

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
à Frameries-Paturages

RAPPORT  
SUR LES

# Travaux de 1933

PAR

Ad. BREYRE,

Ingénieur en chef des Mines,  
Administrateur-Directeur de l'Institut,  
Professeur à l'Université de Liège.

## SOMMAIRE :

1. <i>Travaux sur les explosifs.</i>	
I. Opérations de contrôle à la galerie d'essai .	7
II. Etude d'une gaine d'explosifs au bicarbonate de soude . . . . .	8
III. Tir simultané. Etudes connexes. Les amorces et les détonateurs électriques . . . . .	17
2. <i>Essais sur les lampes et grisoumètres.</i>	
Questions connexes . . . . .	20
Recherches sur les étincelles électriques susceptibles d'enflammer le mélange hydrogène-oxygène . . . . .	21

3. <i>Appareils électriques antidéflagrants.</i>	
Liste des appareils agréés en 1933 . . . . .	28
Moteurs . . . . .	29
Appareils divers . . . . .	30
Locomotives . . . . .	31
Appareils d'éclairage à poste fixe . . . . .	32
Matériel d'éclairage sujet à déplacements . . . . .	33
Téléphones et signalisation . . . . .	34
Lampes électriques portatives - Câbles . . . . .	35
4. <i>Locomotives Diesel.</i>	
Appareils agréés en 1933 . . . . .	36
Quelques renseignements sur les locomotives Diesel dans les mines belges . . . . .	38
5. <i>Recherches sur l'action physiologique du méthane.</i>	
Expériences sur animaux vivants . . . . .	40
6. <i>Le dégagement du grisou dans nos couches.</i>	
Mesure des émissions gazeuses. Résultats . . . . .	42
7. <i>Les étincelles des jets d'air comprimé.</i>	
Perfectionnements apportés aux tuyaux à revêtement métallique de mise de terre . . . . .	44
8. <i>Recherches patronnées par le Fonds National de la recherche scientifique . . . . .</i>	47
Composition de gaz de mines françaises . . . . .	48
Pouvoir adsorbant des houilles belges. . . . .	51
Développement prévu de ces études . . . . .	53
9. <i>Gaz contenus dans les charbons projetés par des dégagements instantanés . . . . .</i>	54

10. <i>Collaboration avec les stations étrangères . . . . .</i>	57
11. <i>Propagande de la sécurité . . . . .</i>	58
<i>Annexe I. — Etude sur les détonateurs électriques fabriqués en Belgique, par Ad. Breyre et J. Fripiat.</i>	
Données générales . . . . .	59
Mécanisme de la mise à feu des amorces électriques . . . . .	64
Mesure du temps d'inflammation . . . . .	66
Mesure du temps d'explosion des détonateurs . . . . .	83
Rétablissement de courant . . . . .	93
Vérifications expérimentales . . . . .	96
Conclusions. Intensité minimum d'un circuit, pour éviter les ratés . . . . .	102
<i>Annexe II. — Le pouvoir adsorbant composé des houilles belges, par L. Coppens . . . . .</i>	107
Chapitre I. — Définition conventionnelle du pouvoir adsorbant . . . . .	111
Chapitre II. — Partie expérimentale . . . . .	113
Chapitre III. — Le pouvoir adsorbant des charbons belges . . . . .	118
Chapitre IV. — Expériences diverses et conclusions . . . . .	132
§ 1. L'oxydation des échantillons pendant leur préparation. L'influence de cette altération sur la grandeur du pouvoir adsorbant . . . . .	132

§ 2. Le degré de finesse des échantillons de charbon et son influence sur la grandeur du pouvoir adsorbant . . . . .	133
§ 3. Les variations du pouvoir adsorbant et les teneurs en matières volatiles . . . . .	138
§ 4. La loi des variations du pouvoir adsorbant et ses relations avec l'origine et l'évolution des houilles. L'origine des grisous actuels . . . . .	139
§ 5. Le pouvoir adsorbant d'un lignite et de ses divers produits de carbonisation . . . . .	144
§ 6. Les isothermes d'adsorption et la pression gazeuse du massif . . . . .	146
Résumé . . . . .	148

## Rapport sur les travaux de 1933

PAR

Ad. BREYRE,

Ingénieur en chef des Mines,  
Administrateur-Directeur de l'Institut.  
Professeur à l'Université de Liège.

### 1. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS

#### I. — Opérations de contrôle à la galerie d'essai.

On sait que l'Institut National exerce un contrôle, notamment sur les explosifs S.G.P. (1) qui lui sont envoyés par les soins des Ingénieurs du Corps des Mines. Vingt-six tirs ont été opérés de la sorte, portant sur six variétés d'explosifs; ils n'ont donné lieu à aucune observation défavorable.

D'autre part, 49 tirs de classement ou de reconnaissance ont été effectués; ils ont porté sur les produits de trois usines englobant 13 formules de composition. Une seule de ces formules a abouti à une agrégation comme explosif S.G.P. (Triamite 132, de la Société Anonyme Explosifs Yonckites, A. M. du 30 octobre 1933).

Pour avoir une idée de l'activité de la galerie, il faut ajouter 52 tirs de recherche au sujet de la gaine au

(1) Rappelons à nouveau, pour nos lecteurs étrangers, que les initiales S. G. P. (de Sécurité relative vis-à-vis du Grisou et des Poussières) désignent les explosifs agréés par décision ministérielle après avoir subi les essais réglementaires en atmosphères grisouteuses et poussiéreuses.

bicarbonate de soude, dont il sera parlé plus loin, 18 tirs de recherches diverses, 87 tirs de démonstration lors des visites éducatives.

## II. — Etude d'une gaine d'explosifs au bicarbonate de soude.

Les expérimentateurs britanniques du Safety in Mines Research Board étudient avec une attention particulière les explosifs gainés, sous l'impulsion de leur actif Directeur, M. le professeur R. V. Wheeler. Ils croient, dans l'état actuel des choses, que l'usage de la gaine est un facteur important de la sécurité.

L'opinion en cette matière est d'ailleurs unanime à présent; les répugnances diverses, nées surtout de l'appréhension des difficultés pratiques d'emploi, se sont effacées devant l'expérience belge. Lorsque le règlement de 1920 introduisit dans nos mines, sous une forme timide et prudente, l'explosif gainé, diverses difficultés se firent jour: la cartouche était parfois mal centrée dans sa gaine, l'enveloppe extérieure crevait facilement lors de l'introduction de la cartouche dans le fourneau, surtout qu'au début les trous de mine n'étaient pas forés au diamètre voulu; de la matière gainante se glissait sur les fonds de cartouches et introduisait un coussin inerte entre l'explosif de deux cartouches voisines, d'où chance de ratés de propagation.

Il y avait là toute une série de mises au point nécessaires; on peut dire aujourd'hui que la gaine est devenue d'une réalisation pratique, grâce à la collaboration loyale apportée par les fabricants d'explosifs. Les fabricants d'explosifs belges ont été sensibles à l'appel qui leur était fait en vue de propager la sécurité du tir; ils décidèrent d'emblée qu'aucun bénéfice ne serait fait sur la gaine de sûreté et, de fait, la différence de prix entre

l'explosif S.G.P. simple et le même explosif gainé correspond à peine au prix des matières premières et de la confection de la gaine. Je doute même qu'il couvre, dans tous les cas, le supplément du prix de transport (1). D'autre part, les fabricants portèrent remède aux divers inconvénients qui se faisaient jour dans l'emploi: ils supprimèrent les enveloppes extérieures trop fragiles; les surépaisseurs trop fortes de papier sur les fonds de cartouches ont disparu par divers artifices de fabrication tels que l'adoption, sur les fonds, d'une rondelle collée qui supprime les plis de papier trop épais; de même le collage de la cartouche d'explosif sur le fond de l'enveloppe de la gaine a réduit la possibilité d'introduction de matières gainantes entre le fond de la cartouche et le fond de l'enveloppe.

La densité parfois inégale de la matière gainante, lors du chargement à la main, le centrage plus ou moins exact de la cartouche sont deux inconvénients qui ont pratiquement disparu, notamment par l'emploi de machines à gainer de divers types, simples cependant, mais à bon rendement.

Du côté des charbonnages, l'action des Directions a été de substituer les outils à large diamètre partout où s'emploie l'explosif gainé. Les diamètres des cartouches gainées oscillent généralement entre 36 et 37 mm.; les trous doivent être largement dimensionnés et bien réguliers; c'est une question de bon entretien, et le personnel technique de nos mines y a accordé son attention.

L'Administration des Mines, les Ingénieurs du Corps des Mines, les délégués à l'Inspection des Mines, ont naturellement accordé leur bienveillant appui au développement de l'explosif gainé.

(1) Le poids de l'explosif gainé, pour une même charge utile, est presque double de celui de l'explosif non gainé.

Des visites éducatives nombreuses ont, depuis 1930, amené à l'Institut des Mines une grande partie du cadre technique de nos charbonnages et du personnel surveillant du tir en mines grisouteuses; les expériences faites devant eux ont mis en relief le coefficient de sécurité apporté par la gaine de sûreté, et cette leçon de choses crée un esprit décidé à vaincre toutes les petites difficultés que l'emploi pourrait causer.

Il a fallu encore combattre une opinion erronée qui attribuait à la présence de la gaine une perte notable de la force de l'explosif. Lemaire avait bien, au début, montré par des essais de puissance au bloc de plomb, que la perte en puissance était insignifiante et de l'ordre de 4 % (1) pour le mélange de fluorure et chlorure qui est resté la matière gainante principale utilisée en Belgique. Mais ces essais de laboratoire, sur de faibles quantités de matières, n'avaient pas persuadé les industriels; aussi, en 1930-1932, des essais méthodiques furent réalisés, à l'initiative de l'Institut National des Mines, dans des mines du pays de Charleroi, dans les conditions normales de l'emploi des explosifs dans les galeries d'exploitation (2). Rappelons que les essais comparatifs entre l'usage de l'explosif S.G.P. simple et celui du même explosif gainé ont porté sur un creusement total de 143,85 m. pratiqué en chassant dans un veiniat, de manière à maintenir les conditions de travail aussi constantes que possibles. Le premier tronçon, soit 119,95 m. — ou près des neuf dixièmes — a été creusé en utilisant des mines tirées successivement (mode encore prédominant

(1) Étude d'une cartouche de sûreté (1<sup>re</sup> note), *Annales des Mines de Belgique*, 1914, 3<sup>e</sup> livraison.

(2) Voir les notes de M. l'Ingénieur des Mines Lefèvre dans les rapports de 1930 et 1931 de l'Institut National des Mines, voir notamment les conclusions générales sur l'influence de la gaine de sûreté, p. 113, du rapport de 1931 (*Annales des Mines de Belgique*, 1932, 1<sup>re</sup> livr.).

en Belgique). Le second tronçon — 23,90 m. — a été exécuté en tirant plusieurs mines à la fois. Des précautions spéciales étaient prises, en alternant les explosifs, pour éviter que l'influence de variations des conditions n'agisse que sur l'un des explosifs seulement. On peut résumer comme suit les conclusions de M. Lefèvre sur l'influence de la gaine de sûreté :

*Consommation d'explosifs.* — La gaine de sûreté donne une diminution de l'effet utile de l'explosif de l'ordre de 1 à 2 %.

*Avancement journalier.* — La gaine apporte une diminution de l'ordre de 1 à 3 %, attribuable au temps plus long qu'exige le forage des trous à plus grand diamètre.

*Prix de revient.* — L'augmentation, due notamment au coût de la gaine, représente moins de 1 % du prix de revient total par mètre courant de galerie.

On peut conclure que, pratiquement, il n'y a pas de différence dans l'usage entre l'explosif gainé et l'explosif non gainé.

Le concours de toutes les bonnes volontés a fait que l'explosif gainé est utilisé en Belgique bien au delà de ce qu'exigerait l'application littérale du règlement. Dans l'ensemble, plus de 60 % des explosifs consommés sont des explosifs S.G.P., plus de 30 % sont des gainés (1). Si l'on n'envisage que les charbonnages dangereux, ces proportions sont bien plus élevées.

Tout l'historique rapporté dans les lignes qui précèdent montre l'effort accompli pour faire entrer dans la pratique courante l'usage des explosifs gainés qui est au point actuellement.

(1) Ces dernières années, la consommation d'explosif gainé dans les mines belges a atteint annuellement 600.000 kilogrammes environ, soit six millions de cartouches.

Mais cela ne veut point dire que des progrès ne soient encore réalisables. Nous avons relaté l'an dernier (1) les essais d'une gaine tubulaire qui ne modifiait pas d'ailleurs la composition réglementaire de la matière gâillante. Celle-ci, après essais renouvelés en 1930, est fixée, par l'A. M. du 14 août 1930, comme suit :

25 % de matière agglomérante (plâtre, argile ou kaolin), 75 % de matières extinctrices (fluorure de sodium — ou fluorure de calcium — ou mélange de chlorure de sodium ou chlorure de potassium et de 35 % au moins de fluorure). La gaine a au moins 3 millimètres d'épaisseur et pèse au moins 65 grammes par cent grammes d'explosif.

Nos amis britanniques, dans leurs recherches sur les gaines, ont porté plus spécialement leur attention sur les matières utilisables, principalement en vue de pouvoir réduire l'épaisseur de la gaine. Ils voudraient arriver à réaliser une gaine qui n'aurait que l'épaisseur d'une enveloppe de papier tout en gardant le degré voulu de sécurité. Nous suivons leurs travaux avec un intérêt particulier; grâce aux rapports trimestriels échangés entre les stations d'essais, nous avons eu connaissance des résultats meilleurs obtenus chez eux avec le bicarbonate de soude qu'avec les mélanges de fluorures et chlorures formant la base des matières gâillantes en Belgique.

Déjà Lemaire avait observé le caractère sélectif de certains corps pour telle ou telle composition d'explosif;

(1) Rapport sur les travaux de 1932, *Annales des Mines de Belgique*, 1933, 1<sup>re</sup> livr., pp. 11-20.

Pour éviter le glissement des cartouches dans leurs gaines tubulaires, notamment lors du chargement à l'aide d'un bourroir de diamètre un peu faible, la gaine tubulaire se fabrique actuellement avec un fond, du côté opposé à celui de l'amorçage. A l'autre extrémité, l'enveloppe se replie à l'intérieur, entre l'explosif et sa gaine.

il avait fait, sur le bicarbonate de soude, des essais, trop peu nombreux pour que l'on puisse les retenir.

Il nous a paru intéressant de comparer nos gaines usuelles à des gaines au bicarbonate de soude.

La gaine usuelle utilisée (que nous désignerons par A) avait la composition suivante, conforme à l'arrêté ministériel du 14 août 1930 : fluorure de calcium 50 %, chlorure de sodium 25 %, plâtre 25 %.

La gaine au bicarbonate de soude, gaine B, était constituée exclusivement de ce produit. C'est le bicarbonate de soude Solvay, qualité dite raffinée, pureté supérieure à 99 % : poudre cristalline passant entièrement au tamis 60 (1); 2,5 % sont retenus sur le tamis 100, 12,5 % sur le tamis 150; 85 % passent à travers ce tamis 150. Cette qualité ne s'agglomère pas : sur un sac de 100 kg. emmagasiné sans précaution spéciale dans un magasin sec pendant six mois, on n'a pas observé d'agglomération.

## I

Nous avons d'abord opéré sur un explosif S.G.P. au nitrate ammonique (composition : nitrate ammonique 62 — T.N.T. 14, Na Cl 18, oxalate de soude 6) en utilisant les mêmes sachets pour la matière gâillante.

Diamètre de la cartouche d'explosif : 30 millimètres.

Id. extérieur de la gaine : 37 id.

Poids de matière gâillante pour la

gaine A : 95 gr. p<sup>r</sup> 100 gr d'explosif.

Idem pour la gaine B : 62 gr. id.

La densité moindre du bicarbonate de soude ne permet, à volume égal, qu'un poids moindre de matière extinctrice.

(1) Nous désignons les tamis par le nombre de fils au pouce linéaire.

Nous avons tiré, dans le même milieu grisouteux, à savoir un mélange inflammable à 8-10 % de  $\text{CH}^4$  formé avec le grisou naturel brut de la station (qui contient 30 % environ d'azote) des charges égales du même explosif pourvu d'une part de la gaine usuelle A, d'autre part de la gaine B.

Nous avons pu tirer, sans inflammation, les mêmes charges jusqu'à 900 grammes, alors que, répétons-le, la gaine B ne comportait que 62 grammes de matière gainante par 100 grammes d'explosifs, tandis que la gaine A comportait 95 grammes.

Désirant discriminer les deux types de gaine, nous avons fait usage alors de grisou sans excédent d'azote (grisou de la Sarre, à 92 % de  $\text{CH}^4$ ). La gaine au bicarbonate de soude a enflammé à 800 grammes, la gaine A à 700 grammes.

## II

Nous avons alors tiré au mortier des charges croissantes d'un explosif dangereux (dynamite n° 1 : 75 % de nitroglycérine, 25 % de guhr) en entourant l'explosif soit d'une gaine A, soit d'une gaine B.

Nous avons d'abord utilisé des gaines de volume égal : diamètre de la cartouche d'explosif : 30 mm., de la gaine : 37 mm. Comme la densité de la dynamite est beaucoup plus forte que celle d'un explosif S.G.P. au nitrate ammonique, la longueur des cartouches de 100 grammes est bien moindre et nous ne logeons dans la gaine que 55 grammes de matière pour la gaine A, 42 grammes pour la gaine B.

Pour les deux types, en grisou pur (de la Sarre) nous avons eu des inflammations à partir de la charge de 400 grammes.

## III

Nous avons comparé ensuite l'effet de gaines de poids équivalent sur la dynamite n° 1 en cartouches de 30 mm. de diamètre. Nous sommes arrivés, en tassant bien les matières, à loger 62 grammes de matière extinctrice par 100 grammes de dynamite en utilisant des sachets de 36 mm. de diamètre extérieur pour la composition A, de 39 mm. pour la composition B.

Nous avons utilisé un mélange inflammable à 8 % de  $\text{CH}^4$ , sans excédent d'azote (grisou naturel de la station, vivifié par une addition d'oxygène) :

a) Au mortier d'acier, nous avons pu tirer sans inflammation, une charge de 600 grammes pour chacune des compositions. Les dimensions du mortier ne nous ont pas permis d'aller au delà.

b) En tirant l'explosif librement suspendu dans l'atmosphère grisouteuse — n'oublions pas qu'il s'agit cette fois de grisou sans excédent d'azote — nous avons constaté que la dynamite avec gaine A a enflammé dès la charge de 50 grammes, tandis que la dynamite avec gaine B n'a pas enflammé à 200 grammes, la première inflammation étant obtenue à 250 grammes.

En résumé, on peut dire que la gaine au bicarbonate de soude est, à poids égal, nettement supérieure à la gaine usuelle dans les tirs en plein milieu grisouteux ; la supériorité est moins bien marquée dans les tirs au mortier, les seuls se rapprochant de l'usage qui est fait des explosifs dans les mines.

C'est pourquoi cette étude, qui était intéressante et utile, ne comporte, à mon avis, d'autre conséquence que l'agrégation éventuelle du bicarbonate de soude comme matière gainante, si elle vient à être sollicitée, car cette gaine coûterait plus cher que la gaine usuelle, qui présente un degré de sécurité suffisant.

Avant de quitter le sujet des explosifs gainés, soulignons l'utilité de la collaboration entre les stations d'essai des divers pays miniers.

