

# MÉMOIRES

---

## APPLICATION DES RAYONS DE RÖNTGEN

à l'examen des combustibles minéraux

PAR

J. DANIEL

Ingénieur

[77114 : 5436]

---

Les substances qui entrent dans la composition des combustibles minéraux présentent des différences de perméabilité très considérables à l'action des rayons X : alors que le carboné leur livre passage, la silice et les silicates, ainsi que les pyrites, ne peuvent être traversés par eux.

M. H. Couriot, professeur à l'École centrale de Paris, a appelé l'attention, dans une note récente présentée à l'Académie des Sciences, sur les résultats obtenus par l'examen radioscopique des combustibles minéraux, examen qui en fait apparaître la structure intime dans tous ses détails : le moindre fragment de schiste ou la barre la plus fine, invisible à l'œil nu, se révèle aussitôt sur l'écran, soit par une tache noire, soit par une bande sombre au milieu de la partie éclairée par les rayons ; enfin, le passage de la houille pure à la houille schisteuse, puis au schiste proprement dit, peut se suivre de proche en proche, accusant les variations intimes de composition et de pureté de la matière aux divers points considérés.

Afin de rechercher les résultats pratiques que permet d'obtenir cette méthode d'investigation, nous avons repris

les expériences de M. Couriot et soumis à l'action des rayons X un certain nombre d'échantillons de houilles, cokes, agglomérés et boulets ovoïdes. La planche I reproduit les radiographies de houilles maigres ; les planches suivantes concernent successivement des houilles de plus en plus grasses ; ainsi qu'il était aisé de le prévoir *a priori*, les différences de teneurs en matières volatiles ne peuvent s'accuser en rien à la radiographie.

Les expériences auxquelles nous avons procédé ont été effectuées à l'aide d'une bobine de 0<sup>m</sup>.20 d'étincelle munie d'un interrupteur indépendant et avec une bobine de Villard ; temps de pose : une minute. Les échantillons examinés ne dépassaient guère, en général, 2 centimètres d'épaisseur.

Ces expériences ont été entreprises avec la collaboration de M. l'Ingénieur Segaert, dont la compétence nous a grandement rendu service en ce qui concerne le choix des échantillons à radiographier, ainsi que l'analyse complète à laquelle chacun d'eux a été soumis. Signalons également le concours précieux qui nous a été apporté par M. Léon Dehaut, l'habile radiographe.

Lorsqu'on procède à de tels essais, le premier fait qui appelle l'attention, c'est la diversité des aspects sous lesquels se présente un même échantillon de houille suivant la face que l'on expose à l'action des rayons cathodiques : si ceux-ci pénètrent normalement au plan de stratification (échantillon posé à plat), une plaque superficielle de schiste de minime épaisseur suffira pour en arrêter le passage. Par suite, l'obtention d'une teinte sombre ne sera pas nécessairement l'indice d'un teneur élevée en schiste ; mais, d'autre part, la transparence de l'échantillon en manifestera nettement la pureté. Si, au contraire, l'échantillon est posé « de champ », c'est-à-dire si les rayons cathodiques tombent sur le bloc de houille parallèlement aux feuillettes de la stratifi-

cation, les parties charbonneuses pures se différencient très nettement des sillons terreux ou pyriteux, lesquels apparaissent en noir sur l'écran ou sur les radiographies.

Cela posé, examinons sommairement les radiographies qui font l'objet des planches I à VII.

*Planche I.* — Teneurs en cendres :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
11,00	— 4,00	— 4,00	— 4,10	— 7,60	— 4,20

%.

L'échantillon *e* a été placé à plat sur la plaque sensible ; le schiste a intercepté les rayons.

*Planche II.* — Teneurs en cendres :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
2,40	— 6,10	— 6,50	— 2,30	— 1,80	— 5,60

%.

L'influence de la face exposée est manifeste : sauf *d* et *e*, tous les échantillons ont été placés de champ.

*Planche III.* — Teneurs en cendres :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
2,90	— 8,40	— 4,20	— 12,30	— 2,70	— 2,10

%.

*Planche IV.* — Teneurs en cendres :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
2,80	— 7,80	— 2,60	— 3,40	— 1,30	— 1,80

%.

