

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1938

ANNEXE I

Essai d'une étude spectrographique des inflammations de poussières de charbon

par L. COPPENS,

Docteur en Sciences, Attaché à l'Institut.

Le danger des inflammations de poussières dans les mines de houille a déjà suscité un nombre important d'études, basées sur les méthodes d'expérimentation les plus diverses. Il semble cependant que dans ce domaine les méthodes spectrales n'ont pas encore été mises en œuvre. C'est ce qui nous a décidé d'entreprendre les essais dont nous rendons compte dans la présente note (1).

Ainsi que nous le verrons au cours de ce travail, les inflammations de poussières de charbon émettent un spectre discontinu de raies, provenant de la partie minérale des poussières, et de bandes, émises par des radicaux libres existant dans les flammes. A ce spectre discontinu se superpose un

(1) Ce travail n'est d'ailleurs que la première étape d'une étude plus générale que nous entreprenons sur le retard à l'inflammation du méthane.

spectre continu, identique quant à sa forme pour les divers charbons que nous avons mis en œuvre : C'est le spectre d'émission du carbone incandescent tel qu'il apparaît dans la flamme éclairante du gaz d'éclairage.

Comme on le pense, notre but était de rechercher dans quelle mesure les données spectrographiques permettent de rendre compte des différences que présentent les divers charbons au point de vue de leur aptitude d'inflammation. En réalité les divers charbons que nous avons mis en œuvre ne présentent aucune différence qualitative, tant par leur spectre continu que par leur spectre de raies et de bandes. Par contre, au point de vue quantitatif, des différences très marquées se manifestent en ce sens que l'intensité des divers rayonnements varie d'une façon notable d'un charbon à l'autre. On peut donc espérer établir, grâce à la mesure de ces différences quantitatives, une classification rationnelle des divers charbons au point de vue de leur inflammabilité. Cependant un grave écueil se présente : c'est la difficulté que l'on éprouve de provoquer les inflammations de poussières dans des conditions strictement reproductibles d'un essai à l'autre.

Nous n'avons jusqu'ici pu nous affranchir de cette cause d'erreurs : aussi nous limiterons-nous dans le présent travail à l'analyse qualitative des spectres en indiquant au fur et à mesure les développements possibles du travail.

Voici, pour plus de clarté, la division de la présente note.

Première partie : Mode opératoire mis en œuvre pour la spectrographie des inflammations de poussières de charbon.

Seconde partie : Premiers résultats. Analyse des spectres d'inflammation.

§ 1. Le spectre discontinu;

A. Le spectre atomique;

B. Le spectre de bandes;

§ 2. La partie continue des spectres.

Conclusion.

PREMIERE PARTIE

Mode opératoire mis en œuvre pour la spectrographie des inflammations de poussières de charbon.

Le mode opératoire mis en œuvre est simple. Les inflammations de poussières sont provoquées à quelques centimètres de la fente du spectrographe (1) à l'aide d'un appareillage inspiré de l'inflammeur Godbert.

Nous décrirons sommairement l'appareil inflammeur et nous montrerons ensuite sa disposition devant le spectrographe.

A. Description sommaire de l'appareil inflammeur.

Celui-ci consiste essentiellement en un tube de porcelaine I chauffé à l'aide d'un petit four électrique tubulaire. Un gramme de poussière de charbon est chassé à travers ce tube par la détente brusque d'une réserve d'oxygène contenue, à une surpression bien déterminée, dans un flacon R qui précède le tube inflammeur. L'inflammation de la poussière se manifeste à l'extérieur du tube par une flamme plus ou moins large et brillante d'après la nature de la poussière mise en œuvre.

L'appareil comprend les pièces suivantes :

1°) le tube inflammeur I en porcelaine, d'une longueur l variable d'une série d'essais à l'autre; les diamètres intérieur et extérieur sont respectivement de 19,5 et 25 mm. Sur ce tube coulisse un petit four électrique F formé essentiellement d'un enroulement de 14 à 15 spires de fil de platine réparties sur une longueur de 27 mm.;

(1) Le spectrographe dont nous disposons est le modèle Q 24 de la firme Zeiss.

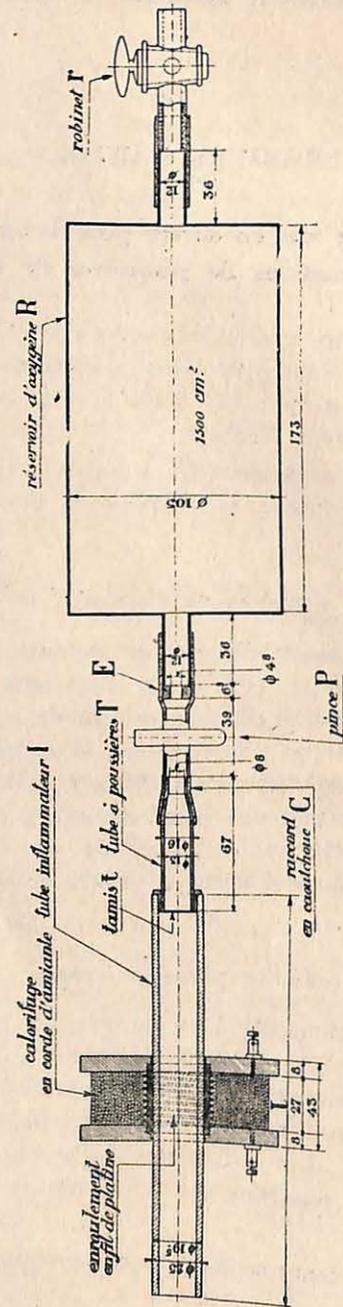


Fig. 1. -- Disposition de l'appareil inflammateur.