Nos collègues anglais nous avaient demandé en 1932 de leur fournir des explosifs gainés en Belgique; ce sont ces explosifs qui ont été utilisés en premier lieu dans les travaux souterrains sur un front de taille de 30 yards (1). Les constatations faites alors montrèrent que la gaine ne nuit pas au rendement, et que les explosifs gainés donnent bien moins de fumées. Les essais ont montré, de plus, que l'explosif gainé donne plus de gros charbon, à cause de l'effet matelassant de la gaine.

Actuellement, quelques explosifs gainés ont été portés sur la liste des Permitted explosives (2).

(1) Voir *Colliery Guardian*, 2 et 9 février 1934, « Sheated-explosives », par C. A. Naylor et R. V. Wheeler, conférence donnée le 2 février 1934 à l'Institution of Mining Engineers à Londres, avec la discussion qui a suivi. Voir aussi l'Eleventh Annual Report (1932) du Safety in Mines Research Board.

(2) Ce sont les explosifs suivants, de la Nobel's Explosives Company Limited, fabriqués à l'usine d'Ardeer; lorsqu'ils sont gainés, ils portent, à côté de leur dénomination, le mot (Sheated), ex. : Polar dynobel (Sheated) :

	Polar Thames Powder	Polar Viking	Polar Dynobel	Polar Dynobel no 2	Polar Rex Cliffe.
Mélange nitré de glycérine et de glycol éthy-lénique . . . . .	11 à 9	11 à 9	16 à 14	16 à 14	11 à 9
Nitrocoton . . . . .	—	—	0,75 à 0,25	0,75 à 0,25	—
Di et trinitrotoluol, ensemble . . . . .	—	—	1,5 à 0,5	1,5 à 0	—
Nitrate ammonique . . . . .	59,5 à 56,5	67,5 à 64,5	54 à 51	63,5 à 60,5	64 à 61
Farine de bois (séchée à 100° C) . . . . .	10,5 à 8,5	9 à 7	6 à 4	5,5 à 3,5	9 à 7
Chlorure de sodium . . . . .	22 à 20	16 à 14	26 à 24	17 à 15	20 à 18
Humidité . . . . .	2 à 0	2 à 0	2 à 0	2 à 0	2 à 0

L'enveloppe entourant l'explosif (inner wrapper) est en papier imperméabilisé soit avec un mélange de césine et résine, soit avec de la paraffine.

La gaine est en bicarbonate de soude en poudre.

L'enveloppe extérieure (outer wrapper) est en papier résistant au feu par traitement au sulfate ammonique et au phosphate acide d'ammonium (ammonium dihydrogen phosphate).

Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. le Professeur R. V. Wheeler.

Quant à l'action de la gaine, nous pouvons dire qu'elle se fait à la fois par voie physique (son action refroidissante, sa masse) probablement aussi par voie chimique indirecte (désactivation du milieu gazeux, rendu inapte aux réactions) ou directe (volatilisation ou décomposition partielle des constituants, production de certains gaz, tels le  $\text{CO}_2$  dans le cas du bicarbonate).

### III. — Tir simultané. — Etudes connexes.

#### Les amorces et les détonateurs électriques.

Il n'est pas inutile de rappeler l'enchaînement des études poursuivies sur cette question depuis 1930.

La réglementation belge de 1920 a interdit le tir simultané dans les voies d'exploitation des mines franchement grisouteuses (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> catégories). Les essais faits, tant à la galerie artificielle de Pâturages qu'à la galerie au rocher de Colfontaine, ont montré, au cours des exercices 1930 et 1931, que le tir simultané n'était pas à interdire du point de vue de la sécurité, contrairement à ce qu'aurait pu faire croire notamment le fait de la diminution de la charge-limite lorsque l'on réduit la section de la galerie de tir.

D'autre part, des essais pratiques effectués en 1930, 1931 et 1932, dans trois mines du pays de Charleroi, et décrits dans nos rapports de ces trois exercices, par M. l'Ingénieur des Mines Lefevre, ont montré que le tir simultané en coupage de voies ne comportait aucun inconvénient spécial et réalisait des avantages marqués lorsqu'on en limite le cadre.

Dans le coupage des voies, le nombre de mines à tirer est généralement faible et les ratés sont peu à craindre; dans les tirs d'ébranlement en mines à dégagements instantanés, au contraire, les mines d'une volée sont

beaucoup plus nombreuses et les risques de ratés partiels augmentent. C'est ce risque, plus spécial au tir simultané, que nous avons voulu étudier de près, pour arriver à sa prévention.

L'étude comportera l'examen des amorces et détonateurs, d'une part, celui des exposeurs et des circuits d'autre part.

En 1932 et 1933, c'est surtout la question des amorces et des détonateurs électriques qui a retenu notre attention. Nous ne sommes pas les premiers à aborder la question (1). Mais nous l'avons traitée sur les détonateurs fabriqués en Belgique et avec un matériel différent sur divers points de celui des expérimentateurs précédents.

Vu l'ampleur qu'a prise cette étude, nous faisons de son exposé une notice spéciale rédigée en collaboration avec M. l'Ingénieur principal J. Fripiat, et qui forme l'annexe I de ce rapport.

Bornons-nous à en donner ci-dessous un résumé concis et l'essentiel des conclusions.

Il ne s'agit que d'amorces à basse tension, à fil de platine, les seules utilisées en Belgique.

Si l'on considère un circuit groupant plusieurs mines en série, il peut y avoir raté partiel si les sensibilités des amorces présentent une dispersion telle que l'une d'elles — la plus sensible — puisse rompre le circuit par explosion du détonateur qu'elle commande alors que d'autres amorces — moins sensibles — ne sont pas encore arrivées au point de déflagration.

(1) Rappelons notamment la belle étude effectuée en 1913-1914 par MM. Taffanel, Dautriche, Durr et Perrin et publiée seulement en 1919 dans les *Annales des Mines de France*, note sur le tir électrique. Citons aussi les diverses études de Drekopf ces dernières années dans la *Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen* et dans le *Glückauf*, ainsi que diverses recherches effectuées par le Safety in Mines Research Board (Eleventh Annual Report, 1932).

Ceci nous a amenés à rechercher la courbe du temps d'inflammation des amorces d'une fabrication donnée, en fonction de l'intensité de courant. Le temps nécessaire à produire l'inflammation décroît naturellement très rapidement au fur et à mesure que l'intensité du courant augmente.

Par des essais nombreux, nous obtenons deux courbes enveloppes, l'une représentant les temps d'inflammation des amorces les plus sensibles, l'autre les temps d'inflammation des amorces les moins sensibles. L'écart des deux courbes dépend des conditions de la fabrication, mais il diminue au fur et à mesure que croît l'intensité.

D'un autre côté, nous relevons sur de très nombreux détonateurs, munis des amorces de même fabrication, le temps auquel se produit la rupture du circuit d'allumage par explosion du détonateur. Les temps sont dispersés d'une manière analogue aux temps d'inflammation des amorces; encore une fois, la dispersion diminue lorsque l'intensité augmente.

Pour les courants élevés, les facteurs de variation résultant de la fabrication industrielle sont donc atténués, les points d'explosion se groupent carrément à droite (les abscisses représentent les temps) des points d'inflammation des amorces, tandis que pour les courants faibles, des points d'explosion viennent se placer entre les courbes extrêmes des points d'inflammation des amorces, mettant en relief le grand risque de raté. Nous avons d'ailleurs produit des ratés systématiques par l'usage des courants trop faibles.

*Conclusion générale à toutes les amorces.* — Dans un tir simultané, il importe d'utiliser un exposeur puissant, capable de lancer dans les détonateurs un courant nettement au-dessus de la limite dangereuse. Cette limite,

suivant les types fabriqués en Belgique, se situe entre 0,45 et 0.7 amp., mais pratiquement il faut une certaine marge de sécurité, et l'on peut formuler une règle générale s'appliquant à tous les détonateurs électriques fabriqués en Belgique : l'exploseur doit être tel qu'il puisse faire passer dans le circuit des mines un courant effectif de un ampère.

Nous répétons ce que nous avons déjà eu l'occasion de souligner plusieurs fois : dans le tir simultané ne doivent entrer en ligne de compte que des exploseurs munis d'un dispositif tel qu'il ne lance le courant dans le circuit qu'au moment où ce courant a atteint sa valeur maximum.

Un soin particulier des connexions s'impose aussi dans le tir simultané, car toute dérivation du courant par suite de mauvais isolement accroît la chance des ratés, puisqu'elle diminue l'intensité du courant dans la chaîne des amorces.

## 2. — ESSAIS SUR LES LAMPES ET GRISOUMETRES

### Questions connexes.

L'abondance des grisoumètres qui ont été présentés ces dernières années montre, à elle seule, que l'on n'a pas encore trouvé l'appareil idéal, capable de lutter par sa simplicité avec la lampe de sûreté à flamme, tout en donnant plus de précision et plus de sécurité.

Cependant l'appareil Léon-Montluçon, dont nous avons commencé l'examen en 1932, semble réaliser un progrès certain.

Nous avons eu l'occasion de l'utiliser plusieurs fois dans le fond. Son utilisation et son entretien sont naturellement beaucoup plus délicats que ceux d'une lampe ordinaire, mais un grisoumètre n'est pas un appareil à placer dans des mains non expertes.

Ces essais d'utilisation pratique nous ont amenés à conclure à l'agrément de l'appareil (A. M. n° 13G/6130 du 29 janvier 1934).

Signalons qu'au cours de l'année, nous avons examiné et proposé pour l'agrément :

a) une lampe alcaline, 0,7 ampère, 2,6 volts, de la Société Anonyme « Les Ateliers Mécaniques », à Hayettes-par-Morlanwelz. (Décis. ministérielle n° 13C/5181 du 16 octobre 1933.)

b) une tête de lampe-phare à projecteur en faisceau cylindrique horizontal, plus spécialement indiquée pour les transports, présentée par la Société Anonyme belge d'Applications Electriques à La Bouverie. (Décision ministérielle n° 13C/5187 du 19 décembre 1933.)

c) une lampe de la Société Auxiliaire des Mines, type F.A.M., décision ministérielle du 16 avril 1934 n° 13C/5190.

### Recherches sur les étincelles électriques susceptibles d'enflammer le mélange hydrogène-oxygène.

La tendance générale actuelle va vers une augmentation du pouvoir éclairant des lampes portatives; nous estimons qu'il y a lieu d'encourager les efforts faits dans cette voie, pour autant qu'aucune objection ne puisse être faite du point de vue de la sécurité. Un meilleur éclairage est un facteur important de la sécurité. Or, dans une lampe électrique portative, il y a production d'étincelle lorsque l'on éteint la lampe par rotation du couvercle. Cette étincelle jaillit, en général, entre le ou les pôles de l'accumulateur et les secteurs métalliques insérés dans le disque isolant formant la base de la tête de lampe.

C'est dans cet espace que se dégagent les gaz de l'accumulateur et nos recherches antérieures montrent

qu'il y a toujours de l'hydrogène dans ces gaz, quel que soit le type d'accumulateur utilisé.

La rotation de la tête est ordinairement permise, dans une certaine mesure, malgré la fermeture magnétique, parce que le piston peut coulisser entre deux rampants limitant sa course. Nous ne saurions condamner cet usage car, dans certains cas, il est désirable qu'un ouvrier puisse éteindre sa lampe, par exemple en cas d'avarie : choc, rupture du globe protecteur, etc. De plus, la possibilité d'éteindre la lampe, permet d'augmenter la durée de l'éclairage dans des circonstances exceptionnelles.

Rappelons, à titre d'exemple, qu'en 1931, lorsque plusieurs ouvriers furent isolés par un éboulement dans un charbonnage du bassin de Mons, ils purent garder de la lumière pendant tout le sauvetage, qui dura plusieurs jours, grâce à la possibilité d'éteindre les lampes.

Le règlement belge — art. 3 de l'A. M. du 15-5-1919, modifié par A. M. du 13-3-1923 — limite l'intensité et le voltage des lampes électriques portatives respectivement à un ampère et 2,6 volts, hormis le cas où l'on ménage un compartiment spécial, autre que l'espace où peuvent se dégager les gaz de l'accumulateur, pour y faire jaillir l'étincelle de rupture. Certaines lampes ont été munies — exemple lampes dites Lemaire, de la Société Belge d'Applications électriques à La Bouverie — d'une chambre d'étincelle. Mais, étant donné le pouvoir diffusant extraordinaire de l'hydrogène, on peut douter du maintien de l'étanchéité parfaite de ces dispositifs.

Il nous a donc paru opportun de vérifier si notre limitation de puissance n'était pas trop draconienne et n'allait pas au delà des exigences de la sécurité.

Nous avons donc recherché dans quelles conditions les étincelles d'accumulateurs enflammaient les mélanges

d'hydrogène et d'oxygène. Il a été fait usage d'une batterie d'accumulateurs au plomb, dont on faisait varier le nombre d'éléments (voltage) et le courant débité (par interposition de résistances appropriées), ainsi que le montre le schéma ci-contre (fig. 1).

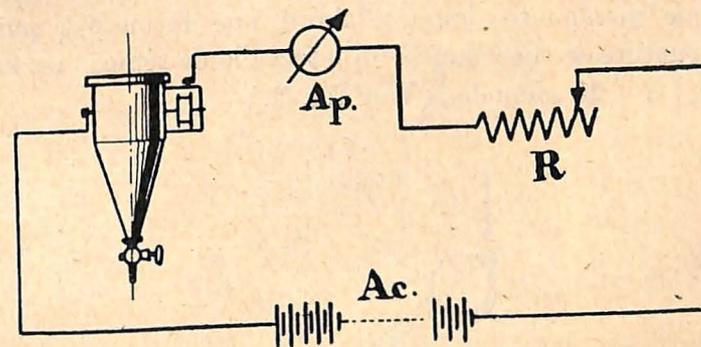


Fig. 1.

La rupture est produite dans une enceinte remplie d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène. La composition de ces mélanges a varié, tout en restant toujours des mélanges très inflammables.

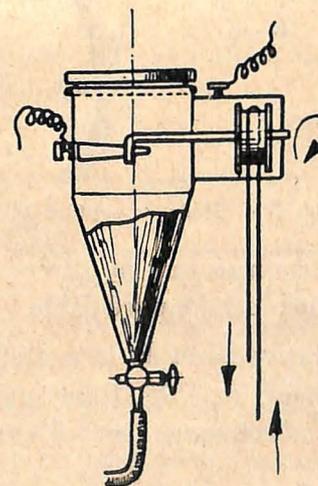


Fig. 2. — Mode de rupture A.

Les dispositifs d'interruption ont été de trois sortes :

A) Rupteur actionné par courroie, de telle façon que chaque manœuvre donne une série de fermetures et de ruptures se succédant rapidement. (Voir schéma fig. 2.)

B) Rupteur actionné à la main, de telle façon que chaque manœuvre donne d'abord une fermeture puis une rupture se succédant à un intervalle de temps variant de 0,1 à 0,25 seconde. (Voir fig. 3.)

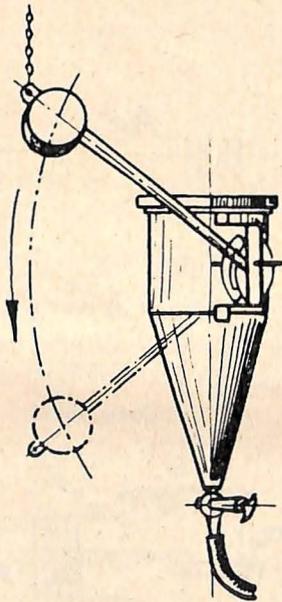
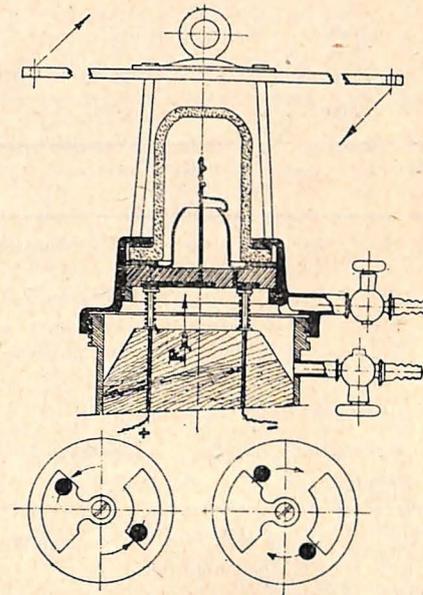


Fig. 3. — Mode de rupture B.

L'oscillographe montre que la durée des arcs de fermeture et de rupture est inappréciable.

C) Lampe portative dont la tête était actionnée par un système de levier articulé d'une manière identique aux manœuvres d'allumage et d'extinction. (Voir schéma fig. 4.)



1<sup>er</sup> mouvement : de droite à gauche. fermeture.  
2<sup>e</sup> mouvement : de gauche à droite. ouverture.

Fig. 4. — Mode de rupture C.

Les tableaux qui suivent donnent les résultats des essais.

A. — RUPTEUR ACTIONNE PAR COURROIE.

Mélange employé :

Hydrogène . . . . .	66,66 %
Oxygène . . . . .	33,34 %

Nombre d'éléments.	Intensité en ampères.	Résultats.
6	0,7	Inflammation à la 1 <sup>re</sup> manœuvre.
6	0,4	Inflammation à la 2 <sup>e</sup> manœuvre.
6	0,2	Pas inflamm., malgré nombreuses manœuvres.
3	1,1	Inflammation à la 1 <sup>re</sup> manœuvre.
3	0,7	Inflammation à la 2 <sup>e</sup> manœuvre.
3	0,6	Pas inflamm., malgré nombreuses manœuvres.
2	2,3	Inflammation à la 1 <sup>re</sup> manœuvre.
2	2,1	Inflammation à la 3 <sup>e</sup> manœuvre.
2	1,7	Pas inflamm., malgré nombreuses manœuvres.

## B. — RUPTEUR ACTIONNE A LA MAIN.

Première série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	29,33 %
Oxygène . . . . .	70,67 %

Nombre d'éléments.	Intensité en ampères.	Résultats.
3	1,2	Inflammation à la 1 <sup>re</sup> étincelle.
3	0,8	Idem.
3	0,7	Pas inflamm., malgré nombreuses manœuvres.
2	1,85	Inflammation à la 4 <sup>e</sup> manœuvre.
2	1,7	Pas inflamm., malgré plusieurs manœuvres.

Deuxième série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	68,93 %
Oxygène . . . . .	31,07 %

3	1,8	Inflammation à la 1 <sup>re</sup> manœuvre.
3	1,4	Pas inflammation.
3	1	Idem.
2	2,4	Inflammation à la 40 <sup>e</sup> manœuvre.
2	2,2	Pas inflammation.

Troisième série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	44,74 %
Oxygène . . . . .	55,26 %

3	2,4	Pas inflammation, après 60 manœuvres.
3	2,8	Pas inflammation, après 50 manœuvres.
3	3,1	Inflammation, après 50 manœuvres.
3	3,3	Idem.
3	3,5	Inflammation, après 42 manœuvres.
3	3,8	Pas inflammation, après 50 manœuvres.
3	4,1	Inflammation à la 4 <sup>e</sup> manœuvre.
3	5	Inflammation à la 2 <sup>e</sup> manœuvre.
3	6	Inflammation à la 3 <sup>e</sup> manœuvre.