Cette planche nous montre des exemples de taches dues à la présence de pyrites : 1,70 % de soufre a été relevé dans l'échantillon *a* et 1,43 % dans l'échantillon *c*.

L'échantillon *d* est extrêmement pur. C'est la barre située à la partie supérieure qui justifie la teneur en cendres. *b* et *c* ont été radiographiés à plat.

*Planche V.* — Trois des radiographies sont visiblement plus sombres que les trois autres : *a*, *c* et *f* contiennent respectivement 42,10, 40,60 et 40,90 % de cendres, alors

que *b*, *d* et *e* n'en ont donné que 7,70, 10,80 et 10,40  $\frac{\text{‰}}{\text{u}}$ . Cet exemple est caractéristique.

La *planche VI* nous montre des cokes. Les échantillons de gauche, dont les teneurs en cendres sont de 8,50, 8,10 et 8,30  $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$  présentent une teinte sensiblement moins foncée que ceux de droite, lesquels en contiennent 21,50, 22,30 et 19,70  $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$  de cendres.

Quant au soufre, l'analyse en a décelé 6,40  $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$  pour l'échantillon *a* et 15,90 pour *e*. Ces résultats sont en concordance avec les quantités de taches que présentent respectivement ces deux radiographies.

Les agglomérés et boulets ovoïdes n'ont donné aucun résultat spécial. Remarquons que le brai est complètement transparent, ainsi que nous l'avons constaté expérimentalement. La *planche VII* représente des radiographies de boulets renfermant 12  $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$  de cendres en moyenne.

Il est essentiel de noter que l'on ne peut comparer des radiographies qu'à la condition d'avoir pris des temps de pose rigoureusement égaux. En outre, il faut tenir compte de l'exposition à la lumière solaire.

L'épaisseur des échantillons examinés joue un rôle capital, la perméabilité aux rayons X étant d'autant plus élevée que ces rayons ont à traverser une couche plus mince de matière. Les radiographies de la *planche II*, où chacun des échantillons présente plusieurs épaisseurs, font ressortir cette influence avec beaucoup de netteté.

L'examen des combustibles en blocs sensiblement prismatiques de mince épaisseur, tel que nous l'avons pratiqué, peut être susceptible d'application toutes les fois que l'on veut conserver l'image de certains échantillons de combustibles dont on est obligé d'opérer la destruction pour l'analyse.

Tel est le cas, par exemple, pour ce qui concerne les morceaux que l'on obtient au cours de sondages destinés à la reconnaissance de gîtes houillers. Il faudra poser les