- 2°) un tamis t soudé sur une bague en bronze entrant à frottement doux dans le tube inflammateur. Ce tamis a pour but de répartir uniformément le nuage de poussières à l'entrée de l'inflammateur;
- 3°) le tube à poussières T en verre qui s'emboîte dans la bague en bronze du tamis t ;
- 4°) un tuyau en caoutchouc C raccordant le tube à poussières au réservoir R . Ce raccord est fermé à l'aide d'une pince spéciale P à déclenchement brusque;
- 5°) le réservoir métallique à oxygène R , d'une contenance de 1.500 cm³, fermé d'une part par la pince P du raccord C et d'autre part par le robinet en verre r . Le réservoir est chargé d'oxygène à une surpression déterminée à l'aide d'une bonbonne (non figurée) faisant suite au robinet r . Le contrôle de la pression se fait à l'aide d'un manomètre à mercure non figuré.

Signalons encore qu'à l'endroit du raccord C , le réservoir à oxygène porte un étranglement formé d'un petit cylindre E en bronze, perforé d'un canal d'un diamètre de 4,8 mm. Cet étranglement a pour but de réduire dans une certaine mesure les irrégularités pouvant résulter de faibles variations dans la vitesse de déclenchement de la pince P .

* * *

Le mode opératoire est facile à imaginer. La pince P étant fermée, un gramme de la poussière de charbon à expérimenter, séché et de calibre déterminé, est introduit dans le tube à poussières T ; la poussière est tassée contre la pince. Le réservoir R est ensuite chargé d'oxygène et le robinet r est fermé aussitôt que la surpression atteint la limite désirée (50,8 cm. de mercure dans la plupart de ces premiers essais). Le tube à poussières est alors introduit dans la bague du tamis t et, la température du tube inflammateur étant vérifiée, on ouvre brusquement la pince C de façon à projeter la poussière à travers l'inflammateur. Dans le cas de poussières inflammables, l'inflammation se manifeste à l'extérieur de l'inflammateur, devant le spectrographe, par une flamme plus ou moins large et brillante.

B. Disposition de l'inflamateur devant le spectrographe.

L'axe de l'appareil inflamateur se trouve dans le plan horizontal comprenant l'axe optique du collimateur et est perpendiculaire à ce dernier. Les distances principales sont indiquées à la figure 2.

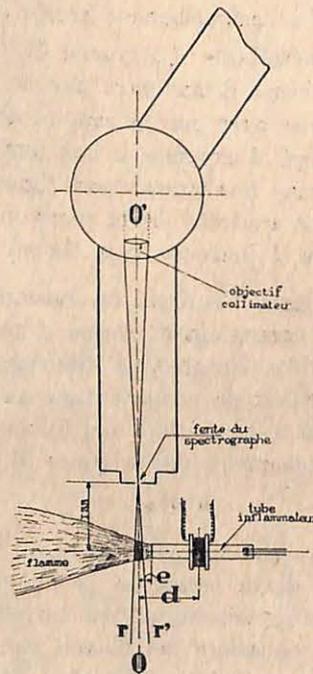


Fig. 2. — Disposition de l'inflamateur devant le spectrographe.

L'inflammation se développe donc à quelques centimètres de la fente du spectrographe. En réalité, la flamme sortant de l'inflamateur se détend dans une longue caisse en tôle munie de deux fenêtres en quartz perpendiculaires à l'axe optique OO'. Ce dispositif de protection, non représenté à la figure 2, empêche toute diffusion des poussières dans le laboratoire.

L'examen de la figure 2 montre qu'une faible section seulement de la flamme est spectrographiée. Dans le plan de la figure cette section, limitée par les droites r et r' , est représentée en hachuré. L'on voit aussitôt que la distance d de l'origine de l'inflammation à l'axe optique OO' est un facteur essentiel dont il faudra tenir compte dans l'interprétation des résultats (1). Nous indiquerons donc dans chaque essai la valeur de d de même que la distance e de la sortie du tube inflamateur à l'axe optique.

SECONDE PARTIE

Premiers résultats. — Analyse sommaire des spectres d'inflammation de poussières.

Les premiers essais dont nous rendons compte dans les lignes qui suivent ont eu pour but l'analyse sommaire des spectres d'inflammations de poussières obtenus dans les conditions que nous venons de décrire.

La figure 3 montre, en léger agrandissement, 4 spectres d'inflammation du charbon P_s : Veine à mouche à 682 m. du Puits n° 8 des Charbonnages d'Hornu et Wasmes (2). Ces divers spectres ont été obtenus avec 1 gramme de la poussière sèche passant le tamis de 5.200 mailles au cm^2 . La température de l'inflamateur, long de 224 mm., était de 823° à la paroi, la pression de l'oxygène 50,8 cm. et les distances e et d respectivement 10 et 60 mm. (plaque C_s).

Le spectre A montre une inflammation d'un gramme avec une fente de 0,050 mm. Le spectre B a été obtenu par deux inflammations d'un gramme et une fente de 0,100 mm. Pour les spectres C et D, on a mis en œuvre respectivement 4 et 20 inflammations d'un gramme, la fente du spectrographe étant de 0,200 mm. pour ces deux spectres. La figure 4 montre

(1) Nous admettons, assez arbitrairement d'ailleurs, que l'origine de l'inflammation se situe au milieu de la partie chauffée de l'inflamateur.

(2) L'analyse immédiate sur matière sèche donnait 32,43 % de matières volatiles et 3,14 % de cendres.

d'autre part, en plus fort agrandissement, un fragment du spectre D de la figure 3.

Comme on le voit, les spectres d'inflammation de poussières de charbon sont formés d'un spectre discontinu de raies et de bandes auquel se superpose un spectre continu.

Le spectre continu a la même allure pour tous les charbons que nous avons mis en œuvre : c'est le spectre d'émission du carbone incandescent.

Quant au spectre discontinu, celui-ci est formé des raies sensibles de quelques-uns des éléments minéraux des poussières et de bandes émises par les radicaux prenant naissance dans les flammes.

§ 1. *Le spectre discontinu.*

Le spectre discontinu des inflammations de poussières comprend un spectre de raies atomiques émises par la partie minérale de la poussière combustible et un spectre de bandes dû à des radicaux libres, véritables molécules stables seulement aux températures relativement élevées des inflammations.