Le mélange qui paraît le plus inflammable est celui renfermant 29,33 % d'hydrogène. L'intensité minimum qui en provoque l'inflammation est de 0,8 amp. pour trois éléments, 1,85 amp. pour deux éléments.

## C. — TETE DE LAMPE PORTATIVE.

Première série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	66,66 %
Oxygène . . . . .	33,34 %

Nombre d'éléments.	Intensité en ampères.	Résultats.
6	22	Inflammation.
6	45	Pas inflammation.

Deuxième série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	64 %
Oxygène . . . . .	36 %

6	33	Pas inflammation.
6	40	Idem.
6	42	Idem.

Troisième série d'essais. — Mélange utilisé :

Hydrogène . . . . .	42,66 %
Oxygène . . . . .	53,34 %

6	28	Inflammation à la 6 <sup>e</sup> manœuvre.
6	22	Pas inflammation, après 25 manœuvres.
6	33	Inflammation à la 6 <sup>e</sup> manœuvre.
6	45	Inflammation à la 13 <sup>e</sup> manœuvre.

*Remarque générale :* Les résultats obtenus sont fort irréguliers : nous avons constaté souvent que l'inflammation ne se produisait qu'après plusieurs manœuvres, comme si l'inflammabilité du mélange était influencée par des modifications résultant des fermetures et ruptures antérieures non suivies d'inflammation (échauffement, ionisation?)

Les modes de rupture A et B sont naturellement les plus dangereux : pour deux éléments, on a eu une inflammation pour 2,1 ampères avec le mode opératoire A à la troisième manœuvre et pour 1,85 ampère avec le mode opératoire B, à la quatrième manœuvre.

Dans le mode opératoire C, qui est réellement celui qui reproduit la manœuvre possible dans les travaux, le courant minimum qui ait donné une inflammation, a été de 22 ampères avec six éléments. Vraisemblablement, dans ce cas, la très forte intensité nécessaire pour produire une inflammation est due au refroidissement de

l'étincelle au contact des masses entre lesquelles elle jaillit, alors que, dans le rupteur, l'étincelle jaillit en plein mélange inflammable. De plus, la résistance de contact croît sans doute très rapidement lors du dégagement, par frottement, des parties conductrices et diminue l'intensité avant rupture.

Pour conclure, faisons remarquer d'abord que nous avons introduit un coefficient de sécurité important en substituant dans nos essais l'oxygène à l'air, car cela revient à utiliser une concentration de comburant cinq fois plus forte.

D'autre part, lors de l'extinction d'une lampe ou de son rallumage, une seule manœuvre est opérée.

Tenant compte de ces divers points, nous estimons qu'il est possible de relever les limites réglementaires respectivement à deux ampères et 4,5 volts sans nuire à la sécurité.

A la suite de cette étude, un Arrêté ministériel du 5 avril 1934, a relevé dans les limites proposées l'ampérage et le voltage admissible dans les lampes électriques portatives sans chambre d'étincelle spéciale.

### 3. — APPAREILS ELECTRIQUES ANTIDÉFLAGRANTS

Les appareils étudiés en 1933 ne présentent pas de particularités spéciales méritant d'être relevées. Mettant à part des haveuses d'un type ancien modifiées pour satisfaire aux règles actuelles (1), les appareils agréés sont indiqués dans le tableau suivant, disposé pour la facilité du lecteur, sous la même forme que la liste récapitulative insérée dans notre rapport sur les travaux de 1932, à laquelle ce tableau fait suite. Certains appareils agréés au début de 1933 et qui avaient pu, de ce chef, être portés sur la dite liste, ne sont pas repris au tableau.

(1) Voir note de MM. Breyre et Fripiat, le matériel de mines anti-grisouteux, *Annales des Mines*, 1930.

## II. — MOTEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
20-5-1933	Société d'Electricité et de Mécanique, 54, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/5585	1 moteur asynchrone triphasé (enveloppe hermétique), rotor à bagues avec dispos. de mise en court-circuit; type N.W.G.-7.47, 1.100 volts, 21 kw. 1.375 tours. Suiv. plans nos 28.66.367, 28.66.558, 28.68.545 et schéma n° 28.72.366.

### III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
20-5-1933	Société d'Electricité et de Mécanique, 54, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/5585	1 rhéostat de démarrage type T.R.G.-3. Suiv. plan n° 41.29.800 et schéma n° A 18.296.
3-7-1933	« La Lampe Philips », Soc. Anon. Belge, 37-39, rue d'Anderlecht, Bruxelles.	13E/5587	1 indicateur de tension et de polarité n° 4016. Suiv. plan sans numéro et non daté.
7-8-1933	Société Anonyme Siemens, Dépt. : Siemens-Schukert, 116, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/5621	1 boîte de dispersion type H. Sch. 307. Suiv. plan n° D 406 et schéma n° D 407, et plan boîte à câble n° 3 CH 11697a.
26-10-1933	« L'Appareillage Electrique Industriel », C. H. Cheveau et Cie, 96, av. Victor Hugo, Dijon.	13E/5645	1 coffret de manœuv. type ET/DHS-AD. Suiv. plans n°s 11813, 11814, 11816 et schéma n° 19540. 1 coffret de manœuvrè type DHS-AD. Suiv. plans n°s 20.151, 12338, 12339, 12340.
19-12-1933	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5650	Type modifié d'entrée pour câble souple ou armé. Suiv. plans n°s 26.091 S-I et 26.092 S-I.

30

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

### IV. — LOCOMOTIVES ELECTRIQUES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
21 6 1933	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5607	1 moteur de traction type M.L.A. 21; 72 volts, 225 ampères, 15,5 kw. S. plans n°s 295.435, 295.436 et 296.169.
21 6-1933	Idem.	13E/5606	1 controller. Suiv. plans n°s 268.139, 268.312, 267.957 et 268.070.
21-6-1933	Idem.	13E/5604	1 phare pour locomotives à accus. Suiv. plans n°s 268.007 et 268.499.
13 7-1933	Firme Arn. Jung, Locomotivfabrik G.m.b.H. Jungenthal (Sieg).	13E/5613	1°) 1 moteur de traction type J.X. 45,5, avec tuyau de réfrigération (moteur analogue à celui agréé le 1 <sup>er</sup> sept. 1932, C.M. 13E/5533). Suiv. plan n° B 2871. 2°) 1 bac d'accumulateurs, t. H.40.T.J. Suiv. plan n° B 2874. 3°) 1 interrupteur avec prise de courant par fiche, type Troll. B.S. 100. Suiv. plan n° B 2743.

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

31

V. — APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE A POSTE FIXE

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
13-10-1933	Société Anonyme Siemens, Dépt. : Siemens-Schukert, 116, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13C/5181	Avenant à la D. M. n° 13C/5127 du du 8 nov. 1930 (modification dans l'assemblage du globe avec l'armature : joint à la litharge).

32

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

VI. — MATÉRIEL D'ÉCLAIRAGE SUJET A DÉPLACEMENTS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
13-7-1933	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi. Idem.	13E/5612	1 installation d'éclairage de taille comprenant : a) 1 armature antidéflagrante. Suiv. plan n° 24.571 S-I. b) 1 transformateur. Suiv. plan n° 22 T 3121. c) 1 boîte de dérivation. Suiv. plan n° 24.573 S-I. d) 1 fiche de connexion. Suiv. plan n° 24.572 S-I. e) 1 boîtier avec interrupteur tripolaire. Suiv. plan n° 24.535 S-I.
8-11-1933	Idem.	13E/5645	1 armature de lampe (modèle semblable au type agréé le 13 juillet 1933 suiv. C.M. n° 13E/5612) (Voir ci-dessus). Suiv. plan n° 25.366 S-I.
16-10-1933	Idem.	13E/5642	1 fiche bipolaire. Suiv. plan n° 25.528 S-I.

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

33

VII. — TÉLÉPHONES ET SIGNALISATION

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
3-7-1933	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5602	Modifications apportées à 7 appareils, savoir : 1) Boîte de distribution rectangulaire. Suiv. plan n° 24.879 S-I. 2) Boîte de distribution circulaire. Suiv. plan n° 24.001 S-I. 3) Boîte de distribution circulaire. Suiv. plan n° 24.209 S-I. 4) Boîtier lumineux combiné de signalisation. Suiv. plan n° 24.111 S-I. 5) Boîtier combiné de signalisation. Suiv. plan n° 24.112 S-I. 6) Sonnerie à 1 coup. Suiv. plan n° 24.173 S-I. 7) Sonnerie magnétique. Suiv. plan n° 24.284 S-I.
3-7-1933	Idem.	13E/5598	1°) 1 boîtier lumineux à 2 rangées de 4 cases rectangulaires et 1 commutateur rotatif. Suiv. plan n° 25.199 S-I. 2°) 1 boîtier lumineux à 3 cases rondes et 1 commutateur rotatif. Suiv. plan n° 25.200 S-I.

34

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

VIII. — LAMPES ÉLECTRIQUES PORTATIVES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
16-10-1933	Ateliers Mécaniques, S. A. à Mariemont-Hayettes.	13C/5182	1 lampe type K.B., 2,6 volts, 0,7 amp., 11 ampères-heures, poids 2,780 kgs. Suiv. plan sans numéro.
19-12-1933	Société Belge d'Applications Electriques, Rue de la Limite, La Bouverie.	13C/5187	Modification de la tête de lampe, type Lemaire 35 Nife, agréée le 7 déc. 1931 suiv. C.M. 13C/5145. Suiv. plan n° M 6.
19-12-1933	Idem.	13C/5186	Modification de la tête de la lampe agréée le 24 déc. 1931 suiv. C.M. 13C/5144 (voir le plan n° P 39).

X. — CABLES

4-8-1933	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13F/5196	1 type de câble C.H.a.B. pour travaux souterrains.
----------	----------------------------------------------------------	----------	----------------------------------------------------

(1) Une lampe de la Société Auxiliaire des Mines type F.A.M. a été étudiée longuement. Son agrégation est prononcée par la décision ministérielle du 16 avril 1934, n° 13C/5190. — 2 éléments cadmium nickel, 2,6 volts; 1,5 ampère.

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

35

LOCOMOTIVES DIESEL

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
24-6-1933	Léopold Dehez, 97, avenue Defré, Uccle.	13E/5609	1 locom. Diesel-Junkers type 2 H.K. 65, 20 HP., 1.100/1.200 tours/minute, 4,5 à 5,5 tonnes. Pistons : alésage commun, 65 mm.; course : piston supér., 97 mm.; piston infér., 130 mm. Moteur à 2 cyl. et à 2 temps.  S. plans n <sup>os</sup> L-1, L-401, 41.213, 41.345, HK 122c 10, 16.611 et 16.612.
27-6-1933	Idem.	13E/5610	Autorisation de la suppression du dispositif d'injection d'eau dans la conduite d'échappement.
6-9-1933	S. Marchak, 15, rue du Lombard, Bruxelles.	13E/5632	1 locom. Diesel-Deutz type M.L.H. 332; moteur à 1 cylindre horizontal; alésage, 190 mm.; course, 320 mm.; nombre de tours, 480; puissance, 24/26 HP., 6,9 tonnes.  Suiv. plans n <sup>os</sup> 462.620 et 451.843.

20-9-1933	Ateliers de Constructions Mécaniques F. Berry, 92, rue Bonte-Pollet, Lille.	13E/5631	1 moteur type 2 P.J. 65 pour locom. type 372 de la Cie Lilloise des Moteurs (semblable au moteur agréé sur locom. suiv. C.M. du 24 janv. 1933). Modifications apportées dans le circuit de balayage, aux empilages d'aspiration et aux fonds des pistons inférieurs.
20-10-1933	S. Marchak, 15, rue du Lombard, Bruxelles.	13E/5643	1 locom. Diesel-Deutz type M.L.H. 514, 9 HP., 3 tonnes; moteur horizontal 1 cylindre, 4 temps; alésage, 100 mm.; course, 140 mm., nomb. de tour, 1.200. Suiv. plans n <sup>os</sup> 452.179 et 451.832.
17-11-1933	Ateliers de Constructions Mécaniques F. Berry, 92, rue Bonte-Pollet, Lille.	13E/5646	1 locomotive type 371 (moteur du type I.P.J. 65 de la Cie Lilloise des Moteurs); moteur à 2 temps à pistons opposés; alésage, 65 mm.; courses : 90 et 120 mm.; nomb. de tours, 1,200 par. m.; poids, 2.600 kgs; puissance, 10 HP. Suiv. plans n <sup>os</sup> 13934, 14672, 14674 et 14544.
21-12-1933	Société d'Electricité et de Mécanique, 54, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/5654	1 locom. syst. Ganz, moteur vertical à 2 cylindres type II J.M.R.; alésage, 130 mm.; course, 160 mm., 1.000 tours, 24 HP.  Suiv. plans n <sup>os</sup> 610-241.276, 763.4764, 616257.140 et 616-157.145.

#### 4. — LOCOMOTIVES DIESEL

Nous avons examiné et essayé en mélange grisouteux, en 1933, les nouveaux appareils repris au tableau précédent, qui ont fait l'objet de décisions d'agrément.

A la réunion internationale des stations d'essai, à Montluçon, en septembre 1933, nous avons présenté une communication sur l'état de la question des locomotives Diesel en Belgique.

A cette occasion, nous avons fait une enquête sommaire sur les locomotives en service. Nous en résumons ci-dessous les résultats.

Les appareils de sécurité ne donnent pas lieu à des difficultés spéciales d'entretien; les empilages d'entrée ne sont en général nettoyés que toutes les semaines; les empilages d'échappement, où les dépôts de suie sont assez abondants, sont nettoyés ou après chaque poste ou après deux postes, soit à la benzine soit à la soude, soit — à la surface — avec un jet de vapeur.

Le décrassage automatique des empilages, imaginé par un constructeur, semble ne pas avoir donné satisfaction.

Après un certain temps, il faut démonter les empilages d'échappement et nettoyer chaque lame par grattage.

L'alimentation en eau de refroidissement se fait généralement après chaque parcours, au retour près du puits.

La pulvérisation d'eau, dans les gaz d'échappement ou le ruissellement sur les galets du pot d'échappement est très utile. Elle n'a pas donné lieu à incidents spéciaux.

Il y a environ 25 locomotives Diesel en usage actuellement dans les mines belges.

Voici les résultats de quelques essais faits par nos soins sur certaines locomotives en service :

I. — *Mine sans grisou* : une locomotive 2 temps, 5 tonnes, de 16 HP, en service depuis 6 mois. Teneur en CO trouvée dans les gaz d'échappement : 1 %, mesures faites sur la locomotive en marche soit à vide vers les fronts, soit en charge vers les puits. — Sur la locomotive arrêtée, le moteur tournant à grande vitesse : 2 ‰. — Courant ventilateur : 5 m<sup>3</sup>/sec. Aucune trace de CO appréciable par le détecteur Montluçon dans la galerie de transport.

II. — *Mine de 1<sup>re</sup> catégorie* : utilisant encore une ancienne locomotive à benzine, 10 HP, concurremment avec des Diesel 12 HP mises en usage depuis trois ans.

Teneur en CO à l'empilage d'échappement :

Locomotive à benzine : 1 %.

Locomotive Diesel : moins de 1 ‰, limite de sensibilité du détecteur.

Courant ventilateur : 4,33 m<sup>3</sup> par seconde, aucune trace appréciable de CO au détecteur Montluçon.

III. — *Mine de 3<sup>e</sup> catégorie* : 2 locomotives Diesel 2 cylindres, 4 temps, de 25 HP, en fonctionnement depuis neuf mois. — Teneur en CO trouvée à l'empilage d'échappement 5 ‰. — Ventilation de la galerie : 11,5 m<sup>3</sup> par seconde. — Aucune trace de CO dans la galerie.

On peut dire que l'introduction des locomotives Diesel, qui date de 1929, n'a pas donné plus de tâtonnements, au point de vue de leur mise au point, que ne nécessite l'introduction de tout nouveau matériel.

## 5. — RECHERCHES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE DU METHANE.

### Expériences sur animaux vivants.

On admet généralement que le grisou est asphyxiant, par défaut d'oxygène; cependant le Docteur Hautain, qui a pendant toute sa carrière été attaché aux Charbonnages de Fontaine-l'Evêque, et qui a, de ce chef, examiné de nombreux cas d'asphyxie par le grisou, avait émis l'hypothèse que le grisou pourrait être toxique ou anesthésiant, agissant par paralysie sur certains centres nerveux.

Chargé d'un rapport sur la question, au Congrès des maladies et accidents du travail, qui doit se tenir à Bruxelles en 1935, M. le Docteur Hautain a sollicité l'aide de l'Institut National des Mines pour l'exécution des expériences nécessaires à fixer ce point controversé.

Ces expériences ont un rapport direct avec la sécurité minière, car la connaissance exacte de l'action du grisou sur les organismes vivants peut entraîner une modification des règles du sauvetage actuellement en vigueur. Aussi nous avons apporté au Docteur Hautain toute notre collaboration, lui fournissant les appareils, le grisou et le personnel nécessaires.

Les diverses séances eurent lieu dans les locaux de l'Institut, les principales en présence de MM. les Docteurs Hautain, Gengoux, Inspecteur-médecin du Travail, Hiernaux, spécialiste en matière d'analyse du sang et de M. le Médecin-vétérinaire Arpigny.

Nous ne détaillerons pas ces expériences, laissant à M. le Docteur Hautain le soin de faire rapport détaillé sur ces recherches qu'il garde l'honneur d'avoir provoquées. Nous nous bornerons à en dire quelques mots.

Les animaux expérimentés furent des cobayes, des souris, de petits oiseaux, un chien de 5,5 kg., un chien de 13 kg.

Les expériences furent faites avec notre grisou naturel dont la concentration ne dépassait pas, à ce moment, 36 % de  $\text{CH}_4$ , puis au moyen de gaz de cokerie soigneusement purifié de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, titrant de 70 à 72 % de  $\text{CH}_4$ , enfin à l'aide de grisou provenant de la Sarre (1), contenant 92 % de  $\text{CH}_4$ . Par comparaison, on fit usage également d'azote et d'hydrogène, gaz inertes.

La conclusion générale est que, malgré les faits qui, à première vue, appuyaient les vues de M. le Docteur Hautain, il faut considérer le méthane comme un gaz inerte et non toxique. Les expériences ont montré, d'autre part, qu'une teneur faible en oxygène suffit à entretenir la vie chez les animaux: ainsi le chien de 5,5 kg. est resté huit heures sans être aucunement incommodé, dans une cage vitrée, alimentée par notre gazomètre de Pâturages qui débitait un gaz renfermant 8 % d'oxygène, 36,6 % de  $\text{CH}_4$ , 54,76 % de  $\text{N}_2$  et 0,64 % de  $\text{CO}_2$ .

On est étonné de semblable résultat, lorsque l'on sait avec quelle rapidité les hommes tombent dans le grisou dans des endroits en cul de sac, notamment. Mais on a alors affaire à des accumulations de  $\text{CH}_4$  très concentré, le gaz ne se diffusant pas facilement dans l'air ambiant.

Malgré le résultat négatif de ces essais, leur conclusion est importante et il fallait élucider ce point resté douteux.

(1) Nous devons ici des remerciements spéciaux à M. l'Ingénieur en Chef des Mines Blum-Picard, Directeur du Contrôle des Mines à Sarrebruck, et à M. Gaitte Grave, Directeur général de la Société Nobel franco-sarriaise, qui nous ont si aimablement facilité notre approvisionnement.