*a*



*f*



*b*



*e*



*c*



*d*



*a*



*f*



*b*



*e*



*c*



*d*



*a*



*f*



*b*



*e*



*c*



*d*



*a*



*f*



*b*



*e*



*c*



*d*





*a*



*f*

*b*



*e*

*c*



*d*

*a*



*f*



*b*



*e*



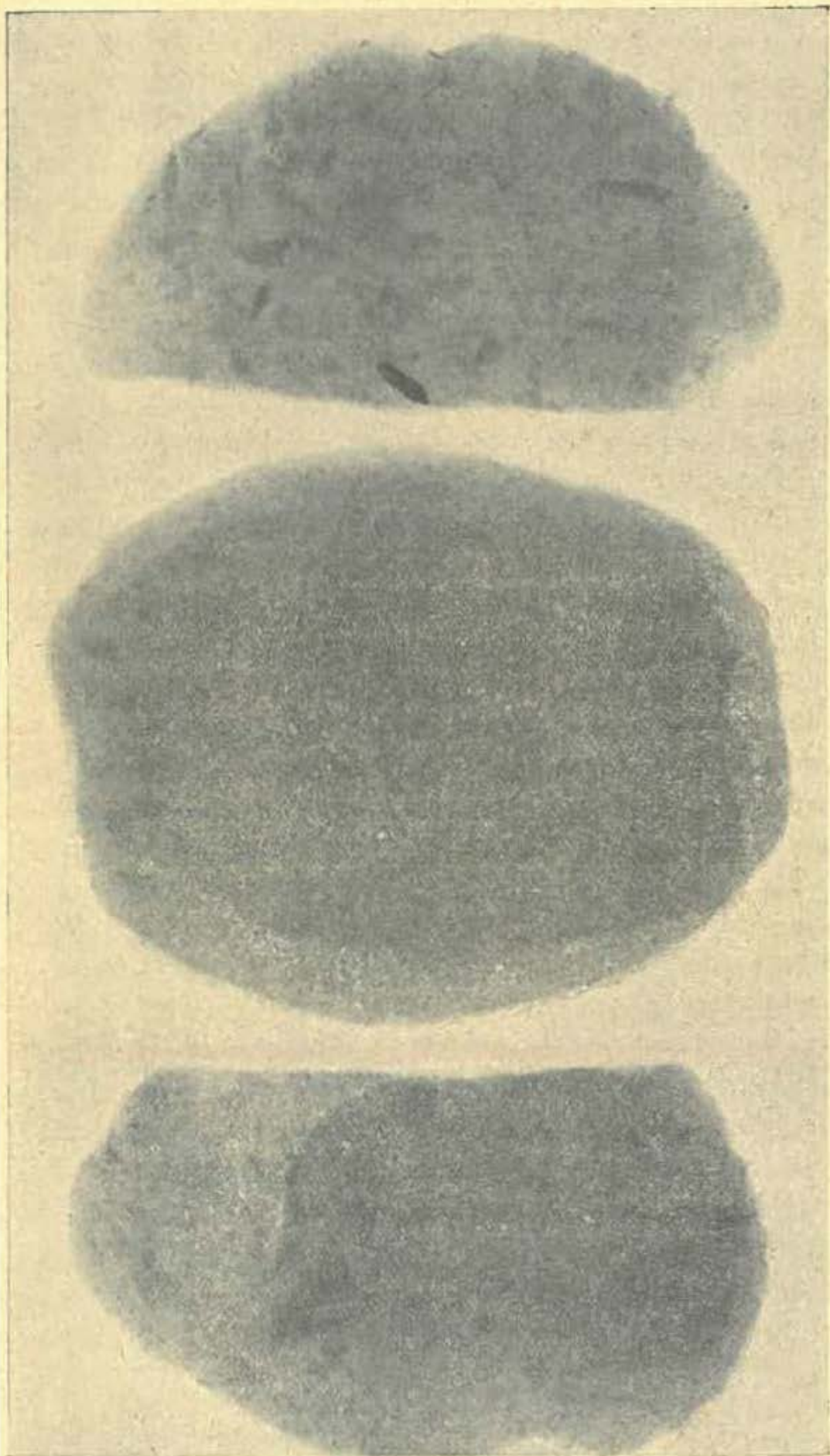
*c*



*d*



Pl. VII



Pl. VIII



échantillons de manière que les plans de stratification soient normaux à la plaque sensible, après avoir eu soin de choisir, par un essai préalable, quelle est la face dont l'exposition permettra d'obtenir l'image la plus parfaite, le squelette le plus net de l'échantillon à examiner; l'essai préalable se pratique par un simple passage devant l'écran.

La radioscopie, c'est-à-dire l'examen effectué par l'intermédiaire de l'écran fluorescent, sera préférée à la radiographie dans nombre d'applications. Celle-ci comporte en effet la reproduction photographique de l'image obtenue, opération qui ne peut donner des résultats immédiats, exige le concours d'un spécialiste et enfin, devient onéreuse lorsqu'on la pratique fréquemment.

Dans le but d'établir une méthode radioscopique propre à déterminer la teneur moyenne en cendres d'échantillons de houille préalablement broyés, nous avons procédé à une expérience dont le principe nous a été suggéré par M. le Directeur-Général Harzé, qui a bien voulu honorer de sa présence les essais que nous avons effectués.

Cette expérience a été pratiquée comme suit : Prenant de la houille d'une part et du schiste d'autre part et ayant finement pulvérisé ces deux substances, nous avons constitué une série de mélanges aussi homogènes que possible composés de houille additionnée de schiste en proportions croissant de 10 en 10 %, partant de la houille pure pour arriver au schiste pur (1).