La netteté de ce spectre discontinu laisse assez bien à désirer : Etant donné la durée très courte des inflammations pour obtenir une impression suffisante de la plaque photographique, on est obligé de recourir à un assez grand nombre d'inflammations; et encore se voit-on forcé de travailler avec une fente largement ouverte. Cette dernière condition nuit évidemment à la finesse du spectre de raies et de bandes.

Dans ce qui suit nous passerons brièvement en revue d'abord le spectre atomique et puis le spectre de bandes.

A. *Le spectre atomique.*

Le spectre atomique est émis par les atomes des constituants minéraux des poussières. Ces constituants sont dissociés à la température élevée de la flamme et les atomes métalliques provenant de la dissociation émettent leurs raies caractéristiques les plus sensibles. Toutes autres conditions étant égales, le nombre et l'intensité des raies émises dépendent évidemment de la température des inflammations, l'excitation thermique paraissant à priori seule devoir intervenir dans l'émission.

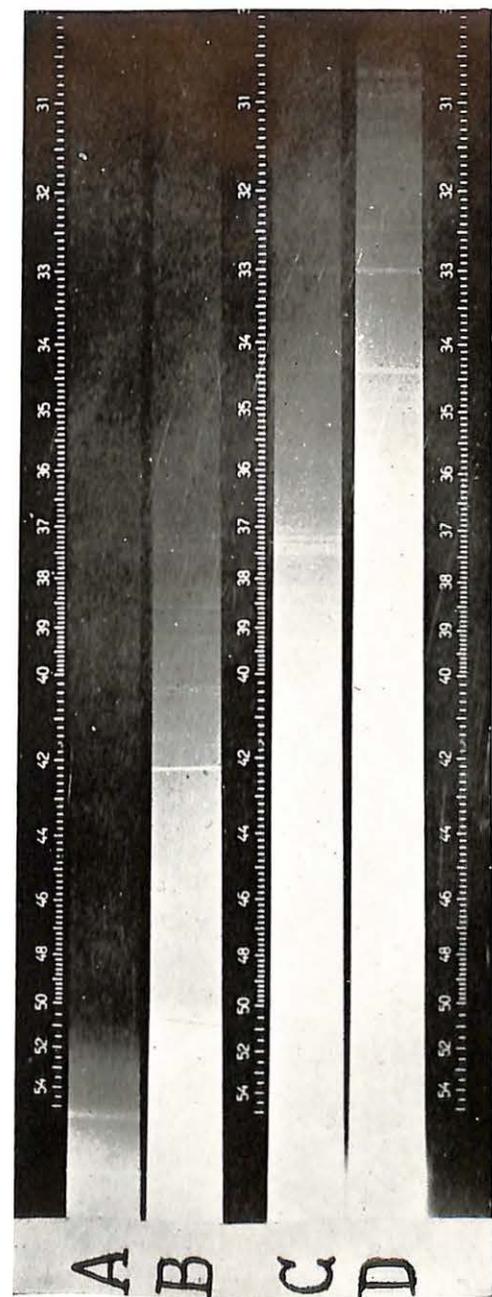


Fig. 3. — Spectres d'inflammation du charbon P.



Fig. 4. — Fragment agrandi du spectre D de la fig. 3.