## 6. — LE DEGAGEMENT DU GRISOU DANS NOS COUCHES

### Mesure des émissions gazeuses.

Cette étude est seulement amorcée et nous la signalons brièvement.

Depuis les études de ces quatre dernières années, effectuées par M. Coppens à l'Institut, il semble que nous ayons épuisé la question de la composition de nos grisous. Mais au sujet des quantités dégagées, du rythme du dégagement, nous n'avons que de très rares données, résultant de mesures accidentelles, approximatives et non coordonnées.

Il nous a paru utile de compléter nos connaissances sur ces points.

D'accord avec les services d'arrondissement de l'Administration des Mines, nous avons fait déjà deux séries d'essai, dans le pays de Liège et le bassin de Charleroi, en choisissant chaque fois une couche bien identifiée, recoupée par divers charbonnages le long d'une coupe nord-sud du bassin.

Les essais consistaient à prélever chaque heure, pendant vingt-quatre heures consécutives, un échantillon du retour d'air du chantier choisi en même temps que l'on procédait au même endroit au jaugeage du courant ventilateur. Quelques mesures s'effectuaient en plus dans le retour général, à la galerie du ventilateur.

Les analyses de l'air étaient faites à l'Institut, quelques-unes ont été opérées dans les charbonnages dans un but éducatif.

Ces essais sont hautement intéressants, mais ils mobilisent un nombreux personnel. Ils doivent être continués;

pour les simplifier, nous avons réalisé un appareil auto-captateur de grisou (1) qui permettra de faire douze prélèvements horaires, en même temps qu'un anémomètre totaliseur prendra le volume total d'air qui aura passé pendant les douze heures.

Nous pensons que cette façon d'opérer nous permettra de réaliser un plus grand nombre d'expériences, indispensables pour pouvoir tirer des conclusions suffisamment appuyées.

Donnons, à titre d'indication, les quantités de grisou dégagées par tonne extraite :

1° Bassin de Charleroi, couche Dix Paumes, dénommée aussi Première Veine, Grande Veine, Huit Paumes, Malfaite.

Charbonnages.	Catégorie.	M <sup>3</sup> de grisou par tonne extraite.
1. Grand Conty . . . . .	sans grisou	néant.
2. Centre Jumet . . . . .	1 <sup>re</sup> catég.	5,93
3. Amercœur (Nord faille du Centre) . . . . .	idem	2,77
4. Amercœur (Sud faille du Centre) . . . . .	idem	41,15
5. Réunis n° 2, S. F. . . . .	2 <sup>e</sup> catég.	46,52
6. Réunis n° 1 . . . . .	idem	55,51
7. Sacré-Madame Blanchisserie . . . . .	idem	75,92
8. Marcinelle-Nord n° 11 . . . . .	3 <sup>e</sup> catég.	93,28
9. Bois-de-Cazier St-Charles . . . . .	idem	1,46

On remarquera la quantité insignifiante de grisou trouvée au Bois du Cazier, mine de 3<sup>e</sup> catégorie. L'irrégularité du dégagement dans ces mines est plus caractéristique que l'importance, on l'a déjà signalé.

(1) Inspiré de celui utilisé par Morin aux Houillères de Liévin.

2° Dans le bassin de Liège, les quantités de grisou dégagées semblent bien moindres :

Couche Chaineux dénommée aussi Stenaye ou l'Estenaye :

Charbonnages.	Catégorie.	M <sup>3</sup> de grisou par tonne extraite.
1. Bonnier . . . . .	1 <sup>re</sup> catég.	3,17
2. Kessales (Nord de la faille Marie) . . . . .	2 <sup>e</sup> catég.	8,58
3. Kessales (Sud de la faille Marie) . . . . .	idem	14,26
4. Marihaye (Nord de la faille Seraing). . . . .	idem	8,40
5. Marihaye (Sud de la faille Seraing). . . . .	idem	6,10

Dans tous ces essais, le dégagement apparaît peu influencé par l'abatage.

#### 7. — LES ETINCELLES DES JETS D'AIR COMPRIME.

Nous avons indiqué dans le rapport sur les travaux de 1931 (Ann. Mines Belg. 1932, 1<sup>re</sup> livr. p. 71) qu'un constructeur belge (1) avait construit un tuyau flexible en caoutchouc, dénommé « exwatt », réalisant une mise automatique à la terre par l'existence d'un treillis métallique en fils de 2 millimètres, appliqué sur la paroi interne du tube.

Ce revêtement a été amélioré à la suite d'inconvénients mis en évidence par la pratique : ce mince treillis, découpé dans une toile de manière à former des sections d'un mètre environ, était calandré sur une mince couche de gomme à laquelle il adhérait et se plaçait sur la tringle de fabrication en formant un recouvrement aux jonctions successives. Il est arrivé parfois, dans les manipu-

(1) La firme Jenatzy-Leleux, usine à Sclessin-lez-Liège.

lations des tuyaux, que le treillis se détachait de la pellicule de gomme à laquelle il adhérait; il arrivait à former une obstruction dans le tube.

Ce défaut apparaissait plus facilement au joint de deux sections. D'autre part, il pouvait arriver qu'à ces joints, le contact entre les éléments du treillis soit moins franc par suite de l'interposition d'une mince épaisseur de caoutchouc, d'où augmentation de la résistance du circuit insuffisante pour la réapparition d'étincelle en cas de décharge brusque — nous l'avons vérifié — mais anormale quand même, et pouvant être le point de départ d'une solution de continuité complète dans le circuit de mise de terre.

Ces défauts étaient dus au fait que le revêtement était réalisé par sections insuffisamment solidaires, et que, d'autre part, ce revêtement n'était pas, de par sa construction, associé aux sollicitations du tube lui-même dans les manœuvres.

La seule façon de porter remède est de faire du revêtement métallique une partie intégrante du tube, en le tissant directement sur la tringle de fabrication. Actuellement, la gaine métallique est tissée directement sur les tubes à gaz formant le point de départ de la fabrication et sur toute la longueur des coupes fabriquées. Il ne peut donc plus y avoir de solution de continuité et la gaine formant un tout beaucoup plus solide, fermé sur lui-même, n'a plus de tendance à se détacher de la paroi.

Le tissage exige de plus un fil plus solide pour résister aux efforts qui se produisent pendant l'opération. Le tissu est constitué maintenant de fils de laiton de quatre dixièmes de millimètre de diamètre, formant des mailles de 4 millimètres de côté. Le tissage se fait sur 16 fils.

Les tuyaux « exwatt » réalisés de cette façon sont nettement supérieurs à l'ancienne fabrication. Le revêtement homogène a sa résistance propre et est associé sans altération aux divers efforts de flexion, de traction, etc., que subit le tuyau à l'intérieur duquel il est tissé.

Une preuve suggestive en est donnée lorsque l'on mesure à l'ohmmètre la résistance électrique du revêtement. Elle reste constante quelle que soit la forme donnée à la coupe expérimentée : coupe placée en long, enroulée suivant différents diamètres, etc. Au contraire, avec l'ancien type, la résistance variait à chaque position, par suite du changement de position relative des fils lors des mouvements imprimés à la tuyauterie.

La Société Jenatzy a proposé aussi un troisième type de fabrication où la tresse métallique, à 16 fils de 4/10, identique à celle précédemment décrite, est noyée dans la gomme, à 3 mm. de la paroi intérieure. Lorsque l'on coupe le tuyau, on laisse dépasser les fils de la gaine métallique, on les replie soigneusement à l'intérieur du tuyau, de façon à ce qu'ils assurent le contact avec les embouchures métalliques formant les joints aux extrémités. Cette construction est certainement encore meilleure au point de vue de la conservation parfaite, à l'abri de toute détérioration, de la tresse métallique. Mais on ne peut compter que les joints seront soigneusement exécutés en cas de réparation accidentelle dans le fond. Pourra-t-on obtenir du personnel ouvrier qu'il replie soigneusement les fils à l'intérieur du tuyau avant de fixer les extrémités? Il est permis d'en douter.

## 8. — RECHERCHES PATRONNEES PAR LE FONDS NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (1)

### Composition exacte des grisous. — Pouvoir absorbant. Développement prévu.

L'annexe II du présent rapport donne, sous la signature de M. Louis Coppens, Docteur en Sciences chimiques, plus spécialement préposé à ces recherches, le développement qu'elles ont pris au cours de l'exercice 1933.

Rappelons que les buts de ces études étaient, au début : 1° l'analyse exacte de nos grisous; 2° le pouvoir adsorbant de nos houilles pour le grisou.

La question de la composition des grisous peut être considérée comme terminée depuis un certain temps déjà et nos rapports sur les exercices 1930 à 1932 ont donné une abondante documentation à ce sujet. Nos grisous, considérés sous l'angle de la prévention des accidents, peuvent être assimilés à du méthane pur; l'hypothèse de grisous renfermant une quantité sensible d'hydrogène a été entièrement controuvée par les nombreuses analyses effectuées sur des grisous de toutes provenances.

Nous avons encore fait, en 1933, quelques analyses de grisous, lorsque le prélèvement paraissait intéressant. D'autre part, répondant à la demande de collègues français, nous avons fait l'analyse d'échantillons prélevés dans diverses mines de France. Les analyses, faites jusqu'à ce jour, de gaz prélevés dans des mines de houille, décèlent des compositions entièrement analogues à celles des grisous belges, exception faite, bien entendu, des gaz provenant des mines du Gard où le CO<sup>2</sup> joue un rôle important ou même prépondérant. Les gaz des mines de

(1) C'est pour nous un agréable devoir d'exprimer ici toute notre gratitude au Fonds National pour sa généreuse intervention.

DÉSIGNATION

MINES DU NORD.

Fr. 1	Veine n° 1. — Crespin (Nord), puis n° 2 .
Fr. 2	Veine J, correspondant à la veine Maurice du puits Crespin (Nord). — Puits n° 2 . . . . .
Fr. 5	Couche « Voisine ». — Anzin . . . . .
Fr. 6	Soufflard situé en bowette-sud à 615 m. — Fosse Hirin d'Anzin . . . . .
Fr. 9	Veine « Taffin ». — Fosse Renard Anzin . . . . .
Fr. 25	Veine « Voisin n° 2 ». — Mines de Douchy, à Lourches . . . . .

MINES DU PAS-DE-CALAIS.

Fr. 8	Couche Dusouich. — Bia 22. — Fosse n° 7 Liévin . . . . .
Fr. 10	Couche Arago. — Fosse n° 1. — Liévin . . . . .
Fr. 11	Veine n° 17. — Fosse n° 1 Drocourt . . . . .
Fr. 12	Couche Louise. — Fosse 7 ter. — Marles . . . . .
Fr. 13	Veine 15. — Fosse n° 13. — Lens . . . . .
Fr. 14	Veine n° 15. — Fosse n° 15. — La Clarence . . . . .

MINES DE LA MOSELLE.

Fr. 15	Veine T. — Siège Ste-Fontaine, Sarre et Moselle (gaz prélevé immédiatement après le forage)
Fr. 16	Veine T. — Siège Ste-Fontaine, Sarre et Moselle (gaz prélevé 25 heures après le forage)
Fr. 17	Veine 2. — Siège Merlebach, Sarre et Moselle (gaz prélevé immédiatement après le forage)
Fr. 18	Veine 2. — Siège Merlebach, Sarre et Moselle (gaz prélevé 48 heures après le forage)
* Fr. 19	Veine Désirée. — Fosse St-Joseph. — Petite Rosselle . . . . .
Fr. 20	Veine X. — Fosse St-Charles. — Petite Rosselle . . . . .

BASSIN DU GARD.

Fr. 22	Grand'Combe. — Couche Grand'Baume . . . . .
Fr. 24	Couche n° I. — Puits Pisani. — Mines de Tréllys . . . . .

BASSIN DE ST-ETIENNE.

Fr. 23	13 <sup>e</sup> Couche Neuve. — Puits Chana I. — Mines de la Loire . . . . .
--------	------------------------------------------------------------------------------

COMPOSITION CENTÉSIMALE

Gaz tel quel							Déduction faite de l'air						
CH <sub>4</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	N <sub>2</sub> + Kr Ar+	CO <sub>2</sub> (+ H <sub>2</sub> S)	H <sub>2</sub>	He+ Ne	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	N <sub>2</sub> + r Ar+	CO <sub>2</sub> (+ H <sub>2</sub> S)	H <sub>2</sub>	He+ Ne	CO
99,3	0,027	0,25	0,314	n.d.	0,0027	0,02	99,49	0,027	0,17	0,314	n.d.	0,0027	néant
99,16	0,005	0,51	0,212	néant	0,0544	0,06	99,45	0,005	0,28	0,213	néant	0,0546	néant
97,99	0,009	1,58	0,302	néant	0,119	néant	97,99	0,009	1,58	0,302	néant	0,119	néant
97,06	0,041	2,60	0,150	néant	0,147	néant	97,06	0,041	2,60	0,150	néant	0,147	néant
97,02	0,023	2,31	0,368	néant	0,1347	0,14	97,68	0,023	1,79	0,371	néant	0,1356	néant
96,04	0,105	2,88	0,742	néant	0,169	0,07	96,36	0,105	2,62	0,745	néant	0,170	0,01
96,44	0,006	2,81	0,579	< 0,003	0,0976	0,06	96,73	0,006	2,59	0,581	< 0,003	0,0979	< 0,01
97,06	0,008	2,53	0,249	n.d.	0,002	0,15	97,77	0,008	1,97	0,251	n.d.	0,002	néant
95,32	0,006	3,79	0,592	néant	0,154	0,13	95,90	0,006	3,32	0,596	néant	0,155	néant
96,11	0,035	3,37	0,320	néant	0,052	0,12	96,65	0,035	2,94	0,322	néant	0,052	néant
93,75	0,016	5,42	0,239	n.d.	0,008	0,56	96,31	0,017	3,39	0,246	n.d.	0,008	néant
98,88	0,070	0,48	0,550	n.d.	0,006	0,01	98,93	0,070	0,44	0,550	n.d.	0,006	néant
95,83	0,391	3,09	0,649	n.d.	0,003	0,05	96,05	0,392	2,91	0,651	n.d.	0,003	néant
86,54	0,331	10,62	1,117	n.d.	0,003	1,39	92,71	0,355	5,74	1,197	n.d.	0,003	néant
92,53	0,536	5,15	1,702	n.d.	0,006	0,09	92,92	0,538	4,83	1,710	n.d.	0,006	néant
91,92	0,492	5,72	1,606	n.d.	0,003	0,26	93,08	0,498	4,80	1,126	n.d.	0,003	néant
88,97	0,083	9,17	néant	n.d.	0,003	0,177	97,21	0,091	2,70	néant	n.d.	0,003	néant
91,93	0,164	4,85	3,461	néant	néant	0,19	92,17	0,166	4,17	3,493	néant	néant	néant
91,57	0,061	1,65	6,66	n.d.	0,003	0,06	91,84	0,061	1,42	6,68	n.d.	0,003	< 0,01
15,07	0,089	0,71	84,02	néant	0,086	0,02	15,09	0,089	0,63	84,11	néant	0,086	néant
97,58	0,025	1,41	0,869	0,017	néant	0,10	98,05	0,025	1,4	0,873	0,017	néant	0,03

\* Le grisou n° 19 était prélevé sur lessive alcaline; ceci explique l'absence complète de CO<sub>2</sub>.

potasse sont plus complexes, car on y trouve non seulement  $\text{UH}^4$  et  $\text{C}^2\text{H}^6$  mais encore leurs homologues supérieurs. Il en est de même des gaz prélevés à la mine de pétrole de Pechelbronn.

Nous donnons dans les tableaux qui suivent les résultats des analyses faites à ce jour.

Fr. 4. — Soufflard situé à 4 m. au mur de la Couche inférieure. — Siège Fernand. — Mines Domaniales de Potasse d'Alsace.

	Composition % gaz tel quel.	Composition % air déduit.
He+Ne+H <sup>2</sup>	< 0,006	< 0,006
H <sup>2</sup>	n.d.	n.d.
O <sup>2</sup>	0,73	—
N <sup>2</sup> +Kr+Ar	3,60	0,87
CO	néant	néant
CH <sup>4</sup>	87,52	90,69
C <sup>2</sup> H <sup>6</sup>	2,138	2,215 *
C <sup>3</sup> H <sup>8</sup>	2,245	2,326 *
C <sup>4</sup> H <sup>10</sup>	1,347	1,396 *
Non saturés	0,012 (?)	0,012 (?)
CO <sup>2</sup> (+H <sup>2</sup> S)	1,497	1,551
Vapeurs *	0,904	0,937 **
* exact à plus ou moins	0,05 %.	
**	0,10 %.	

Fr. 7. — Couche inférieure. — Mine Joseph-Else. — Mines Domaniales de Potasse d'Alsace.

	Composition % gaz tel quel.	Composition % air déduit.
He+Ne+H <sup>2</sup>	0,0084	0,0085
H <sup>2</sup>	n.d.	n.d.
N <sup>2</sup> +Kr+Ar	1,50	0,53
O <sup>2</sup>	0,26	—
CO	néant	néant
CH <sup>4</sup>	79,27	80,26
C <sup>2</sup> H <sup>6</sup>	2,199	2,227 *
C <sup>3</sup> H <sup>8</sup>	2,389	2,419 *
C <sup>4</sup> H <sup>10</sup>	1,663	1,684 **
C <sup>5</sup> H <sup>12</sup>	0,94	0,95 **
Non saturés	0,031 (?)	0,031 (?)
CO <sup>2</sup> (+H <sup>2</sup> S)	11,744	11,891 *
* exact à plus ou moins	0,05 %.	
**	0,10 %.	

Fr. 21. — Mines de Pechelbronn. — Gaz prélevé dans la galerie Berne. — Siège Miege.

	Composition % gaz tel quel.	Composition % air déduit.
H <sup>2</sup>	néant	néant
He et Ne	0,12	0,12
O <sup>2</sup>	0,03	—
N <sup>2</sup> +Kr+Ar	10,25	10,15
CO	néant	néant
CH <sup>4</sup>	68,13	68,22
CO <sup>2</sup> +H <sup>2</sup> S	1,073	1,074
Non saturés	0,158	0,158
C <sup>2</sup> H <sup>6</sup>	4,420	4,426 *
C <sup>3</sup> H <sup>8</sup>	8,270	8,282 **
C <sup>4</sup> H <sup>10</sup>	4,263	4,269 **
C <sup>5</sup> H <sup>12</sup>	0,338	0,339
Vapeurs de C <sup>5</sup> H <sup>12</sup> , C <sup>6</sup> H <sup>14</sup> , C <sup>7</sup> H <sup>16</sup> , C <sup>8</sup> H <sup>18</sup> .	2,954	2,958 ***
* exact à plus ou moins	0,05 %.	
**	0,10 %.	
***	0,20 %.	

La seconde question envisagée, le pouvoir adsorbant des houilles pour le méthane, est actuellement fort avancée. Les résultats des essais effectués sur nos houilles ont montré que le pouvoir adsorbant est avant tout fonction du degré d'évolution des houilles et non des particularités de gisement, comme on avait pu le supposer. Ce n'est donc pas le pouvoir adsorbant anormal, mais la grande vitesse de désorption qui peut rendre les zones désagrégées de certaines couches dangereuses au point de vue des dégagements instantanés. Le pouvoir adsorbant est d'autant plus grand que la teneur en matières volatiles diminue, sauf quelques variations de faible amplitude; ce fait a été établi non seulement par toute l'échelle de nos houilles — de 5 à 35 % de matières volatiles — mais même pour un lignite néerlandais à 60 % de matières volatiles.