Les mélanges obtenus ont été placés dans une enveloppe en papier (2) comprenant onze cases cubiques de 2 centimè-

---

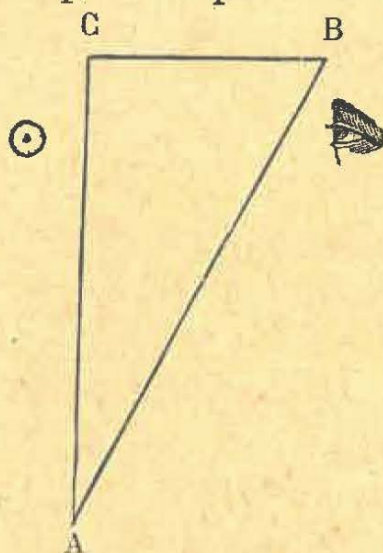
(1) La houille que nous avons prise contenait 3,10 % de cendres et le schiste, 91,30 %.

(2) Le papier employé était chimiquement pur. On ne peut se servir de carton ordinaire, à cause des sels de fer qui s'y rencontrent et donnent des taches noires à la radiographie. Les boîtes en celluloïd sont fort recommandables.

tres de côté, et soumis ensuite à l'action des rayons X. Il en a résulté une échelle de teintes que nous avons reproduite dans la planche VIII. L'homogénéité de chacune des teintes atteste celle des mélanges radiographiés. Nous ne pouvons, toutefois, considérer comme suffisamment probants les résultats obtenus pour en déduire l'indication de la méthode recherchée.

Dans le même ordre d'idées, M. Couriot a exposé, dans une séance toute récente de la *Société de l'Industrie minière*, les principes de trois méthodes photométriques encore inédites dont il a eu l'obligeance de nous adresser la description.

La plus simple de ces méthodes consiste à employer une



boîte en bois ayant la forme d'un triangle rectangle de 1 de base pour 2 de hauteur. Ces dimensions sont de 0<sup>m</sup>.45 et 0<sup>m</sup>.90 dans la boîte employée par M. Couriot; l'épaisseur, de 4 centimètres. La face AC, dont la longueur dépasse légèrement 1 mètre, est recouverte d'une bande constituant l'écran radioscopique et graduée en 1/2 millimètres.

Ayant rempli la boîte de la houille à examiner préalablement broyée, on la place dans le plan du faisceau lumineux. Les rayons X, ayant à traverser des épaisseurs croissant de 0 à 45 centimètres, les franchissent avec d'autant plus de facilité que la houille est plus pure. On déterminera, à l'aide d'un fil à plomb déplacé verticalement le long de la face AB, le point à partir duquel cesse la transparence : sa distance du point A, déterminée à l'aide de l'échelle AC, donnera à moins de 0,0005 près le degré de pureté demandé. Pour constater la transparence, il suffira

de faire glisser simplement la main, au lieu du fil à plomb, le long de la face AB.

M. Couriot signale également l'application de la radioscopie aux crayons de graphite, que l'on examinera tout montés dans le bois; aux agglomérés des industries électriques: charbons des arcs, électrodes des piles, balais des dynamos; à l'ozocérite et à l'asphalte.

Indépendamment des expériences dont nous reproduisons les résultats dans les planches ci-avant, nous avons examiné à l'écran radioscopique des plaques de tôle d'épaisseurs croissantes et nous avons pu constater, par l'apposition des doigts à la face postérieure, une certaine transparence jusqu'à 10 millimètres. Cela étant, il est logique d'admettre que, jusqu'à 20 millimètres d'épaisseur, un tel examen pratiqué successivement sur les deux faces, pourra déceler les défauts internes. Des expériences faites au moyen d'échantillons présentant de tels défauts seraient des plus intéressantes.

Quelques substances explosibles ont été soumises également à l'action des rayons X. Ces rayons sont interceptés par le salpêtre, ainsi que le soufre, tandis que le charbon de bois est transparent. Il s'ensuit que s'il s'agit de la poudre noire, on peut admettre une qualité d'autant meilleure que l'opacité sera plus considérable; nous n'avons pu vérifier le fait expérimentalement. Il est bon de n'opérer que sur des échantillons de faible épaisseur: dans le cas contraire, on obtient des teintes trop foncées, qu'il est presque impossible de comparer. Pour terminer, nous avons constaté l'absolue transparence de deux échantillons de nitrocelluloses donnant respectivement 189,6 et 205,4 c. c. de bioxyde d'azote à l'analyse.

Bruxelles, décembre 1898.