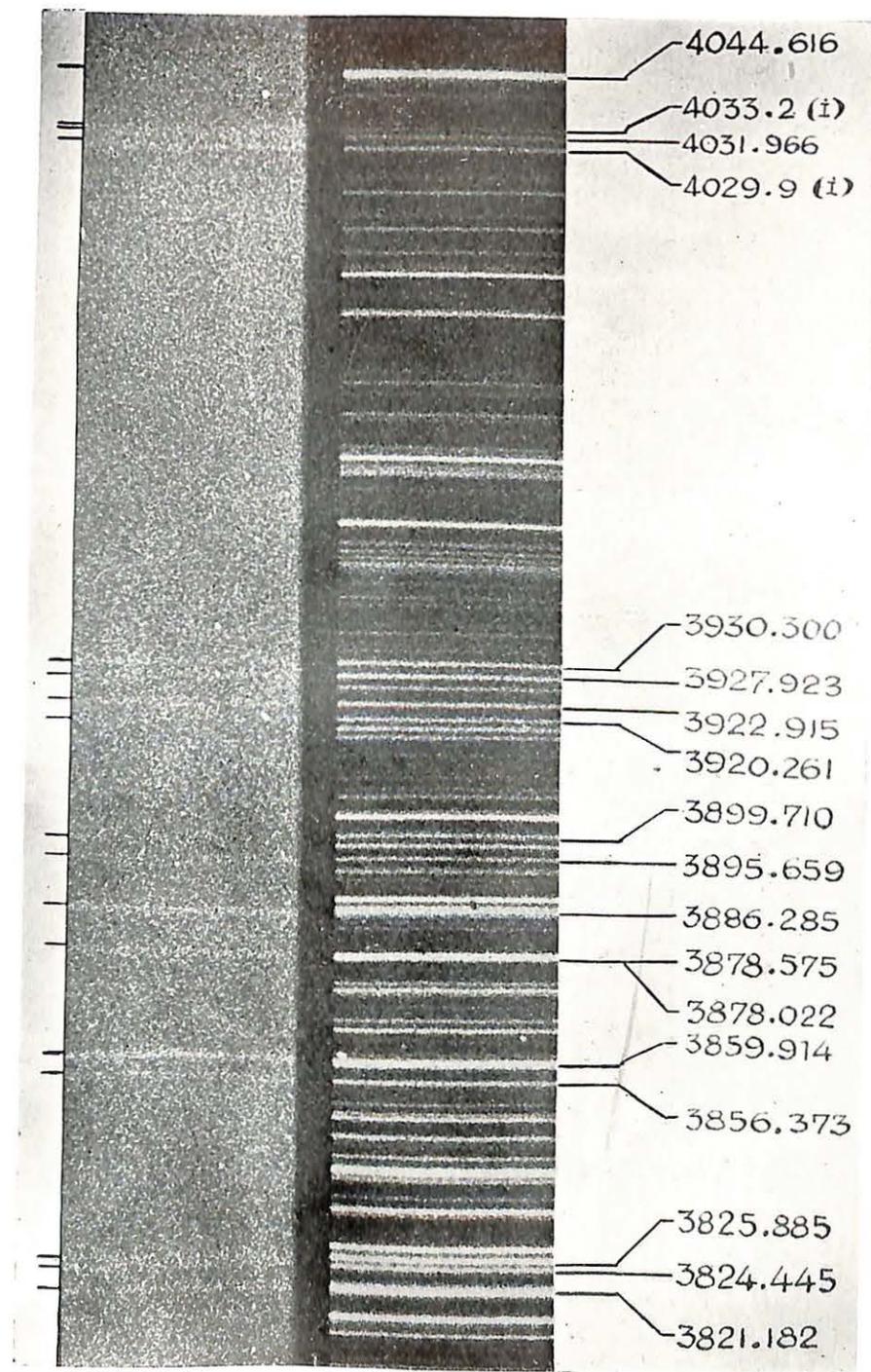


Fig. 5. — A gauche, spectre d'inflammation du charbon P.
A droite, spectre d'arc du fer.



Fig. 6. — C'est l'agrandissement d'un spectre obtenu par 8 inflammations du charbon P₇. A et B sont spectres du chalumeau oxy-acétylénique obtenus dans 7 différentes conditions opératoires.

Abstraction faite des éléments minéraux peu abondants dans les cendres, l'attention doit se porter *à priori* sur les éléments suivants : Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn. Nous nous sommes limités en principe à la région 3.400-6.300 Å qu'il est possible de prendre avec une fente assez fine, sans devoir recourir à un nombre exagéré d'inflammations. En dessous de 3.400 Å le repérage des raies atomiques se complique par la surimpression des nombreuses raies des bandes de radicaux.

a) *Raies du fer.*

Nous avons employé la méthode d'identification courante qui consiste à photographier, l'un en dessous de l'autre, sans déplacement aucun de la plaque, le spectre à étudier et le spectre de l'élément à identifier, le spectre du fer dans le cas présent.

La reproduction de la figure 5 donne une idée de la façon d'opérer. Le spectre de droite est le spectre d'arc du fer. Le spectre de gauche est un spectre d'inflammation du charbon P₇. Il a été obtenu par 10 inflammations successives avec une fente limitée à 0,020 mm., la température du tube inflammateur étant de 835° à la paroi intérieure (1).

On voit que la plupart des raies du spectre d'inflammation se retrouvent exactement dans le spectre du fer.

Nous avons groupé dans le tableau ci-dessous les diverses raies du fer qu'il nous a été possible d'identifier au spectroprojecteur depuis 3.400 Å jusque 6.300 Å. La première colonne indique la longueur d'onde approximative de chaque raie telle qu'elle est donnée par l'échelle du spectrographe. Dans la seconde, on trouvera la longueur d'onde exacte, repérée à l'aide de reproductions du spectre du fer éditées par la maison A. Hilger. Pour certaines raies, dont la longueur d'onde n'est pas indiquée sur ces reproductions, nous avons procédé par interpolation; les longueurs d'onde indiquées dans la seconde colonne ne sont alors exactes qu'à environ 0,5 Å près et sont suivies de l'indication (i).

(1) Pour cette plaque nous avons exceptionnellement focalisé les inflammations sur la lentille du collimateur. Les distances e et d de la figure 2 étaient de 10 à 141,5 mm.; la longueur du tube inflammateur de 200 mm. La pression de l'oxygène de chasse était 40,6 cm.



TABLEAU 3
Raies du Fer identifiées dans le spectre d'inflammation
du charbon P₇ (plaque B. 15).

Longueurs d'onde approximatives données par l'échelle du spectrographe	Longueurs d'onde exactes
4043,5	4044,616
4031,9	4033,2 (i)
4030,2	4031,966
4027,7	4029,9 (i)
3926,2	3930,300
3924,3	3927,923
3919,2	3922,915
3916,7	3920,261
3896,4	3899,710
3892,6	3895,659
3882,7	3886,285
3875,3	3878,575 et 3878,022
3856,9	3859,914
3854,1	3856,373
3823,7	3825,885
3822,4	3824,445
3818,8	3821,182
3765,5	3767,195
3761,9	3763,791
3756,3	3758,236
3747,1	3749,488
3746,3	3748,265
3743,8	3745,903 et 3745,564
3735,0	3737,134
3733,1	3734,868
3720,9	3722,565
3718,1	3719,936
3703,4	3705,568
3677,3	3679,916
3667,6	3669,524
3645,6	3647,845
3629,1	3631,465
3616,3	3618,770 et 3617,789
3578,9	3581,196
3567,8	3570,1 (i)
3441,0	3443,881
3438,0	3440,613 et 3440,991

Remarques

1) En plus des raies renseignées dans le tableau 3 un groupe de cinq raies apparaît vers 5540 A. A cet endroit le spectre continu est très intense de sorte que ces raies sont peu tranchées. Elles semblent cependant correspondre aux raies suivantes du fer : 5535,419 - 5543,930 - 5554,894 - 5563,605 - 5565,708 A.

2) D'autres raies du fer apparaissent en outre en dessous de 3400 A. Leur identification y est moins certaine par suite de la surimpression des bandes de radicaux.

b) Raies du sodium.

On retrouve les deux raies D₁ et D₂ du sodium avec un très fort noircissement à 5896 et 5890 A (voir spectre A de la figure 3).

A la figure 4, on remarque une très forte raie vers 3300 A qui pourrait être attribuée aux deux raies 3302,34 et 3302,94 A du sodium.

c) Raies du calcium.

La raie 4226,73 A du calcium, visible au spectre B de la figure 3 (1), est nettement identifiée.

d) Raie du magnésium.

La raie 2852,13 A tranche nettement dans le spectre de bandes de l'ultraviolet (voir figure 8).