Lorsque l'on reporte sur un graphique (abscisses : teneurs en matières volatiles; ordonnées : pouvoir adsorbant) les résultats des déterminations relatives à une soixantaine de nos couches, on s'aperçoit que la courbe du pouvoir adsorbant présente un changement de courbure caractéristique aux environs de la teneur de 20-22 % de matières volatiles. Rappelons que nous n'avons jamais eu, en Belgique, de dégagements instantanés de grisou dans des couches titrant plus de 22 % de matières volatiles. En notant ce point, nous ne voulons d'ailleurs que souligner une coïncidence curieuse.

D'autre part, le changement de courbure correspond à une allure analogue relevée par un chercheur américain Ralston (1) dans le graphique où il a reporté les résultats de quelques milliers d'analyses élémentaires effectuées sur des combustibles à tout stade d'évolution, depuis les plantes et les tourbes jusqu'au graphite, point terminal de l'évolution. Ralston note la teneur en carbone, hydrogène, oxygène, sur des coordonnées trilineaires. Au fur et à mesure que se produit l'enrichissement en carbone des combustibles fossiles, il y a élimination des autres constituants. Mais jusqu'à la composition voisine de 20 % de matières volatiles, la perte se porte surtout sur l'oxygène (dégagement de  $\text{CO}^2$ ); en ce point on observe un changement de courbure très net, en dessous duquel on enregistre surtout une perte en hydrogène (dégagement de  $\text{CH}^4$ ).

Ce changement correspondrait à la décomposition des résines jusque là peu altérées.

On arrive à conclure que le grisou ne s'est pas formé dès l'origine mais que les gaz ont été émis à divers stades de la fossilisation.

(1) Technical Paper n° 93, 1915, du Bureau of Mines, résumé par Durr dans la note technique n° 383 du Comité des Houillères de France.

Les réserves gazeuses des couches se reformeraient et se modifieraient au cours de l'évolution géologique. La vitesse de décomposition des houilles et la production gazeuse dépendraient du degré d'évolution.

Ces considérations ont débordé du cadre primitivement envisagé de la sécurité minière; elles appellent logiquement l'analyse scientifique du dégazage de nos houilles à des températures relativement basses; c'est le développement actuel des études entreprises.

Dans un four électrique spécial, étudié et réalisé à l'Institut, nous pourrions déterminer, en qualité et en quantité, les gaz qui se dégagent de nos houilles, sous le vide, à diverses températures espacées de 50° jusque 300° C. environ (1).

D'autre part, le pouvoir adsorbant a été déterminé — il fallait se limiter — pour la température de 0° et une pression voisine de la pression atmosphérique. Il est de 5 à 9 m<sup>3</sup> de  $\text{CH}^4$  par tonne de charbon. Il augmente avec la pression, c'est ce qui explique les pouvoirs d'émission réels de grisou de nos couches, bien supérieur aux pouvoirs adsorbants à la pression atmosphérique puisque, dans des essais récents faits à Charleroi, nous avons trouvé jusqu'à 93 m<sup>3</sup> de grisou par tonne extraite.

Nous nous proposons de déterminer le pouvoir adsorbant à diverses pressions; peut-être pourrions-nous en déduire des indications utiles en mettant les résultats en regard des quantités de gaz émises par certains chantiers.

(1) Signalons des études semblables, dans un but différent, réalisées par M. le Professeur P. Lebeau, de la Faculté de Pharmacie de Paris, et publiées aux *Annales de l'Office National des Combustibles liquides*, 1933-1934, sous le titre : « Sur les anthracites, péranthracites et anthracites vrais ».

### 9. — GAZ CONTENUS DANS LES CHARBONS PROJETES PAR DES DEGAGEMENTS INSTANTANES

A notre demande, M. Coppens a déterminé la composition exacte des gaz contenus dans des charbons projetés par des dégagements instantanés; ces charbons nous étaient envoyés en boîtes généralement soudées immédiatement après le dégagement.

Le mode opératoire était le suivant : une quantité pesée de charbon était introduite dans un flacon relié, par un cordon rodé, à une pompe à mercure permettant de faire l'extraction pratiquement totale des gaz.

Une ampoule à silice colloïdale refroidie à  $-190^{\circ}$  servait de pompe auxiliaire et accélérail l'extraction.

Les gaz extraits étaient ensuite analysés après séparation par distillation fractionnée à basse température. Le volume et la composition des gaz extraits réellement du charbon étaient obtenus en déduisant l'air introduit dans l'appareil lors du remplissage du flacon.

Voici les résultats donnés par cinq des échantillons traités de la sorte et qui enveloppent les compositions extrêmes trouvées pour tous les charbons examinés.

N <sup>o</sup>	PROVENANCE.	Analyse immédiate sur charbon tel quel.	Pouvoir adsorbant sur charbon sec.	Poids et nature du charbon examiné.	Volume des gaz en cm <sup>3</sup> par 100 gr. de charbon.	Composition des gaz en %.					
						CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S	CnH <sub>2n</sub> + 2	CnHn
1	Dégag. du 15-6-1932 au Nord du Rieu-du-Cœur, veine.	Déterminations non faites.		32,212 morceaux de 1 à 5 mm.	237,3	78.32	14.59	0.96	5.5775	0.367	—
2	Dégag. du 12-12-1932 à Ste-Marguerite à Res-saix. Recoupe Veine 6 non identifiée.	MV. 13,37 Cendres 10,51 H <sub>2</sub> O 0,87	6,409	177,1 pouss. et menu, charb. tel quel.	451,1	4.4	8.12	12.3	2.0	0.1	—
3	Dégag. du 18-7-1933 au siège Ste - Aldegonde. Recoupe couche Saint-Jean, Ressaix.	MV. 12,85 Cendres 4,08 H <sub>2</sub> O 0,96	5,325	202,5 pouss. et menu, charb. tel quel.	191,1	59.0	29.0	6.7	4.4	0.8	—
4	Dégag. recoupe couche 2334, midi Forte-Taille, mai 1933.	MV. 10,52 Cendres 9,74 H <sub>2</sub> O 1,19	7,117	136,9 morceaux de 1 cm. environ.	86,66	1.2	69.51	19.89	6.80	2.49	0.08
5	Dégag. recoupe couche 2342, midi Forte-Taille, juin 1933.	MV. 9,19 Cendres 0,05 H <sub>2</sub> O 2,13	7,202	171,65 morceaux.	145,12	47.79	25.49	0.70	5.02	21.00	0.01

On constate de grandes différences d'un échantillon à l'autre. Il est vrai que les temps de prélèvement et d'expédition varient et doivent amener, malgré les précautions prises, des variations importantes.

Le grisou n'est pas toujours l'élément dominant; l'azote joue parfois ce rôle; le rapport de l'oxygène à l'azote est très faible pour les échantillons 1 et 5; au contraire, il dépasse le taux de 0,264, taux habituel de l'air, pour le n° 4.

M. Coppens esquisse l'explication suivante: au gisement, l'oxygène est absent, l'azote adsorbé est peu important. Lors de la projection et après, le grisou adsorbé se dégage et est remplacé progressivement par de l'air.

Or, comme l'oxygène est plus facilement adsorbé que l'azote, on devrait s'attendre à trouver, dans les gaz extraits, plus d'oxygène que dans l'air, donc un rapport  $O^2/N^2$  plus grand que 0,264.

Mais l'oxygène adsorbé est ensuite, du moins partiellement, fixé chimiquement par le charbon: d'où diminution du rapport de l'oxygène à l'azote.

On conçoit que si, après un degré d'altération déjà sensible, l'oxydation du charbon se ralentit, la valeur du rapport  $O^2/N^2$  puisse alors dépasser 0,264, ainsi que le veut l'aptitude plus grande de l'oxygène à l'adsorption.

L'hydrogène et le CO sont absents de tous les échantillons.

Un point curieux est la teneur élevée du n° 5 (21 %) en hydrocarbures saturés supérieurs; M. Coppens pense que ces gaz forment la queue du dégagement des gaz adsorbés.

Les traces de non saturés signalées dans les n° 4 et 5 ne peuvent être considérées comme certaines.

La haute teneur en azote du n° 2 est déconcertante; cet échantillon a donné une très forte quantité de gaz, ce qui eût fait supposer un pouvoir adsorbant élevé. Or, celui-ci (n° 4 dans la liste des pouvoirs adsorbants) est seulement de 6,409 sur le charbon sec.

Comme on le voit, il y a peu à tirer de cette recherche sur les gaz dégagés par les charbons projetés dans des dégagements instantanés. Les gaz originels ont pratiquement disparu (ex. les n° 2 et 4) ou sont modifiés dans une proportion qui dépend avant tout du temps écoulé depuis le dégagement.

M. Coppens avait essayé d'extraire les gaz d'une partie broyée des échantillons n° 4 et 5. Il a dû y renoncer, car il ne retrouvait pas dans les gaz extraits la quantité d'oxygène introduite dans l'ampoule: l'oxydation se faisait donc pendant l'extraction.

#### 10. — COLLABORATION AVEC LES STATIONS ETRANGERES

Nos rapports avec les organismes étrangers ont continué sur les bases existantes: échange de rapports trimestriels avec le Bureau of Mines (Etats-Unis), le Safety in Mines Research Board (Grande-Bretagne), la Station de Montluçon (France).

D'autres stations échangent leurs publications.

Une seconde conférence des stations d'essai a eu lieu à Montluçon, en septembre 1933. Elle a permis de fructueux échanges de vue avec nos collègues français, allemands, britanniques et polonais.

### 11. — PROPAGANDE DE LA SECURITE

Dix-huit journées ont été consacrées encore, cette année, à des visites éducatives.

Le manuel « Un mot aux boutefeux » a été publié en seconde édition.

Parmi les visiteurs étrangers, signalons M. l'Inspecteur Général des Mines Gaillot, Directeur des Mines et divers ingénieurs du Corps des Mines de France, M. Van Nes, professeur d'exploitation des Mines à Delft, M. Blum Picard, Directeur du Contrôle des Mines de la Sarre, M. Baboin, Ingénieur au Corps des Mines, attaché à la Direction des Mines de la Sarre, MM. les professeurs Pruvot, Duparque et Lefevre de l'Institut de la Houille à Lille, un groupe d'élèves-ingénieurs de l'Ecole des Mines de Nancy.

## INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1933

ANNEXE I.

### Etude sur les détonateurs électriques fabriqués en Belgique

PAR

Ad. BREYRE,

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines.  
Directeur de l'Institut National des Mines.

ET

J. FRIPIAT,

Ingénieur principal des Mines.  
Attaché à l'Institut National des Mines.

Cette étude s'est imposée, dans nos travaux sur le tir simultané, notamment en vue de rechercher les conditions optima d'utilisation des détonateurs électriques, pour éviter la production des ratés.

Un détonateur électrique est composé de deux parties bien distinctes : 1) le détonateur proprement dit, tube de cuivre renfermant la charge fulminante comprimée, couverte généralement d'un opercule, petit disque annulaire en cuivre ne laissant la charge visible que par le trou central de l'opercule. Le détonateur proprement dit ne diffère en général des détonateurs ordinaires utilisés avec la mèche que parce que l'on donne à la douille de cuivre une hauteur un peu supérieure pour loger plus facilement l'amorce électrique ;

2) l'amorce électrique appelée parfois l'inflammeur, qui se chausse sur le détonateur. L'amorce est le dispositif qui, sous l'action de passage du courant électrique, produit une flamme, un dard enflammant la poudre fulminante du détonateur.

En Belgique, nous n'avons que des amorces à basse tension, à fil de platine. Elles sont donc composées de deux conducteurs isolés, réunis à leur extrémité par un mince pont en platine. Celui-ci est entouré d'une poudre inflammable : lorsque l'échauffement du fil de platine, sous l'action du courant, a porté la poudre à son point de déflagration, la flamme se produit et atteint la poudre fulminante.

L'amorce électrique est généralement condensée en une douille de carton ou de cuivre, qui s'insère dans la douille du détonateur proprement dit.

Dans certains pays, cet assemblage peut se faire chez l'usager ; dans d'autres, et c'est le cas en Belgique, cette opération est considérée à juste titre comme une opération de fabrication et doit donc s'opérer chez le fabricant, ce qui assure beaucoup mieux la bonne réalisation des deux points suivants, essentiels pour la sécurité du maniement des détonateurs électriques :

a) l'amorce est sertie sur le détonateur de manière à éviter tout glissement de l'un par rapport à l'autre : on évite ainsi, par exemple, que l'on puisse enfoncer l'amorce sur la poudre fulminante ;

b) l'amorce est constituée de telle manière que les fils ne puissent glisser dans celle-ci sous l'influence d'une traction par exemple.

Nous avons cru nécessaire de rappeler ces notions parce que, dans la littérature d'expression française, on désigne souvent sous le nom d'amorces électriques l'en-

semble des deux parties qui constituent le détonateur électrique.

Nous donnons ci-dessous les schémas des trois types (fig. 1-2-3) de détonateurs électriques réalisés par les fabriques belges. Les légendes des croquis nous dispensent de longues explications ; disons seulement que les types A et B utilisent une matière pulvérulente emma-

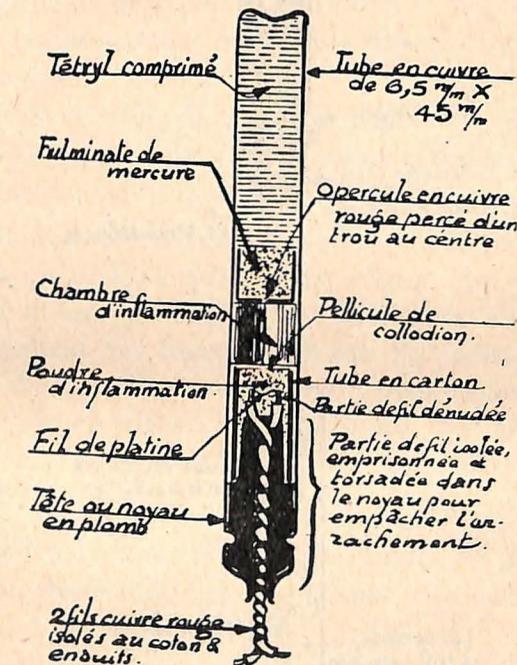


Fig. 1. — Détonateur A.

gasinée dans une douille de carton à l'intérieur de laquelle est disposé le fil de platine ou de platine irridié. Ce fil a 3 à 4 mm. de longueur, 0,035 à 0,04 millimètre de diamètre. Le type C, au contraire, utilise, dans une douille métallique, une poudre d'amorce comprimée en pastille autour d'un fil de platine beaucoup plus court

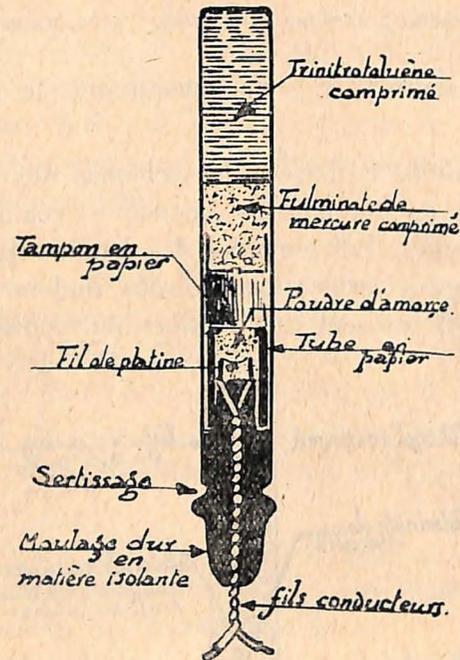


Fig. 2. — Détonateur B.

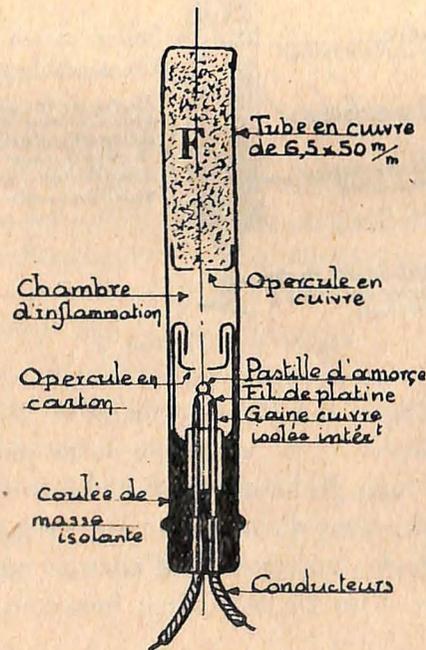


Fig. 3. — Détonateur C.

(1 mm. environ, diamètre : 0,03 mm.). La poudre d'amorce du type C est plus vive que celle des deux types précédents.

La résistance ohmique des amorces électriques utilisées dans le pays ne dépasse pas 2 ohms; en effet, les conducteurs de l'amorce sont toujours en cuivre et non en fer.

Le règlement de police des Mines (1) impose le classement des détonateurs par résistances ohmiques égales. C'était la vérification la plus aisée et, faute de mieux, une indication utile dans le tir simultané. Mais cette caractéristique est loin d'être l'unique des facteurs qui interviennent dans la mise à feu d'une amorce.

Des amorces de même résistance ohmique peuvent avoir des sensibilités différentes, c'est-à-dire exiger des quantités d'énergie différentes pour être enflammées, par conséquent des temps différents de passage du courant. La charge, la nature et l'état physique de la poudre d'amorce, la régularité des conditions de fabrication, divers détails peuvent influencer en sens divers la sensibilité des amorces.

Aussi sommes-nous obligés d'examiner de plus près le mécanisme de la mise à feu des amorces électriques.

(1) L'article 3, 3<sup>e</sup> alinéa, de l'Arrêté Royal du 24 avril 1920, modifié par Arrêté Royal du 24 avril 1922, prescrit ce qui suit : « Avant livraison, les détonateurs électriques seront essayés à l'ohmmètre et classés d'après la résistance électrique des amorces. Chaque paquet ne pourra contenir que des amorces de même résistance. Cette dernière sera indiquée sur l'enveloppe du paquet.

» L'exploitant procédera à des contrôles périodiques de la résistance indiquée par les fabricants.

» Ces contrôles auront lieu à des intervalles ne dépassant pas trois mois, ainsi qu'à toute réquisition de l'Ingénieur des Mines. »

En général, les paquets de détonateurs sont fournis après classement par dixième d'ohm.

### MECANISME DE LA MISE A FEU DES AMORCES ELECTRIQUES

Considérons un détonateur électrique raccordé à une ligne de tir dans laquelle on lance un courant d'une intensité déterminée. Ce courant développe dans le pont et par unité de temps une quantité de chaleur égale à  $\frac{R \cdot I^2}{4,18}$  par calorie (1).

R représentant la résistance en ohms et

I l'intensité du courant en ampère.

Une partie de cette chaleur élève la température du pont, le reste se dissipe par conductibilité, soit par les soudures et les conducteurs, soit dans la matière inflammable entourant le filament.

Si le courant est relativement faible, les pertes par conductibilité compensent l'apport de chaleur résultant du passage du courant et la température du filament se stabilise en un point inférieur au point d'inflammation de l'amorce.

Il s'établit donc, dans ce cas, un équilibre de température qui peut perdurer indéfiniment sans qu'il y ait départ du détonateur.

