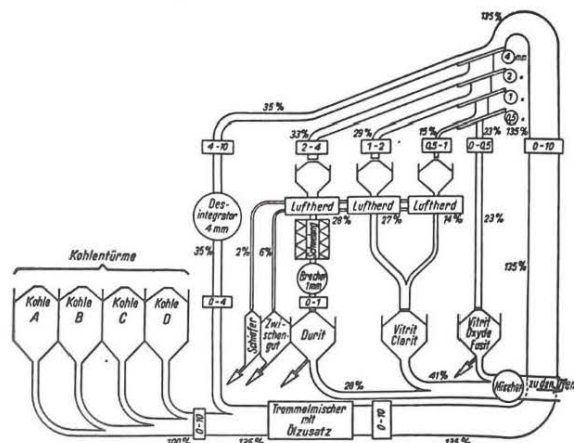


Fig. 29. — Schéma d'une préparation pétrographique de charbon d'après E. Bürstlein (1950)

Kohlentürme	= silos de stockage.
Trommelmischer mit Ozusatz	= Trommel mélangeur à injection d'huile.
Luftherd	= épurateur.
Schwelung	= distillation.
Schiefer	= schistes.
Brecher	= broyeur.
Zwischengut	= mixtes.
Durit	= durain.
Vitrin	= vitrain.
Charit	= clarain.
Vitrin oxyde	= vitrain oxydé.
Fusit	= fusain.
Mischer	= mélangeur.
zu den Oben	= vers les hauts.

que 85 % de charbon gras et 15 % de demi-gras. Le troisième mélange n'a que 75 % de charbon gras, 15 % de demi-gras et 10 % de charbon gras plus évolué. Les deux derniers mélanges ont été réalisés de façon très différente. Au cinquième mélange, on a même ajouté quelques pour-cent de charbon à gaz. Par ces exemples, on voit que l'on ne doit pas seulement comparer et juger les charbons à coke d'après leur teneur en matières volatiles, mais qu'il faut encore établir leur composition d'après le degré d'incarbonisation des différents constituants, et ceci se réalise beaucoup plus facilement sous le microscope que par l'analyse chimique.

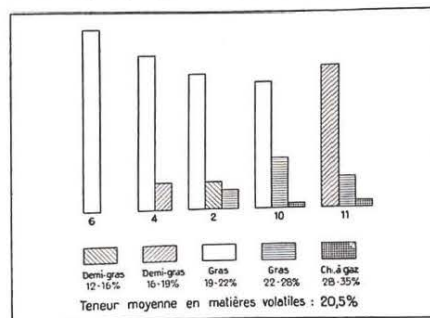


Figure 30. — Cinq charbons à coke différents, de même teneur en matières volatiles, mais de compositions pétrographiques différentes. (dessiné par l'auteur d'après l'« Atlas »).

La grosseur des grains des composants du mélange a, notamment, beaucoup d'importance. Si l'on veut ajouter, par exemple, du charbon demi-gras, en grande quantité au charbon gras, alors, il convient de n'ajouter ce demi-gras qu'en grains plus fins, sans quoi on observe une pression de gonflement trop grande et la solidité du coke en pâtit.

Par conséquent, la proportion des constituants de la houille joue un rôle important puisque chaque constituant manifeste une aptitude très différente à la cokéfaction. Cette aptitude très différente à la cokéfaction a été mise en évidence dès 1929, dans une très belle recherche, par mon éminent collègue Monsieur le Professeur Legraye. Il a établi alors, que le vitrain, charbon brillant, fondait le premier, à 550° environ, alors que le durain ne manifestait encore aucun changement d'état à cette température. De même des études de Monsieur le Professeur Gillet et de son assistant Monsieur GrandRy, avec le microfou d'Endell-Berl, ont montré la fusibilité du vitrain et l'infusibilité relative du durain caractérisé. Alors déjà, le vitrain était reconnu comme élément essentiel de l'aptitude à la cokéfaction. On a cherché à cokéfier chaque constituant pétrographique isolément, pour étudier leur comportement. On a cokéfié séparément le vitrain et le durain. Le coke de vitrain est très poreux, à pores et cellules très fines; il est crevassé alors que le coke de durain se présente en bloc. Le vitrain, en fondant bien, favorise l'aptitude à la cokéfaction. Le coke