Le laborieux travail de repérage des raies atomiques peut à première vue sembler assez inutile. La proportion des constituants minéraux variant dans de larges mesures d'un charbon à l'autre, il semble en effet que des mesures comparatives soient impossibles à réaliser.

Il en est bien ainsi si l'on limite aux seuls constituants se trouvant normalement dans les cendres. Mais l'on peut imaginer une série d'essais comparatifs dans lesquels on aura

(1) Tenant compte de la correction à apporter à l'échelle de notre spectrographe on peut assimiler aux deux raies 3000,87 et 2494,95 A du calcium les deux raies obtenues sur certaines plaques 3002,6 et 2996 A de l'échelle.

mélangé aux diverses poussières expérimentées une trace d'un composé minéral étranger à la partie cendreuse et cela dans des proportions constantes pour toutes les poussières étudiées.

On conçoit que dans ces conditions le dénombrement et la mesure de l'intensité des raies émises par l'élément minéral ajouté puisse servir de base à une classification des diverses poussières. Nous verrons cependant plus loin que des mesures comparatives se réalisent bien plus facilement sur la partie continue des spectres.

B. Le spectre de bandes.

Le spectre de bandes des inflammations de poussières est celui dont on pouvait *a priori* attendre le plus de renseignements. On pouvait en effet préjuger que l'apparition des bandes de radicaux varie fortement non seulement suivant la section de flamme spectrographiée mais surtout suivant la nature du charbon mis en œuvre.

Dans le présent travail, nous ne pouvons cependant qu'effleurer la question. A l'examen de la figure 2, on remarquera en effet que, même en écourtant le plus possible les distances *e* et *d*, les sections de flamme spectrographiées ne devaient tout au plus correspondre qu'à des fins de réaction.

Aussi les seules bandes que nous avons pu mettre en évidence jusqu'ici sont celles des radicaux hydroxyles dont les têtes se situent à 3064 et 2811 Å. La figure 4 montre en assez fort agrandissement la bande OH à 3064 Å.

Par suite de la grande largeur de fente utilisée, l'identification de ces bandes présente quelques difficultés; elles apparaissent très floues et l'identification n'est guère possible qu'à l'aide de spectres témoins obtenus dans des conditions opératoires semblables.

Le spectre C de la figure 6 est la reproduction agrandie d'un spectre obtenu par 8 inflammations d'un gramme du charbon P₇ (1). Le spectre a été pris avec une fente large.

(1) Le charbon P₇ provenait de la veine « Grande Cossette » à 682 m. du puits n° 8 des Charbonnages de Hornu et Wasmes. L'analyse immédiate sur la poussière sèche donnait : M. V. : 33,04 %; cendres : 2,01 %.

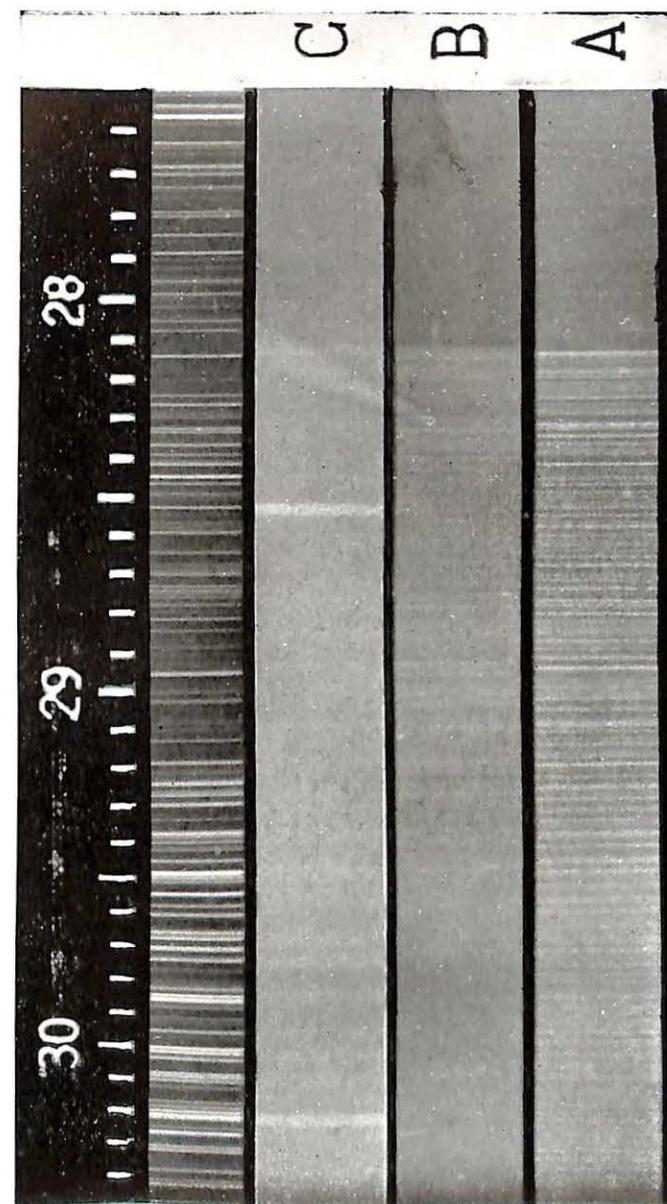


Fig. 8. — Identification de la bande OH à 2811.