Tous les détonateurs fabriqués en Belgique peuvent supporter sans exploser un courant permanent de 0,22 amp. au moins. Pour certains, on peut pousser cette expérience jusqu'à 0,30 ampère.

Lorsqu'au contraire, l'intensité du courant est suffisamment élevée, la température du filament atteint et dépasse même le point d'inflammation de la poudre d'amorce. Celle-ci commence à brûler au contact du

(1) Certains auteurs, Taffanel notamment, adoptent le coefficient 4,17 : cela dépend du chiffre admis pour l'équivalent mécanique de la chaleur.

filament, puis la combustion se propage dans toute la masse et donne un dard de flamme qui atteint la charge détonante comprimée au fond du détonateur et provoque son explosion.

Il s'écoule donc un certain temps entre le début du passage du courant dans l'amorce et l'explosion du détonateur. Ce temps peut se décomposer en deux autres : 1° le temps ou durée d'inflammation qui s'étend depuis le début du passage du courant jusqu'au moment où la déflagration est amorcée au contact du filament; 2° le temps pendant lequel s'opèrent la déflagration progressive de la poudre d'amorce et l'extension de la flamme à travers l'espace compris entre l'amorce et la charge détonante.

Retenons que la mise à feu du détonateur sera assurée dès que la déflagration de la charge de l'amorce aura commencé (1). En d'autres termes, à partir du moment où la combustion est amorcée autour du filament, le courant passant dans le pont peut être interrompu sans qu'il y ait raté.

Evidemment, la durée d'inflammation pour une intensité déterminée est loin d'être constante, même pour des détonateurs appartenant au même lot et présentant sensiblement la même résistance ohmique. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, qu'il s'agit ici d'une fabrication industrielle et par conséquent sujette à des variations.

Examinons ce qui se passe lorsque plusieurs détonateurs sont groupés en série dans le même circuit de tir et supposons que celui-ci soit parcouru par un courant d'une intensité constante, suffisante pour enflammer toutes les amorces.

(1) On verra plus loin un oscillogramme illustrant d'une manière spéciale ce fait.

Par le fait des variations auxquelles nous venons de faire allusion, la mise à feu des différentes amorces s'échelonne dans le temps. Pour qu'il n'y ait pas de raté, il faut que le courant passe jusqu'au moment de l'inflammation de la dernière amorce. En d'autres termes, il faut que le circuit de tir reste fermé jusqu'au moment où l'amorce la plus réfractaire ait commencé à s'enflammer.

Or, comme nous le verrons plus loin, c'est la première explosion de détonateur qui interrompt le circuit par la rupture même du pont de sa propre amorce. Le première explosion ne devra donc se produire qu'après la mise à feu assurée de toutes les amorces.

Ces considérations nous ont amenés à établir notre programme de recherches comme suit :

1° mesurer le temps d'inflammation des amorces provenant d'une même fabrication ;

2° mesurer le temps d'explosion des détonateurs, indiqué par la rupture du pont.

#### MESURE DU TEMPS D'INFLAMMATION DES AMORCES

L'inflammation de l'amorce s'opère suivant un processus ayant fait l'objet d'une étude très fouillée du Dr. Drekopf de la Station de Derne et dont les résultats ont été publiés dans le « Zeitschrift für das gesamte Schiess-und Sprengstoffwesen » (année 1931, pp. 181 à 408). De cette étude se dégage la conclusion que, pour les faibles durées de passage du courant, la température atteinte par la partie médiane du pont en fil de platine est égale à la température indiquée par la loi de Joule. Cette conclusion permet de donner une représentation mathématique du phénomène en question.

Désignons par  $l$  la longueur d'un élément pris dans la partie médiane du filament, par  $s$  sa section, par  $m$  sa masse spécifique, par  $c$  sa chaleur spécifique, par  $t$  sa température après une durée de passage  $D$  du courant.

Appelons  $r$  la résistivité spécifique du pont et  $i$  l'intensité du courant.

Nous pouvons écrire :

$$\int_0^D \frac{r l}{s} i^2 dD = 4,18 l. s. m. c. t.$$

d'où

$$t = \int_0^D \frac{r i^2 dD}{4,18 s^2 m c}$$

Si nous représentons par  $T$  la température d'inflammation de la poudre d'amorce, la condition strictement nécessaire pour que sa combustion soit déclenchée par le passage du courant est que  $t = T$ .

Le phénomène exige donc la mise en jeu d'une certaine énergie  $U$  qui s'exprime en joules par la formule :

$$U = \int_0^D \frac{r l}{s} i^2 dD = 4,18 l. s. m. c. T$$

Si l'on suppose que cette énergie est la même, quelle que soit l'intensité du courant utilisé, on peut écrire :

$$U = \int_0^D \frac{r l}{s} i^2 dD = \int_0^{D'} \frac{r l}{s} i'^2 dD$$

$D'$  étant la durée nécessaire d'un courant  $i$  pour provoquer l'inflammation de l'amorce.

Si l'on ne considère que le cas de courant constant

(fourni par exemple par une batterie d'accumulateur) l'égalité précédente se simplifie comme suit :

$$U = \frac{r l}{s} i^2 D = \frac{r l}{s} i'^2 D' \text{ soit } i^2 D = i'^2 D'$$

Connaissant la durée  $D$  nécessaire d'un courant d'intensité  $i$  pour allumer une amorce, on peut donc calculer quelle devrait être, pour la même amorce, la durée correspondante  $D'$  d'un courant d'intensité  $i'$ .

Les équations précédentes ont servi de base à nos premières recherches expérimentales sur les amorces.

Nous avons pensé d'abord mesurer l'énergie électrique  $U$  nécessaire pour l'inflammation des amorces. Nous avons utilisé à cette fin les décharges d'un condensateur de 6,28 microfarads que nous chargions à des tensions variables entre 0 et 100 volts.

L'énergie accumulée pendant la charge s'exprime par la formule  $U$  (en joules) =  $\frac{C V^2}{2}$ ,  $C$  étant la capacité en farads et  $V$  la tension de chargement, en volts.

Si on suppose que cette énergie est libérée entièrement pendant la décharge et qu'elle correspond au minimum nécessaire pour enflammer l'amorce, on peut déduire la durée d'inflammation  $D$  pour une intensité constante  $i$  à l'aide de la formule  $U$  ou

$$\frac{C V^2}{2} = \int_0^D \frac{r l}{s} i^2 d D$$

Mais, dès les premiers essais (1), nous avons constaté des phénomènes de charges résiduelles, c'est-à-dire que la décharge du condensateur n'était pas complète et

(1) Contrairement à ce qu'a obtenu Drekopf, qui signale de bons résultats par cette méthode.

instantanée. Nous avons donc abandonné très tôt ce procédé pour utiliser un dispositif analogue à l'un de ceux employés par le Dr. Drekopf et réalisé par la firme Siemens. Pour la facilité, nous appellerons ce dispositif relai de temps constant.

Ce dispositif permet de lancer dans une amorce un courant d'une intensité déterminée, réglable et d'une durée constante de l'ordre de 22 millisecondes. Dans nos essais, nous avons soigneusement vérifié le temps exact de passage du courant à l'aide de l'oscillographe.

Le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs de 24 volts. Le réglage se fait à l'aide d'une résistance variable et en introduisant d'abord dans le circuit d'essai une autre résistance fixe égale à celle de l'amorce. Cette seconde résistance étant remplacée ensuite par l'amorce, on ferme le circuit d'essai à l'aide d'un commutateur. A partir de ce moment, le courant passe dans l'amorce sous l'intensité fixée par le réglage préalable, mais pendant une durée limitée à 22 millisecondes par le jeu du relai à temps constant.

Au cours des premières expériences de mise au point, nous avons constaté que les amorces de même provenance et appartenant à la même catégorie de classement du fournisseur ne s'enflamment pas toutes pour une même intensité et une même durée du courant. La chose est due aux variations de fabrication aux quelles nous avons fait allusion précédemment.

Il convenait donc d'établir, pour chaque type d'amorce, les limites entre lesquelles variait le courant d'inflammation pour une durée de passage donnée.

Pour déterminer ces limites avec les plus grandes chances d'exactitude, nous avons procédé comme suit :

Nous prenions un lot de 100 amorces dont les résistances variaient de moins d'un dixième d'ohm; elles étaient d'abord classées en dix séries de résistance croissante, l'écart entre deux résistances consécutives étant d'un centième d'ohm.

Puis, en prenant dans chacune de ces séries, un nombre d'amorces sensiblement proportionnel au nombre total d'amorces de la série, on constitue des lots de 20 amorces. Chacun de ces lots est essayé au relai à temps constant, à des courants d'intensité croissante.

Nous avons trouvé ainsi pour les amorces appartenant au même classement du fabricant :

1° un courant de  $I_0$  qui n'enflamme aucune des vingt amorces d'un lot;

2° un courant  $I_1$  légèrement supérieur au précédent, qui enflamme une ou plusieurs amorces d'un lot, sans les enflammer toutes;

3° un courant  $I_2$  qui enflamme toutes les amorces d'un lot, alors qu'un courant légèrement inférieur n'enflamme qu'une partie du lot.

Remarquons que la distinction entre les trois courants  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  a une signification pratique.

Le courant  $I_0$  qui n'enflamme aucune des vingt amorces d'un lot est celui qui donnerait un raté général.

Le courant  $I_1$  est le courant le plus faible qui donnerait un raté partiel. Toutes les intensités comprises entre  $I_1$  et  $I_2$  donneraient également un raté partiel.

Le courant  $I_2$  est celui qui ferait partir toutes les mines et ne donnerait, par conséquent, pas de raté. C'est le courant minimum de sécurité du tir.

Nous avons procédé à la détermination de ces courants pour six types d'amorces. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau I.

TABLEAU I

Désignation de l'amorce.	Résistance en ohm.	Courants d'inflammation	
		$I_1$	$I_2$
Amorce A . . . . .	1,1-1,2	0,6	0,76
Idem . . . . .	1,4-1,5	0,52	0,72
Amorce B . . . . .	1,1-1,2	0,44	0,56
Idem . . . . .	1,4-1,5	0,40	0,52
Amorce C . . . . .	1,6-1,7	0,36	0,38
Idem . . . . .	1,9-2,0	0,36	0,38

Durée du passage du courant : 22 millisecondes.

Les courants  $I_1$  et  $I_2$  dont nous avons donné la signification pratique, sont susceptibles d'une autre définition. Le courant  $I_1$ , qui n'enflamme qu'une ou quelques-unes des amorces d'un lot de vingt, représente pour une durée de passage de 22 millisecondes, le courant strictement nécessaire pour enflammer l'amorce ou les amorces les plus sensibles du lot, tandis que le courant  $I_2$  qui enflamme toutes les amorces représente, dans les mêmes conditions de durée, le courant d'inflammation de l'amorce ou des amorces les moins sensibles.

L'écart entre les courants  $I_1$  et  $I_2$  est fonction de la plus ou moins grande régularité de l'inflammation de l'amorce. Les détonateurs à faible longueur de fil de platine, à faible charge de poudre ont un écart bien moindre.

A l'aide des données figurant dans le tableau, et nous servant de l'équation :  $i^2 D = i'^2 D'$  nous avons calculé, pour différentes intensités  $i'$  les durées de passage  $D'$  nécessaires pour l'inflammation, d'une part, des amorces les plus sensibles et, d'autre part des amorces les moins sensibles.

Les résultats de nos calculs nous ont servi à tracer, pour chaque type d'amorce, deux courbes de sensibilité non reproduites dans cette note, mais présentant la même allure que celles reprises plus loin aux fig. 7, 8 et 9.

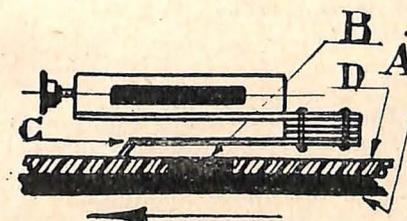
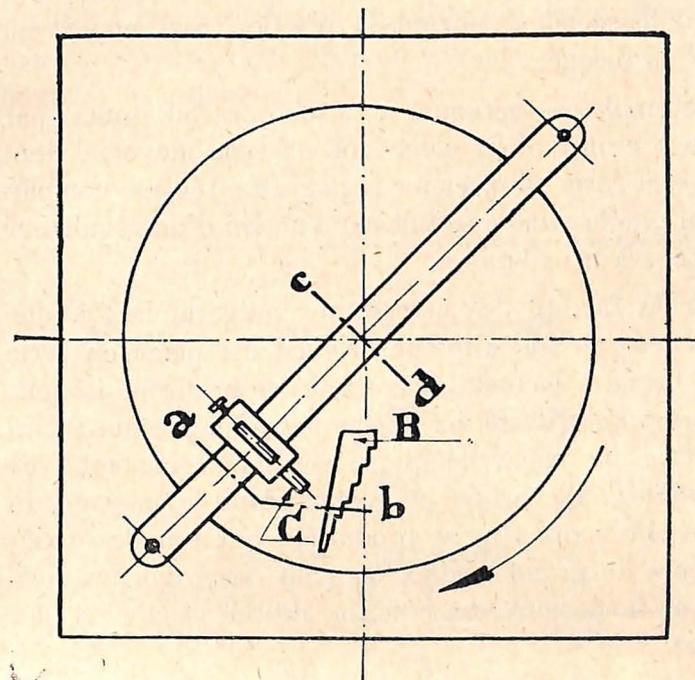
Chacune de ces courbes ne comportait qu'un point trouvé expérimentalement, celui correspondant à une durée de passage de 22 millisecondes. Les autres points étaient donc déterminés par calcul. Ayant porté les résultats de cette première étude à la connaissance des fabricants, l'un de ceux-ci nous fit observer que nos résultats concordaient parfaitement avec les siens pour le temps de 22 millisecondes, mais non pas pour les temps moindres. Sans doute pour ces temps moindres, jouent des facteurs perturbateurs tels par exemple une autre répartition du rayonnement.

Donnant suite à cette observation, nous avons utilisé un appareil ingénieux réalisé par la firme Schäffler de Vienne (Autriche) et qui fut mis gracieusement à notre disposition par la Société Anonyme des Poudreries réunies de Belgique.

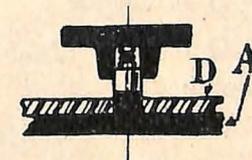
Cet appareil permet de lancer dans un circuit un courant, d'intensité réglable par une résistance, et cela pendant une période de temps que l'on peut faire varier par échelons de 5 millisecondes entre 5 et 50 millisecondes.

L'appareil (voir schéma fig. 4), rappelle la disposition des mécanismes de gramophone : un disque métallique A tournant autour d'un axe vertical, porte enchassé dans un cercle D en matière isolante, un secteur métallique B qui, à chaque tour, entre en contact avec un balai formé de deux lames élastiques couplées C.

Pour éviter le ressaut de ces lames au passage du secteur, la surface de celui-ci affleure exactement au niveau du cercle isolé.



Coupe ab.



Coupe cd.

Fig. 4. — Schéma de l'appareil Schäffler.

Le secteur est découpé en forme d'escalier formant des bandes concentriques de longueur différente, de telle façon que la durée du contact avec les lames varie de 5 à 50 millisecondes, suivant la position par rapport au centre du disque.

L'ensemble est actionné à raison de 80 tours par minute par un moteur électrique du type universel dont le rhéostat forme le premier réglage. Le réglage complémentaire de la vitesse se fait par l'action d'un régulateur centrifuge à trois boules.

Pour la facilité des manœuvres préparatoires à une expérience, un interrupteur original est placé en série sur le disque à secteur : il consiste en un disque isolant, tournant à une vitesse dix fois moindre, et portant sur sa périphérie une pièce métallique entrant en contact avec un frotteur en charbon et commandant le passage du courant. Ce contact ne se produisant que tous les dixièmes tours du grand disque, on peut, sans danger, préparer le lancement du courant destiné à l'essai des amorces.

Au cours de nos expériences, le circuit était réalisé d'après le schéma figuré ci-dessous (fig. 5).

On y remarque :

- 1° la batterie d'accumulateurs B (10 à 12 éléments) au plomb;
- 2° l'appareil Schäffler G avec ses deux disques;
- 3° un ampèremètre A;
- 4° une résistance variable R;
- 5° l'amorce à essayer A.

Le sens du courant est indiqué par des flèches.

Dans l'appareil Schäffler (représenté dans la position

de fermeture du circuit) le courant arrive par les lames élastiques, pénètre dans le secteur, suit l'axe du disque à secteur, l'axe du disque en matière isolante, arrive à la pièce métallique insérée dans ce disque et sort par le frotteur en charbon.

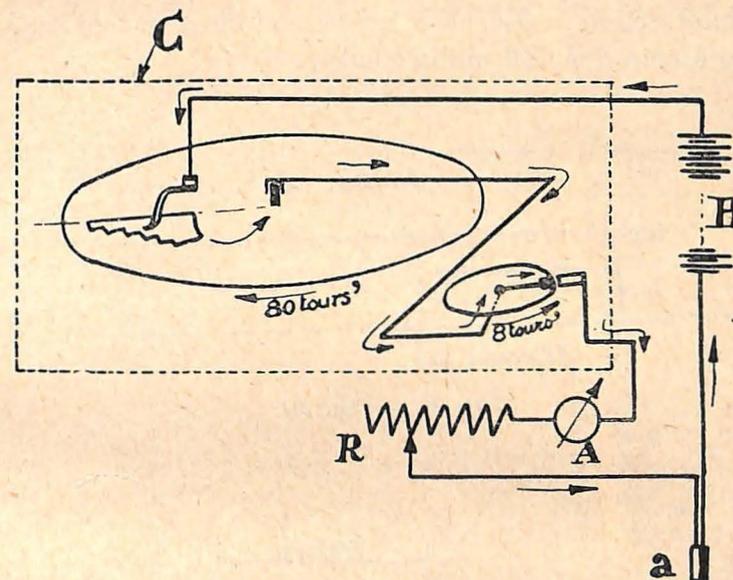


Fig. 5. — Schéma de l'appareil Schäffler et du circuit utilisé.

Avant de procéder à la mesure des courants d'inflammation des amorces, nous avons contrôlé à l'aide d'un oscillographe, la durée de passage du courant pour les différentes positions des lames de contact.

L'oscillographe Siemens que nous avons utilisé à cette fin et dont la description sera donnée ultérieurement, comporte trois boucles de mesures. — L'étalonnage en question exige l'emploi de deux boucles seulement : l'une est dérivée sur le réseau de force motrice à 220 V. alternatif et 50 périodes, l'autre est intercalée dans le

circuit d'essai soit en lieu et place de l'amorce, soit en série avec elle.

Les figures 6 et 6bis représentent deux oscillogrammes ayant servi à cette vérification.

La courbe supérieure est la sinusoïde de la tension du réseau à 50 périodes. La distance entre les deux points d'intersection consécutifs de la courbe avec son axe, représente donc 10 millisecondes.

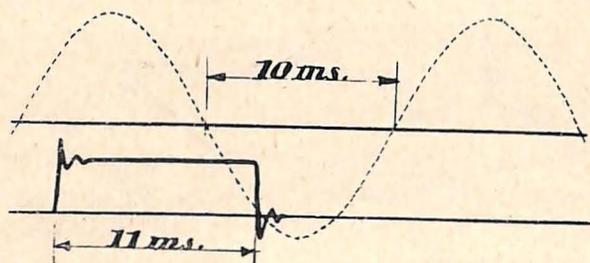


Fig. 6. — Film 284.