de durain est moyennement poreux; il présente de grosses cellules; il donne un bloc massif très compact. On ne peut obtenir du coke de fusain. Le fusain, quel que soit le degré d'évolution du charbon auquel il appartient, ne s'agglomère pas. Quand on ajoute du fusain en faible quantité à un charbon déterminé et qu'on mélange intimement, on peut fortement améliorer le coke du mélange. Il en va de même pour le durain, qui agit comme amaigrissant, et cela d'autant plus qu'il contient plus de micrinite, c'est-à-dire de matière inerte. Pour les noix riches en durain, une mouture très fine est requise. Pour le vitrain qui contient un excès de matières cokéfiantes, un broyage très poussé n'est pas désirable, parce qu'il peut former du coke trop moussieux. Vitrain et clarain de charbons demi-gras sont fort poussants et donnent peu de retrait. Si l'on mélange donc trop de demi-gras au charbon à coke et d'une grosseur non adéquate, la cuisson et le défournement sont très pénibles. Le vitrain et le clarain de charbons à gaz donnent un rendement plus élevé, le vitrain et le clarain de charbons demi-gras, un rendement moindre en goudron et gaz. Par leur mélange au charbon à coke, on opère, dans chaque cas, un amaigrissement. En ce qui concerne le durain, de quelque degré d'évolution qu'il soit, ce qui est essentiel, c'est sa teneur en exinite et micrinite. Un durain très riche en micrinite agit toujours comme amaigrissant, quel que soit son degré d'évolution. Un durain riche en éléments bitumineux (jusqu'au saut d'incarbonisation) augmente le rendement en goudron et gaz. Le fusain, quel que soit son degré d'évolution, ne fond pas à la cokéfaction. Il n'augmente pas le rendement en goudron. Il agit toujours comme amaigrissant.

En résumé, on pourrait dire : le problème consiste à établir un mélange optimal entre les composants cokéfiantes et les composants inertes. On pourra, dès lors, élargir la gamme des charbons de base que l'on peut cokéfier, aussi bien dans le sens des charbons plus riches en gaz que dans celui des charbons plus pauvres. C'est à l'un de ces buts que tend précisément notre pool charbon-acier.

L'étude pétrographique de la houille peut l'aider efficacement à l'atteindre.

Il y a encore un grand nombre d'autres problèmes qui concernent la valorisation des charbons et à la solution desquels la pétrographie peut contribuer. Mais je dois me limiter à ces courtes incursions dans le domaine de la préparation et de la cokéfaction de la houille. (\*)

#### BIBLIOGRAPHIE.

1. Abramski, C; W. Mantel; M. Th. Mackowsky und E. Stach. — « Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie » - 320 S. mit 256 Abb. Herausgegeben durch die Deutsche Kohlenbergbau-Leitung in Verbindung mit dem Amt für Bodenforschung. Verlag Glückauf, Essen 1951.

(\*) Je voudrais remercier Monsieur le Docteur Noël, d'Inchar, pour l'amabilité avec laquelle il a accepté de traduire cette conférence en français.

2. Bürstein, E. — « La préparation pétrographique des charbons et son application à l'industrie de la distillation de la houille ». — Association Technique de l'Industrie du Gaz en France, Congrès 1930, S. 1 — 6.
3. Duparque, A. — « Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. — Mém. Soc. Géol. du Nord, Bd. 11, 1933, 756 S. u. 66 Taf.
4. Gillet, A.; E. Grand'ry und W. Delaude. — « Application du microfour d'Endell-Berl à l'étude des houilles ». — Chimie et Industrie, 1928, S. 286-294.
5. Hoffmann, Edw. — « Aufbereitungstechnische Trennung der petrographischen Kohlenbestandteile ». — Glückauf, Bd. 66, 1930, s. 329-340.
6. Legraye, M. — « L'influence de certains constituants de la houille sur la cokéfaction ». — Ann. Soc. Géol. Belg., Bd. 52, 1929.
7. Legraye, M. — « L'influence des constituants des houilles et de leur degré d'évolution sur leurs propriétés industrielles ». — L'Annuaire de l'A. I. Lg., 1931, N° 1.
8. Lehmann, K. und E. Hoffmann. — « Kohlenaufbereitung nach petrographischen Gesichtspunkten ». — Glückauf, Bd. 67, 1931, S. 1-14.
9. Stach, E. — « Der Kohlenreliefschliff, ein neues Hilfsmittel für die angewandte Kohlenpetrographie ». — Mitt. d. Abt. f. Gestein-, Erz-, Kohle und Salzunters., 1927, H. 2, S. 75-94 mit 10 Taf.
10. Stach, E. — « Die petrographische Kohlenanalyse ». — Internat. Bergwirtschaft u. Bergtechnik, 23, 1930, S. 255-263.
11. Stach, E. — « Die Anwendung der Olinnersion in der Kohlenpetrographie ». — Glückauf, 73, 1937, S. 330-333.
12. Stach, E. — « Lehrbuch der Kohlenmikroskopie ». — Bd. 1, 285 S. mit 50 Abb. Verlag « Glückauf » Essen, 1949.
13. Stach, E. — « Die Vitrit-Durit-Mischungen in der petrographischen Kohlenanalyse ». — Brennstoff-Chemie, 33, 1952, Nr. 21-22, S. 361-370.
14. Teichmüller, M. — « Die Anwendung des polierten Dünnschliffes bei der Mikroskopie von Kohlen und versteinerten Torfen ». — Hdb. d. Mikroskopie i. d. Tech. Bd. II, T. 1, 1952, S. 233-310, Umschau-Verlag, Frankfurt-M.