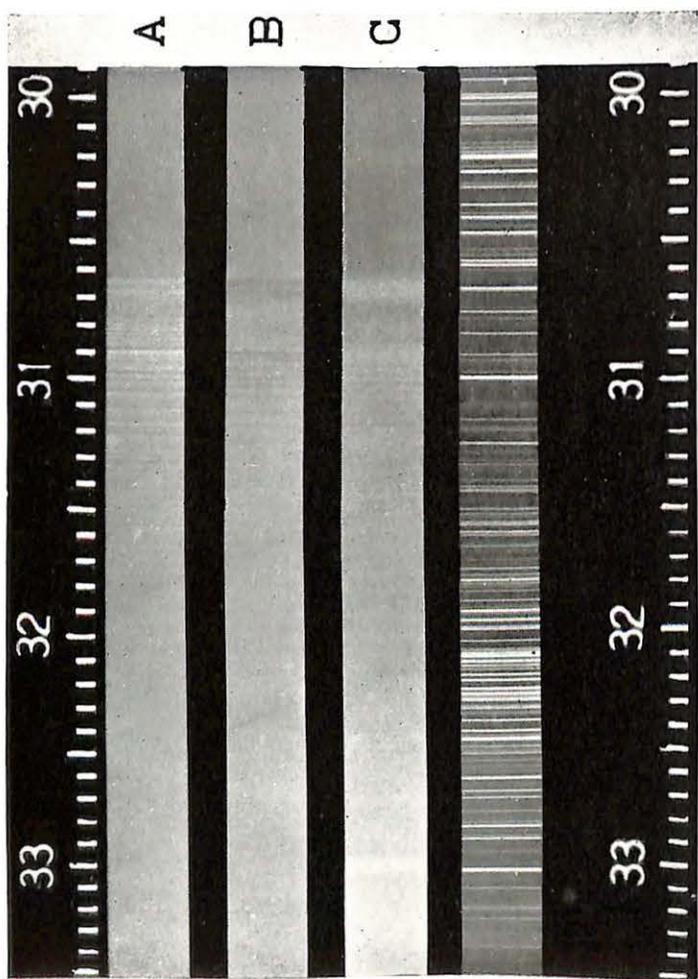


Fig. 7. — A : spectre d'une lampe à hydrogène.
 B : même spectre après traversée par la lumière
 d'une série de becs Bunsen.
 C : spectre de 8 inflammations du charbon P_7 .

ment ouverte à 0,200 mm., la température de l'inflamateur étant de 775° au centre du tube et 845° à la paroi (plaque B.I). Les distances e et d de la figure 2 étaient respectivement 45 et 141,5 mm.; la pression de l'oxygène de chasse était de 40,64 cm. Les spectres A et B sont des reproductions, sensiblement au même agrandissement, du spectre donné par le cône bleu du chalumeau oxy-acétylénique, focalisé sur la fente du spectrographe (plaque B.12). Le spectre A, obtenu avec fente assez fine ($f = 0,020$ mm.) et un temps d'exposition assez long ($t = 6$ minutes), montre avec une assez grande netteté les détails de la bande OH à 3064 Å; à la longueur d'onde 3143 Å s'y superpose une bande due au radical CH. Le spectre B a été obtenu dans des conditions opératoires rappelant celles du spectre d'inflammation : temps très court ($t = 6$ secondes), fente largement ouverte ($f = 0,200$ mm.). Aussi voit-on les détails de structure disparaître partiellement et le spectre ressembler fidèlement au spectre d'inflammation (spectre C), sauf en ce qui concerne la bande CH à 3143 Å qui est absente dans le spectre d'inflammation.

La figure 7 montre le même spectre C de la figure 6 comparé avec le radical hydroxyle 3064 Å tel qu'il apparaît dans la lumière d'une lampe à hydrogène en émission (spectre A de la figure 7) et en absorption après traversée d'une série de becs Bunsen par la lumière de la lampe (spectre B de la figure 7).

La figure 8 montre l'identification de la bande OH à 2811. Le premier spectre est de nouveau le spectre d'inflammation du charbon P_7 (5 inflammations de 1 gramme, fente = 0,200, plaque B.19). Les deuxième et troisième spectres montrent également le radical hydroxyle du cône bleu du chalumeau oxy-acétylénique spectrographié avec des fentes respectives de 0,200 et 0,020 mm. ($t = 15$ secondes et 8 minutes respectivement). Tout comme pour le radical OH à 3064, la correspondance des premier et second spectres est très nette.

Le spectre C de la figure 8 montre vers 2853 (position approximative d'après l'échelle du spectrographe) une raie qui tranche nettement dans la structure du radical OH; il



s'agit probablement de la raie 2852,13 Å du magnésium qui est une raie de flamme.

De ce qui précède, on peut conclure à l'identification très nette des bandes 3064 et 2811 du radical OH. Ce radical est mis en liberté par la dissociation de la vapeur d'eau à la température relativement élevée des flammes de poussières. Il est possible que l'on puisse mettre en évidence d'autres radicaux en réalisant les inflammations à des températures plus élevées et en prenant les spectres à l'origine même des inflammations.

Au point de vue quantitatif, l'intensité des bandes hydroxyyles varie d'un charbon à l'autre et cela dans le même sens que le spectre continu qui s'y superpose. Pour les mesures quantitatives, on s'adressera donc de préférence au spectre continu qui se prête le mieux aux déterminations photométriques.

* * *

§ 2. La partie continue des spectres.

La partie continue des spectres d'inflammation de poussières s'étend jusque dans l'ultraviolet; sur certaines plaques, obtenues à l'aide d'inflammations répétées, on peut encore déceler au spectroprojecteur une impression jusque 2600 Å. L'on se trouve évidemment limité par la sensibilité des plaques photographiques d'autant plus que la durée des inflammations est très courte.

* * *

a) Similitude qualitative et origine des spectres continus des divers charbons.

L'allure du spectre continu, au point de vue de la répartition des intensités en fonction des longueurs d'onde, se trouve évidemment affectée sur les plaques par le fait que la sensibilité de celles-ci est loin d'être uniforme pour les diverses régions spectrales. Devant cette déformation du spectre réel, il faut donc s'en tenir dans les mesures comparatives à une même qualité de plaques. Nous nous sommes servis dans le présent travail de plaques « Hypersensitive Panchromatic Ilford ». Celles-ci sont d'une extrême sensibilité; par contre,

étant donné leur grain assez gros, elles se prêtent moins bien à des mesures photométriques précises.