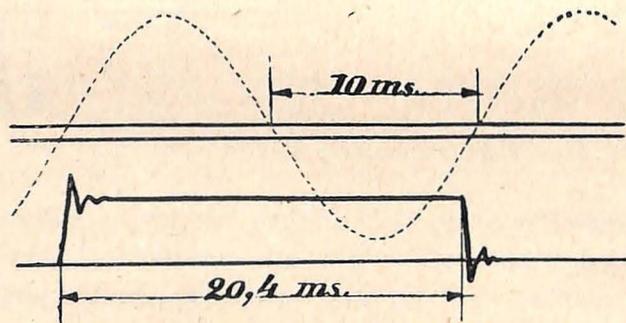


Fig. 6 bis. — Film 286.

De cette échelle, on déduit la durée du passage du courant : elle est de 11 millisecondes pour le premier oscillogramme et de 20,4 millisecondes pour le second.

Chacune des positions des lames élastiques a fait l'objet de plusieurs contrôles de ce genre qui nous ont servi à

établir une valeur moyenne du temps de fermeture du circuit.

Les résultats de cet étalonnage sont indiqués dans le tableau II. Ils montrent que la simplicité de l'appareil ne nuit pas à l'exactitude, très suffisante pour un appareil pratique.

Nous avons tenu compte de ces corrections dans nos résultats.

TABLEAU II

Durée indiquée par le constructeur pour une position déterminée des lames de contact. millisecc.	Nombre d'oscillogrammes relevés.	Durée moyenne. millisecc.
5	3	5,5
10	5	11
15	5	16
20	5	20,5
25	5	25,5
30	5	30,5
40	3	40,5
50	3	50,5

Pour la mesure des courants d'inflammation des amorces, nous avons procédé comme suit. Les amorces n'ont plus été classées par résistance. Nous les avons prises au hasard dans le lot fourni par le fabricant et qui comptait toutes les résistances ohmiques rencontrées en fabrication, depuis la plus faible jusqu'à la plus élevée.

Le réglage préalable du courant se faisait à l'aide de la résistance R (voir fig. 5), après avoir connecté à l'appareil, au lieu d'une amorce, une résistance de comparaison égale à la résistance moyenne des amorces du lot.

Le fait de s'en tenir à une résistance invariable pour le réglage du courant alors que les amorces essayées présentaient toutes des résistances différentes, n'entraîne qu'une erreur insignifiante dans l'estimation du courant d'essai.

C'est pour rendre cette erreur tout à fait négligeable que nous avons utilisé une batterie de tension relativement élevée, avec une résistance de réglage R assez forte.

Pour chacune des durées de passage, nous avons donc recherché :

a) le courant  $I_0$  qui n'enflamme aucune des amorces du lot;

b) le courant  $I_1$  qui n'enflamme qu'une ou quelques amorces du lot;

c) le courant  $I_2$  qui les enflamme toutes.

Chacune de ces intensités-limites ont été déterminées généralement par 20 essais consécutifs portant donc sur 20 amorces prises au hasard dans le lot. A titre d'exemple, nous donnons dans le tableau III les résultats trouvés pour un lot d'amorces A.

Nous avons procédé aux mêmes essais sur un lot de 600 amorces B et sur un lot de 600 amorces C. Comme il a été dit antérieurement, les intensités  $I_1$  et  $I_2$  mesurées pour une même durée de passage, représentent respectivement le courant d'inflammation de l'amorce la plus sensible et celui de l'amorce la moins sensible.

Nous avons donc essayé 1.800 amorces, chiffre qui nous a paru suffisant pour caractériser la sensibilité des trois types d'amorces et établir les trois graphiques des

(Voir suite page 83.)

TABLEAU III

## Amorces « A »

Lot de 600 amorces — résistance ohmique variant de 1,2 à 1,7 ohm.

Dans le tableau ci-dessous ne sont rapportés que les essais voisins des limites.

Durée. ms.	Intensité du courant d'essai. Ampère.	Nombre d'amorces essayées.	Nombre enflammées.	Courants		
				$I_0$	$I_1$	$I_2$
5	1,00	20	aucune			
5	1,05	6	1			
5	1,30	12	11	1,00	1,05	1,40
5	1,40	20	20			
10	0,72	20	aucune			
10	0,76	20	1			
10	0,98	4	3	0,72	0,76	1,00
10	1,00	20	20			
15	0,58	20	aucune			
15	0,62	5	1			
15	0,84	2	1	0,58	0,62	0,86
15	0,86	20	20			
20	0,56	21	aucune			
20	0,60	8	1			
20	0,74	11	10	0,56	0,60	0,78
20	0,78	20	20			
25	0,50	20	aucune			
25	0,54	2	1	0,50	0,54	0,72
25	0,72	10	10			
30	0,44	20	aucune			
30	0,48	14	1			
30	0,64	1	pas infl.	0,44	0,48	0,68
30	0,68	20	20			
40	0,40	20	aucune			
40	0,44	15	1			
40	0,56	1	pas infl.	0,40	0,44	0,60
40	0,60	20	20			
50	0,40	20	aucune			
50	0,44	5	1			
50	0,56	13	12	0,40	0,44	0,58
50	0,58	20	20			

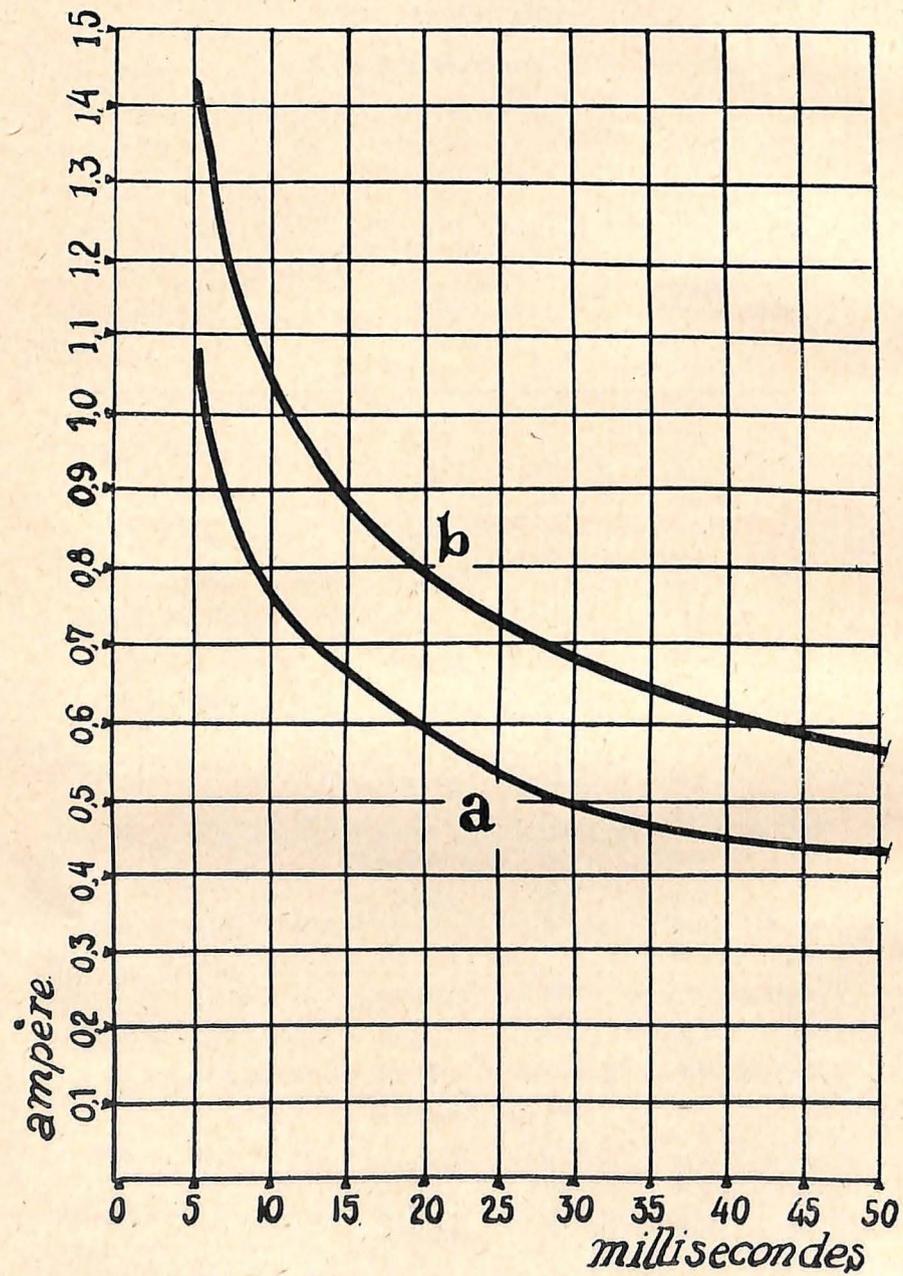


Fig. 7. — Temps d'inflammation des amorces A.  
 Courbe des amorces :  
 a) les plus sensibles; b) les moins sensibles.

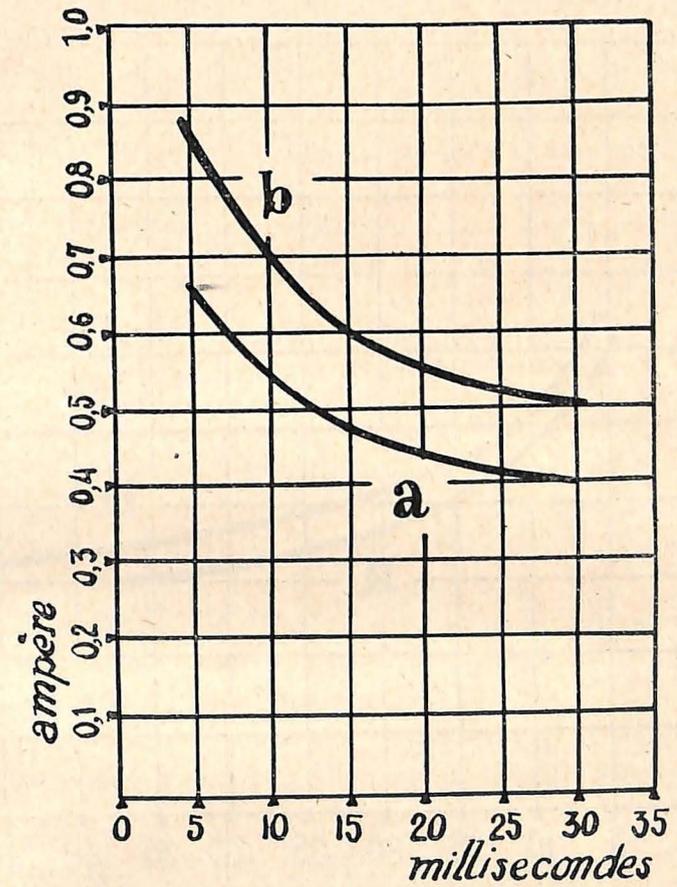


Fig. 8. — Temps d'inflammation des amorces B.

Courbe des amorces :  
 a) les plus sensibles; b) les moins sensibles.

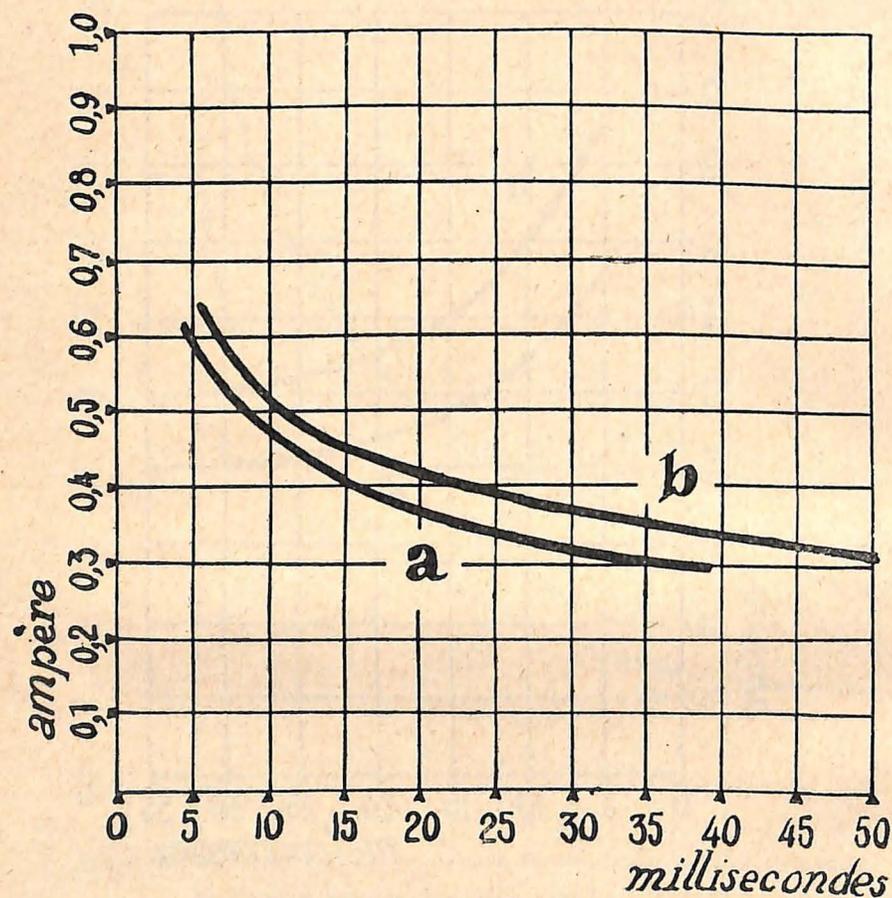


Fig. 9. — Temps d'inflammation des amorces C.

Courbe des amorces :

a) les plus sensibles; b) les moins sensibles.

figures 7, 8 et 9 qui se rapportent respectivement aux amorces A, B et C et qui donnent, en fonction du temps d'inflammation, l'intensité des courants de départ.

Ces graphiques sont, à proprement parler, les courbes de sensibilité des amorces. D'une façon générale, on constate que, pour une même intensité, l'écart entre les deux courbes est d'autant plus faible que le courant est plus élevé (1).

Enfin, cet écart est beaucoup plus faible pour les amorces C que pour les amorces A et B.

#### MESURE DU TEMPS D'EXPLOSION DES DETONATEURS

Pour procéder à cette mesure, nous avons utilisé un oscillographe Siemens de petit format. Cet appareil possède trois boucles du type bifilaire dont chacune est disposée dans un boîtier en ébonite rempli d'huile de paraffine.

En l'absence d'huile, lorsqu'il n'y a donc plus d'amortissement, la fréquence propre des boucles est de 2.500 oscillations par seconde.

Chaque boucle porte un petit miroir sur lequel tombe un rayon lumineux émanant d'une lampe à incandescence de 50 watts.

Les mouvements du miroir et, par conséquent les torsions de la boucle se traduisent par un déplacement suivant un plan vertical du rayon lumineux réfléchi. Ce déplacement est enregistré sur un tambour mobile portant une bande de papier sensible. Le tambour, d'un diamètre de 153 mm. tourne à une vitesse de 4 à 5 tours par seconde.

(1) Le calcul théorique basé sur les conclusions du Dr. Drekoepf conduit également à cette constatation.

Pour nos essais, nous utilisions seulement 2 boucles de l'oscillographe. L'une était connectée avec une résistance sur le réseau de force motrice à 220 volts alternatif à 50 périodes. Cette boucle inscrivait donc sur le film une sinusoïde qui nous servait d'échelle du temps.

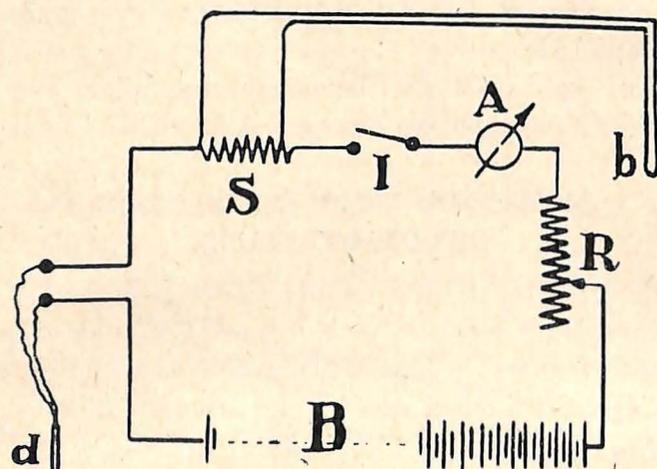


Fig. 10.

B : batterie d'accumulateurs au plomb (10 à 12 éléments) ;  
 R : résistance de réglage du courant ;  
 A : ampèremètre ;  
 I : interrupteur ;  
 S : shunt ;  
 b : boucle de l'oscillographe ;  
 d : détonateur.

La seconde boucle était dérivée aux bornes d'un shunt parcouru par le courant lancé dans le détonateur. De ce fait, une fraction de ce courant seulement (1/10 à 1/20 suivant les cas) passait dans la boucle.

Le circuit d'essai était donc constitué comme il est indiqué à la figure 10.

Le réglage préalable du courant s'opérait à l'aide de la résistance R après avoir inséré dans la ligne au lieu du

détonateur *d* une résistance de comparaison égale à la résistance du détonateur à essayer.

Pour ce réglage, nous ne fixions qu'approximativement l'intensité du courant d'essai puisque celle-ci pouvait toujours être mesurée sur le film après développement.

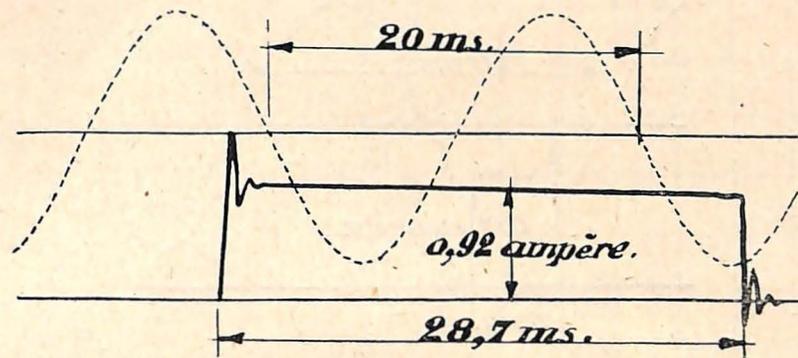


Fig. 11. — Film 168.

Cette mesure nécessite évidemment un étalonnage préalable de l'oscillographe, ce qui se fait aisément en enregistrant sur un film spécial l'amplitude du déplacement du spot lumineux pour une intensité connue.

Nous reproduisons ci-dessous deux oscillogrammes (voir fig. 11 et 12) se rapportant le premier à un détonateur A et le second à un détonateur C. Dans chaque cas, l'intensité du courant était de 0,92 ampère. La rupture du pont s'est produite dans le premier cas 28,7 millisecondes après le lancement du courant, dans le second cas 5 millisecondes après le lancement du courant.

Nos essais ont porté ainsi sur :	85 détonateurs A
	92 — B
	120 — C

Les durées et intensités du courant mesurées sur les oscillogrammes ont été reportées sur les graphiques figures 13, 14, 15. Nous avons reporté également sur ces graphiques les courbes d'inflammation des amorces pour mieux faire ressortir les conclusions de ces expériences.