## Les cintres de soutènement des galeries de mines en profils renforcés

par Ch. HANOT,  
Ingénieur civil des Mines A.I.Lg.

### SAMENVATTING

De voortdurende prijsstijging van het mijnhout, die zich gedurende de laatste twintig jaren deed gevoelen, alsmede, op bepaalde ogenblikken, de moeilijkheden van bevoorrading, hebben de mijnontginners er toe gebracht het gebruik van de metalen ondersteuning uit te breiden.

De inschuifbare bogen die tot dat doel gebruikt werden, namelijk de T.H., werden eerst in profiel Zorès van 14 kg/m vervaardigd, vervolgens heeft het gebruik van profielen van 21 kg/m zich veralgemeend. Op het huidig ogenblik stelt men een neiging vast om over te gaan tot bogen van 29 en zelfs 36 kg/m.

De auteur stelt zich de vraag of die neiging zich verrechtvaardigt, gezien het principe zelf van de inschuifbare ondersteuning, die de belasting van het metaal beperkt tot de schuifbelasting in de klemmen. Hij onderzoekt deze kwestie op theoretisch en praktisch gebied en beschrijft een aantal laboratoriumproeven die op bogen van verschillende kaliber werden uitgevoerd.

Hij besluit dat het gebruik van zware profielen aangeduid is voor alle moeilijke gevallen, vooral waar de hoedanigheid van de beschikbare werkkrachten niet voldoende is om zeker te zijn dat de plaatsing met al de nodige zorg zou geschieden en dat het toezicht over de inschuiving strikt zou georganiseerd zijn.

De bogen in versterkte profielen schijnen eveneens van belang voor de ondersteuning der steengangen ingeval een vlugge vooruitgang nodig is, hetgeen het gebruik van de kostelijke blokkenbekleding, traag van plaatsing, uitsluit.

### RESUME

L'allure rapide du renchérissement des bois de mines, qui s'est manifestée au cours des vingt dernières années, et à certains moments la difficulté d'approvisionnement ont incité les exploitants à étendre l'emploi des soutènements métalliques.

Les cintres rétractiles utilisés à cette fin, notamment les T.H., ont d'abord été fabriqués en profils Zorès 14 kg/mc par exemple, puis l'emploi de barres de 21 kg/cm s'est généralisé. On constate maintenant une tendance à employer des cintres en profils plus forts, 29 voire 36 kg/mc.

L'auteur s'est demandé si ce renforcement se justifie, étant donné le principe même du soutènement rétractile qui limite la contrainte du métal, due à la poussée des terrains, à l'effort de glissement dans les étriers de serrage.

Il examine la question des points de vue théorique et pratique et relate une série d'essais effectués en laboratoire sur des éléments de cintres de différents calibres.

Il conclut à l'adoption des profils forts dans tous les cas difficiles, surtout là où la qualité de la main-d'œuvre dont on dispose ne permet pas d'assurer que la pose se fera avec tout le soin désirable et que la surveillance du coulisement sera rigoureusement organisée.

Le cintre en profil renforcé paraît aussi intéressant pour le soutènement des galeries au rocher dans les cas où un avancement rapide est requis, ce qui exclut l'emploi du revêtement en claveaux de béton, onéreux et de pose lente.

Quand on compare les fluctuations subies au cours des vingt dernières années par le prix du m<sup>3</sup> de bois de mine et le prix de la tonne d'acier, on constate (diagramme fig. 1), pour le premier, une progression rapide et souvent désordonnée, pour le second, un accroissement moins rapide et beau-

coup plus régulier. L'approvisionnement en bois de mine fut d'ailleurs à certains moments extrêmement difficile.

C'est une des raisons qui ont provoqué la généralisation de plus en plus poussée de l'emploi du