Voici comment, dans ces premiers essais, nous avons fait les photomètres des spectres continus. Dans le spectroprojecteur Zeiss l'image du spectre est projetée, agrandie vingt fois, sur une tablette horizontale. Une cellule photoélectrique circulaire est posée sur cette tablette. La cellule est masquée par un écran noir, formé d'une plaque photographique impressionnée à fond; l'émulsion en a été entamée au rasoir de façon à réaliser une fente large de 0,35 mm. et haute de 35 mm. (0,123 cm²). On peut ainsi promener le spectre agrandi sur cette fente et mesurer au galvanomètre à miroir le courant photoélectrique débité par la cellule aux diverses longueurs d'onde du spectre. Dans les limites d'emploi de la cellule, les déviations du galvanomètre, mesurant le courant photoélectrique, sont proportionnelles à l'intensité de la lumière transmise par la plaque.

$$D = k I$$

On commence d'abord par relever les déviations D_g du galvanomètre pour différents endroits, non impressionnés, de la plaque, voisins du spectre à photométrer. On retient la moyenne D_g^m de ces déviations. Ensuite, on mesure les déviations D_s pour le spectre aux différentes longueurs d'onde. Dans les diagrammes photométriques, on porte alors en abscisses les longueurs d'onde et en ordonnées les différences

$$\Delta = D_g^m - D_s \quad (1).$$

Le diagramme de la figure 9 donne les courbes photométriques des spectres d'inflammation des cinq charbons ci-dessous.

(1) En réalité pour chaque longueur d'onde du spectre, faisant l'objet d'une mesure, nous relevons la déviation du galvanomètre pour la partie non impressionnée de la plaque au-dessus ou en-dessous du spectre. Cette déviation est portée sur un diagramme D_g/λ . Pour chaque longueur d'onde on relevait alors sur le diagramme la valeur D_g . On s'affranchissait ainsi, dans une certaine mesure, des irrégularités locales inévitables dans l'émulsion des plaques très sensibles mises en œuvre.

TABLEAU 1

Désignation	Origine	Composition du charbon sec		Composition du charbon vrai
		M. V. %	Cendres %	M. V. %
P ₇	Grande Cossette, à 682 m., puits n° 8, des Charb. Hornu et Wasmes	33,04	2,01	33,72
P ₄	Couche de 0,68 m. à 700 m. siège Waterschei des Charb. André Dumont	28,00	1,22	28,35
P ₂	Couche n°11 à 630 m. des Charb. de Limbourg-Meuse	23,72	2,62	24,35
P ₅	Grande Chevalière, plat levant, à 970 m., siège n° 7 des Charb. Unis de l'Ouest de Mons	20,46	1,99	20,88
P ₃	19° Veine, à 715 siège Nord du Rieu du Cœur	17,40	2,02	17,76

Les inflammations étaient provoquées dans des conditions opératoires identiques par un gramme des divers charbons, séchés et broyés de façon à passer complètement le tamis de 5200 mailles au cm². La température du tube inflammateur était de 845° à la paroi (1). La pression de l'oxygène de chasse était de 40,64 cm. de mercure. Les spectres ont

(1) Les distances e et d de la figure 2 étaient respectivement de 45 et 141,5 mm, la longueur l de l'inflammateur étant de 200 mm.

été obtenus par une seule inflammation avec une fente de 0,020 mm. (plaque B.7).

* * *

Au point de vue qualitatif, on remarquera la très grande similitude des diverses courbes photométriques; cette similitude est surtout très marquée pour les trois courbes inférieures qui se superposent pratiquement. A la valeur absolue près, on peut donc admettre l'identité de la partie continue des spectres d'inflammation de poussières.

Il semble logique d'attribuer ces spectres continus au rayonnement purement thermique des particules de carbone incandescentes des flammes. Et effectivement on constate les plus grandes similitudes en comparant les courbes photométriques des spectres continus d'inflammation de poussières avec celles des spectres d'une lampe électrique à filament de carbone ou de la flamme éclairante du gaz d'éclairage.

D'autre part les dépressions, vers 4900 Å, des courbes photométriques des spectres d'inflammation correspondent précisément au début du vert, région où les plaques photographiques accusent le minimum de sensibilité. Ces dépressions sont donc causées par le matériel graphique utilisé. Aussi voit-on sur le diagramme de la figure 9 que de part et d'autre des minima de 4900 Å les deux tronçons des courbes photométriques sont dans le prolongement les uns des autres. Cette constatation est frappante pour la courbe supérieure (spectre III) pour laquelle on pourrait relier par une droite les longueurs d'onde 4600 et 5250 Å. On obtiendrait ainsi une courbe très régulière qui n'est en dernière analyse que le début de la courbe d'émission des « corps gris » que sont les diverses variétés de carbone.

b) *Différences quantitatives des spectres continus des divers charbons.*

Au point de vue quantitatif, les spectres continus des divers charbons accusent de très nettes différences. Sur le diagramme de la figure 9 les cinq charbons se différencient par leurs ordonnées considérées à une même longueur d'onde. C'est

ainsi qu'en considérant les valeurs des ordonnées, mettons à 5500 Å, on obtient les chiffres suivants :

Δ	M. V. % du charbon sec correspondant	
45,5	33,04	(P ₇)
67,0	28,00	(P ₄)
85,0	23,72	(P ₂)
42,0	20,46	(P ₅)
36,5	17,40	(P ₃)

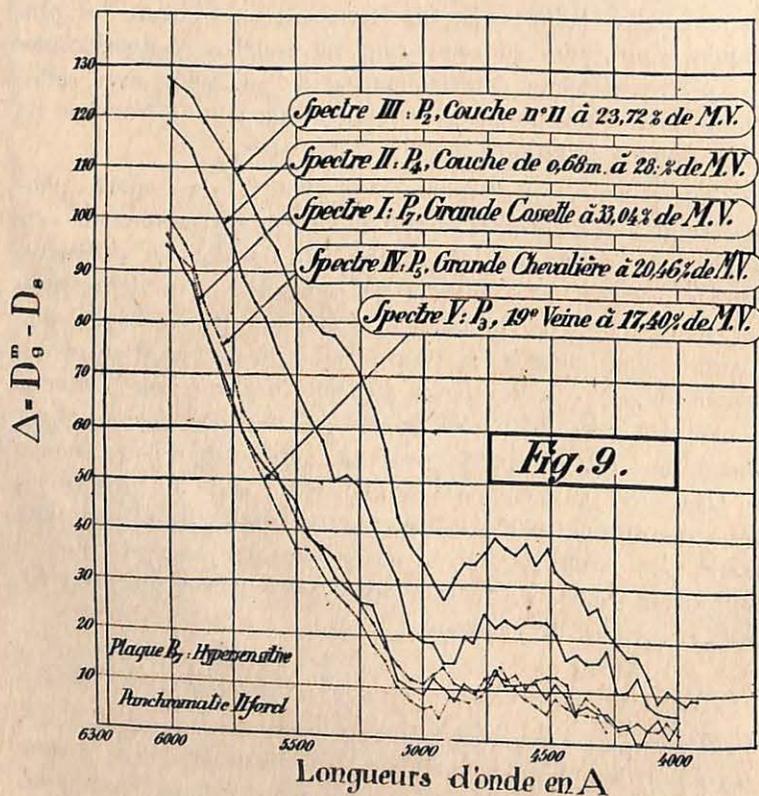


Fig. 9. — Spectres continus de cinq charbons.

Ces données peuvent être représentées graphiquement en portant en ordonnées les valeurs de Δ et en abscisses les matières volatiles du charbon correspondant. On obtient ainsi la courbe de la figure 10. Cette courbe, à vrai dire, est assez peu régulière, le nombre de points déterminés étant insuffisant; le diagramme semble cependant montrer nettement que l'énergie développée par les inflammations atteint son maximum pour les poussières tenant environ 23 % de M. V.

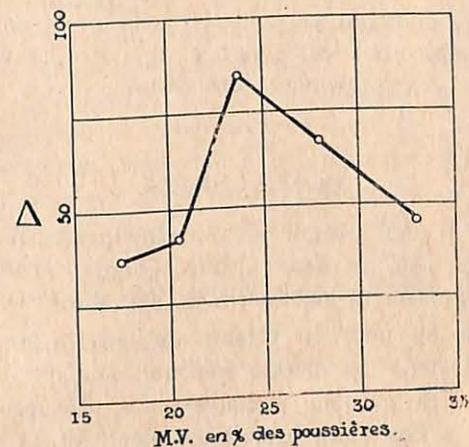


Fig. 10.

Ceci suggère évidemment l'idée d'une classification des diverses poussières de charbon par la photométrie de la partie continue de leur spectre d'inflammation. A ce point de vue cette partie de notre travail est susceptible d'avoir un développement d'intérêt pratique. Toutefois les premiers essais que nous avons tentés dans cette voie ne sont guère encourageants; l'on éprouve en effet les plus grandes difficultés lorsqu'il s'agit de provoquer les inflammations dans des conditions opératoires strictement reproductibles. Aussi les résultats, au point de vue quantitatif sont-ils peu constants. Il convient donc de faire les plus grandes réserves au sujet du diagramme de la figure 10 qui demande à être confirmé par des déterminations systématiques ultérieures.

Quant aux causes d'erreurs, on peut incriminer en ordre principal le déclenchement inégal de la pince (voir figure 1) qui provoque la projection de la poussière à travers l'inflamateur. La moindre différence dans la vitesse de déclenchement de cette pince donne lieu à des résultats fort divergents, d'autant plus, que, la section de flamme spectrographiée étant très minime (voir figure 2), les spectres pourront correspondre à des stades fort différents du développement des flammes (1).

Ces réserves étant faites, nous croyons qu'en améliorant les conditions opératoires, cette partie de notre travail est susceptible d'un développement intéressant.

CONCLUSIONS

Le présent travail résume les données qualitatives que nous avons pu recueillir au cours d'une première étude des spectres d'inflammation de poussières de charbon.

En résumé, on peut en retenir que les inflammations de poussières émettent un spectre continu, pouvant être attribué aux particules de carbone incandescentes. Ce spectre continu se superpose à des raies atomiques, dérivant la plupart du fer, et à un spectre de bandes, limité dans nos conditions expérimentales aux seuls radicaux hydroxydes 3064 et 2811.

(1) En ce qui concerne la cause d'erreurs introduite par l'inégal déclenchement de la pince de l'inflamateur, on peut s'en affranchir, dans une certaine mesure, en travaillant avec des plaques moins sensibles et une fente très fine. De cette façon pour obtenir une impression de la plaque photographique convenant aux mesures photométriques, on est obligé de recourir à un assez grand nombre d'inflammations et on obtient un résultat **moyen** qui s'affranchit d'autant mieux de la difficulté signalée que le nombre d'inflammations mises en œuvre aura été plus grand.

D'un autre côté, en provoquant les inflammations à une plus grande distance du spectrographe on augmente l'importance de la section de flamme spectrographiée. (A 5 mètres de la fente, le diamètre du cône lumineux frappant la lentille collimatrice de notre appareil, est déjà de 38 cm.).

Au point de vue qualitatif, il n'existe aucune différence essentielle entre les spectres des divers charbons que nous avons mis en œuvre.

Au point de vue quantitatif des différences notables se manifestent d'un charbon à l'autre suivant les températures auxquelles les réactions exothermiques des inflammations ont porté les éléments émetteurs des trois parties constitutives des spectres : carbone incandescent pour le spectre continu, produits de dissociation de l'eau et des constituants minéraux pour le spectre discontinu.

L'analyse de ces premiers résultats semble indiquer que le spectre continu, plus spécialement, pourrait servir de base à une classification rationnelle des divers charbons au point de vue de leur comportement dans les inflammations de leurs poussières. Nous avons cependant attiré l'attention sur les nombreuses difficultés expérimentales soulevées par les déterminations quantitatives. Sous cette réserve, nous croyons pouvoir conclure que l'étude, telle qu'elle se présente à la lumière de ces premiers essais, mérite d'être approfondie.