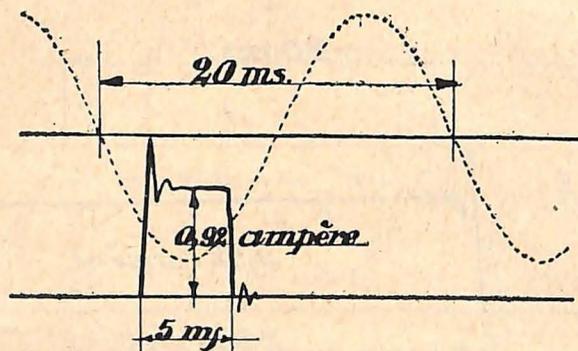


Fig. 12. — Film 166.

Examinons le graphique fig. 13 se rapportant aux détonateurs A. Les points d'explosion des détonateurs, pour un même courant, sont d'autant plus rapprochés que l'intensité du courant est plus grande et la dispersion affectant ces points d'explosion est sensiblement du même ordre que l'écart entre les courbes d'inflammation des amorces.

Pour un courant de 0,62 ampère, l'écart entre les points extrêmes d'explosion est de 26 millisecondes; il est de 10 millisecondes pour 1 ampère.

Au-dessus de 1,5 ampère, plusieurs points se superposent. On constate, en outre, qu'en dessous de 0,62 ampère, plusieurs des points d'explosion viennent se placer entre les courbes d'inflammation des amorces.

Par conséquent, si dans un tir simultané de plusieurs fourneaux, l'intensité mise en jeu est inférieure à

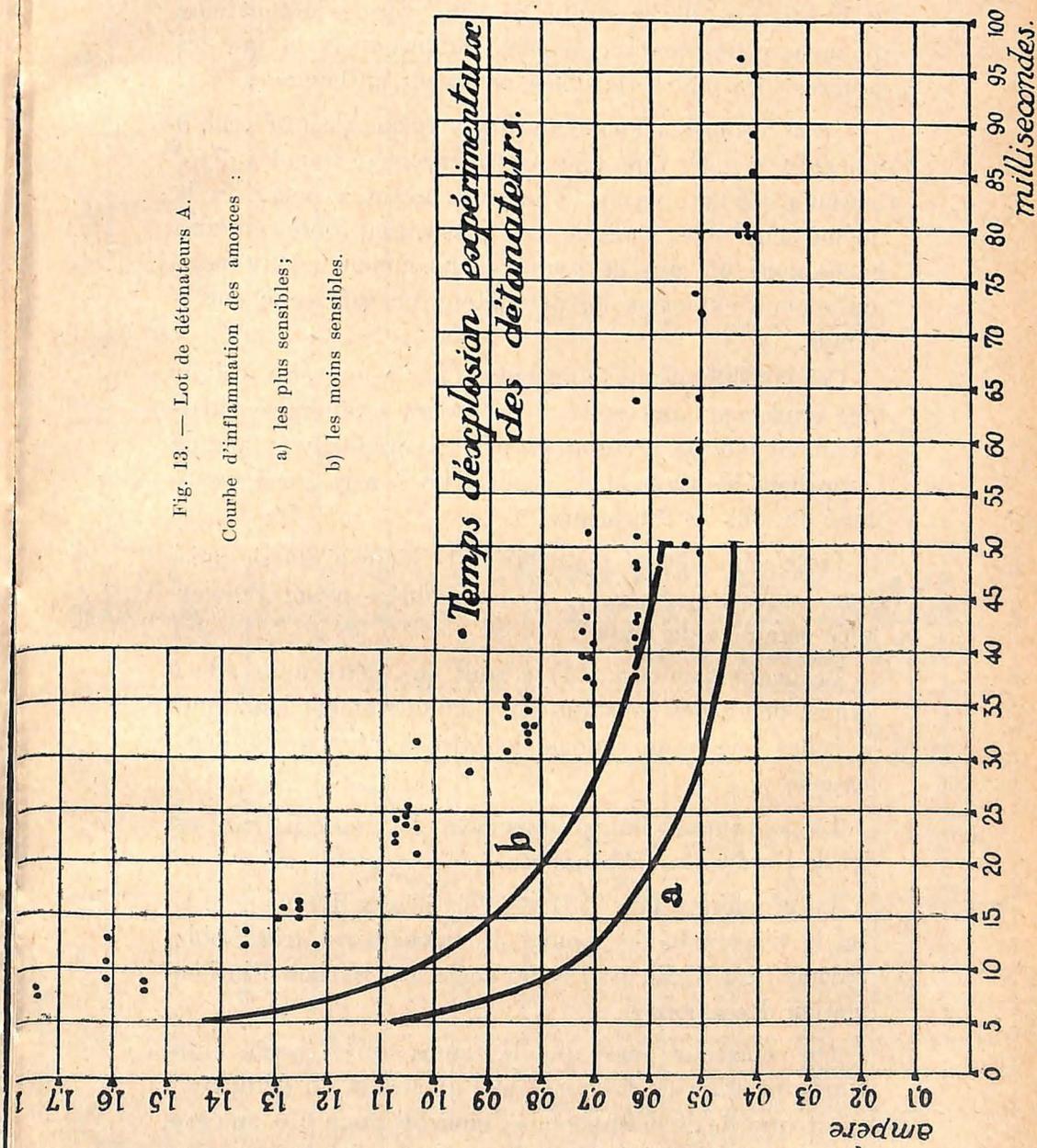


Fig. 13. — Lot de détonateurs A.

Courbe d'inflammation des amorces :

- a) les plus sensibles;
- b) les moins sensibles.

0,62 ampère, il y a risque de raté, car les détonateurs pourvus d'une amorce sensible sauteront avant que les amorces les moins sensibles ne soient enflammées.

Nous disons seulement qu'il y a risque de raté, car il pourrait se faire que dans un tir en volée, tous les détonateurs soient pourvus d'amorces ayant à peu près la même sensibilité. Dans ce cas, elles seront toutes enflammées dans un laps de temps suffisamment réduit pour qu'aucune explosion de détonateur ne survienne entre-temps.

Ces considérations montrent qu'il y a intérêt à utiliser des explosifs puissants. Un courant d'allumage suffisamment intense présente en effet le double avantage de supprimer les ratés et de réaliser un départ quasi simultané de tous les fourneaux.

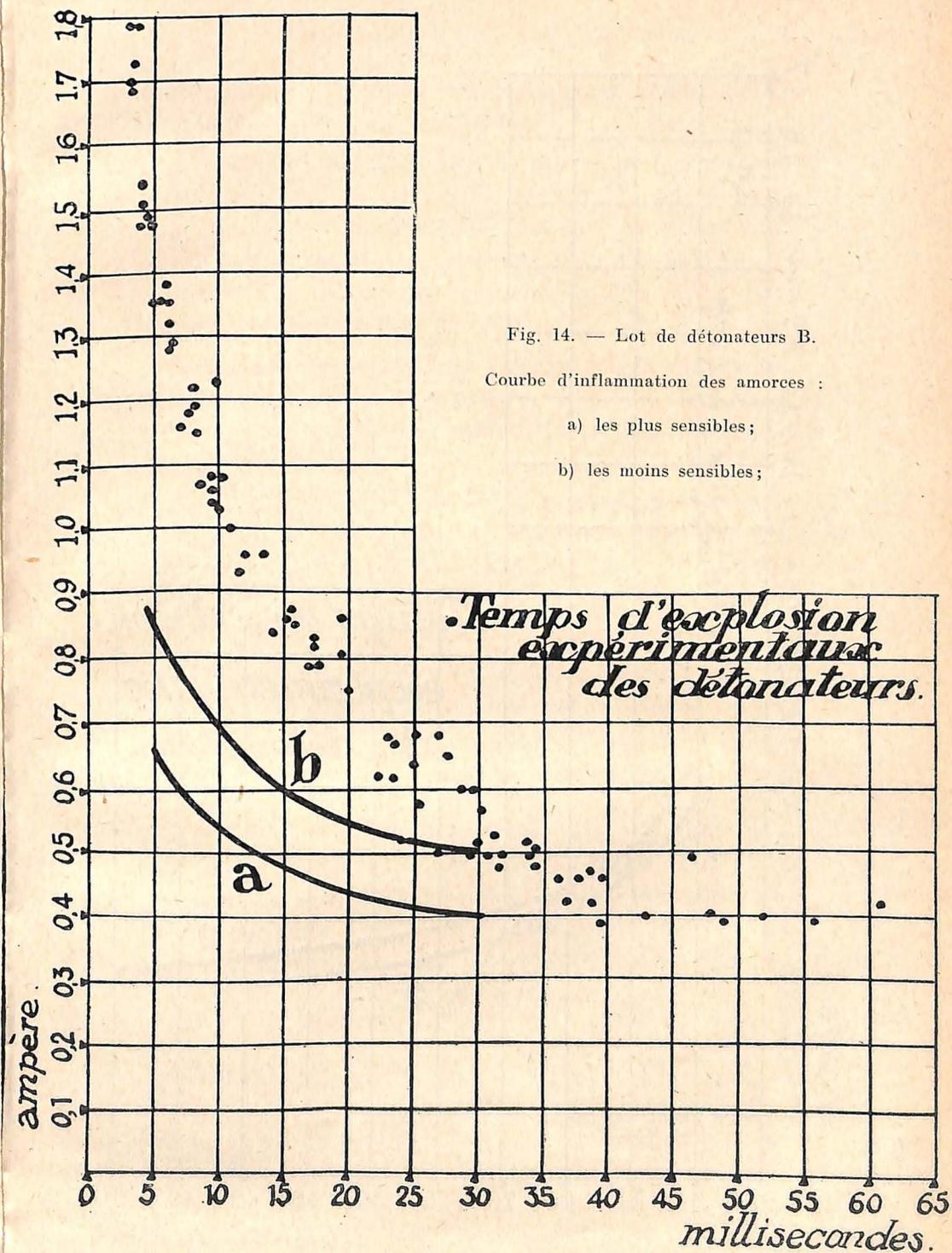
Cette simultanéité contribue à la sécurité du tir puisque toutes les charges sont enflammées avant l'ouverture complète du massif.

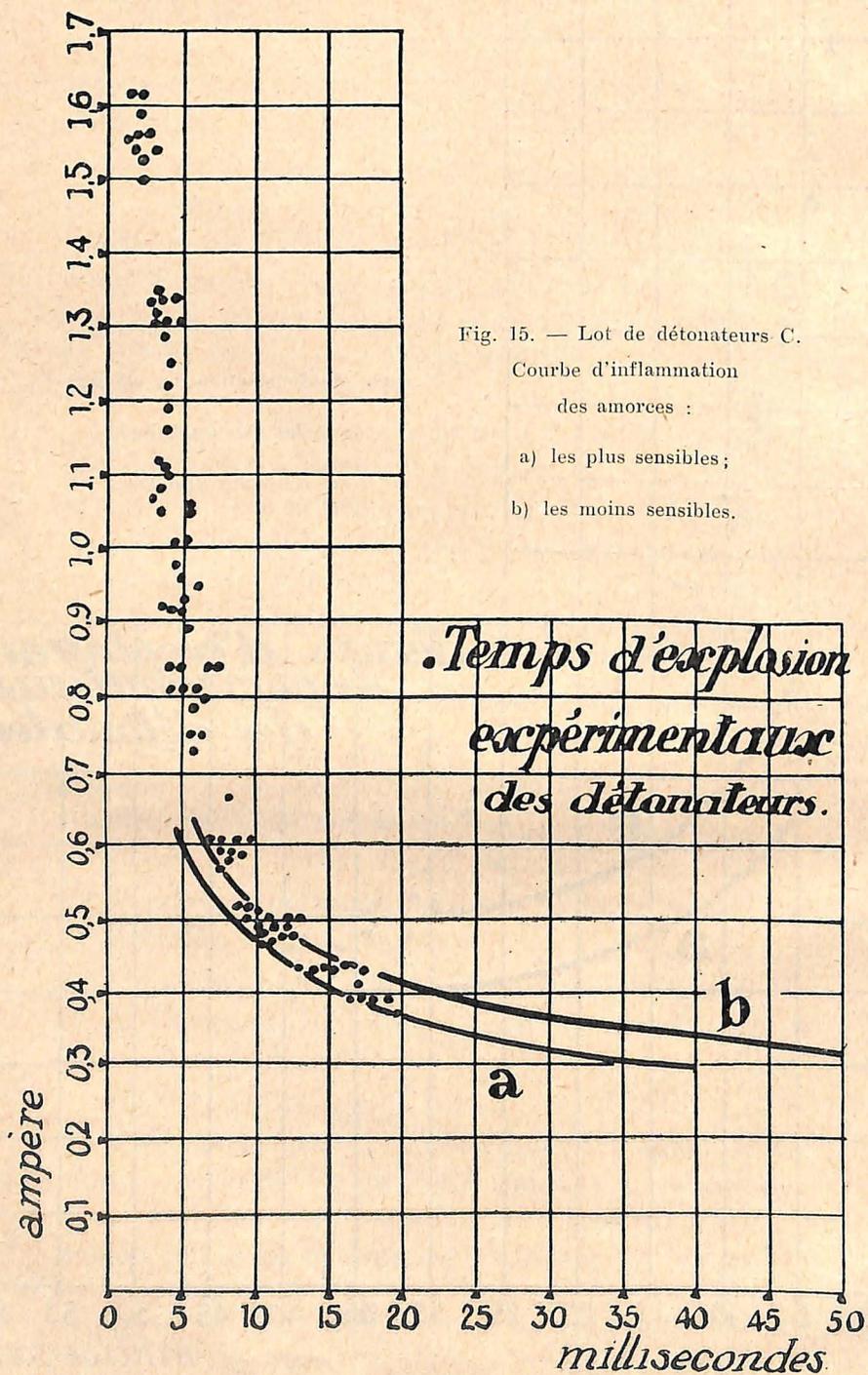
Le graphique (fig. 14) a trait aux détonateurs B; il donne lieu à des constatations qualitativement identiques à celles que nous venons de faire à propos des détonateurs A.

Le courant minimum supprimant le risque de raté est ici de l'ordre de 0,55 ampère.

Le graphique (fig. 15) est relatif aux détonateurs C. Ici la dispersion des points d'explosion est très faible, comme l'est d'ailleurs l'écart entre les courbes d'inflammation des amorces.

On remarque aussi que le temps qui s'écoule entre l'inflammation de l'amorce et l'explosion du détonateur n'est que de 2 millisecondes environ pour 0,6 ampère, ceci est dû à la faible charge et à la vivacité de la matière





entrant dans la composition de l'amorce réduite à une simple perle.

A des courants de l'ordre de 0,4 ampère correspondent des points d'explosion situés sur la courbe même d'inflammation des amorces les plus sensibles. Ceci paraît paradoxal étant donné que la transmission de la flamme de la poudre vers la charge fulminante exige toujours un certain laps de temps.

Cela peut provenir d'une amorce exceptionnellement sensible; nous pouvons employer le mot exceptionnel, puisque nous n'en avons pas eu une seule dans les six cents expérimentées.

Nous nous sommes demandé si, pour de faibles intensités, le fil de platine dans les amorces C, du moins, ne pouvait pas se rompre par le seul fait de la combustion de la matière fulminante, avant même l'explosion du détonateur (1).

Nous avons voulu vérifier la chose en reprenant une des expériences précédentes, mais en utilisant cette fois les trois boucles de l'oscillographe : les deux premières enregistrent comme d'habitude la sinusoïde du temps et la rupture du pont; la troisième est branchée sur un circuit auxiliaire (voir schéma fig. 16), comportant une pile Leclenché P, une résistance de réglage R et un fil de cuivre de 0,25 mm. C. qui se trouve enroulé autour du détonateur à 1 cm. environ du fond. La troisième boucle B enregistrera donc la rupture du circuit auxiliaire par l'explosion du détonateur.

(1) Lors de l'étude des amorces C, nous avons constaté qu'en les soumettant à un courant d'intensité croissante, on pouvait obtenir la rupture du pont sans qu'il y ait inflammation de la charge fulminante. Ce fait est dû à la diminution de sensibilité de la poudre d'amorce sous l'effet d'un chauffage lent. Les qualités de la poudre sont complètement altérées par ce chauffage lent.

Sur le même oscillogramme, nous avons donc pu enregistrer à la fois la rupture du pont dans l'amorce et l'explosion du détonateur.

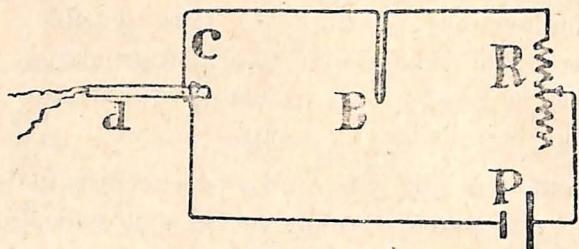


Fig. 16.

Nous reproduisons ci-dessous un oscillogramme de ce genre (voir fig. 17) ; il se rapporte à un détonateur C.

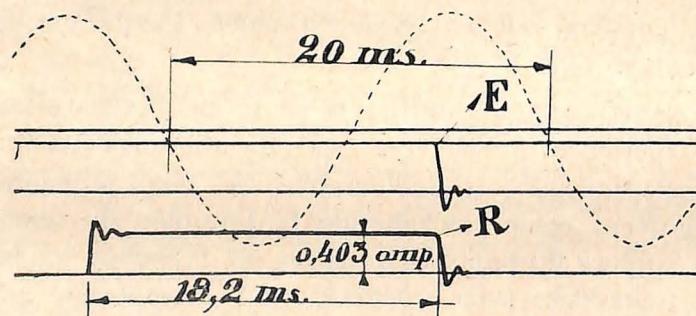


Fig. 17. — Film 305.

L'intensité du courant d'allumage a été de 0,403 amp. La rupture du pont marquée au point R, partie inférieure de l'oscillogramme, et l'explosion du détonateur, point E (partie supérieure), se sont produites au même moment, soit 18,2 millisecondes après le lancement du courant.

Nous avons procédé à douze expériences de ce genre et avons constaté chaque fois la simultanéité de l'explosion du détonateur et de la rupture du pont. Ces essais ont confirmé à nouveau que la rupture du pont se produit lors de l'explosion du détonateur.

Le cas observé résulte donc bien d'une amorce exceptionnellement sensible. La présence de telles amorces justifie la marge de sécurité que nous introduisons dans nos conclusions sur l'intensité de courant donnant la sécurité du tir.

Quoi qu'il en soit, on voit par l'examen du graphique relatif aux détonateurs C que, lorsque l'intensité du courant d'allumage est supérieure à 0,55 ampère, les points d'explosion des détonateurs se trouvent à droite des courbes d'inflammation des amorces.

*Rétablissement de courant.* — Au cours de nos essais, nous avons constaté parfois des rétablissements du circuit de tir, postérieurement à l'explosion du détonateur. Ces rétablissements sont visibles sur les oscillogrammes et se distinguent de la courbe à enregistrer en ce que l'intensité du courant rétabli est un peu plus élevée que celle qui a fait partir le détonateur.

Le rétablissement s'opère, en effet, après suppression du pont, donc dans un circuit moins résistant. Nous nous hâtons de dire que les connexions de la ligne avec les fils du détonateur étaient maintenues à une certaine distance et que la mise en contact entre ces connexions n'était pas possible.

Voici un oscillogramme (fig. 18) sur lequel le rétablissement est visible. Il est commenté sur la figure, ce qui dispense de toute explication.

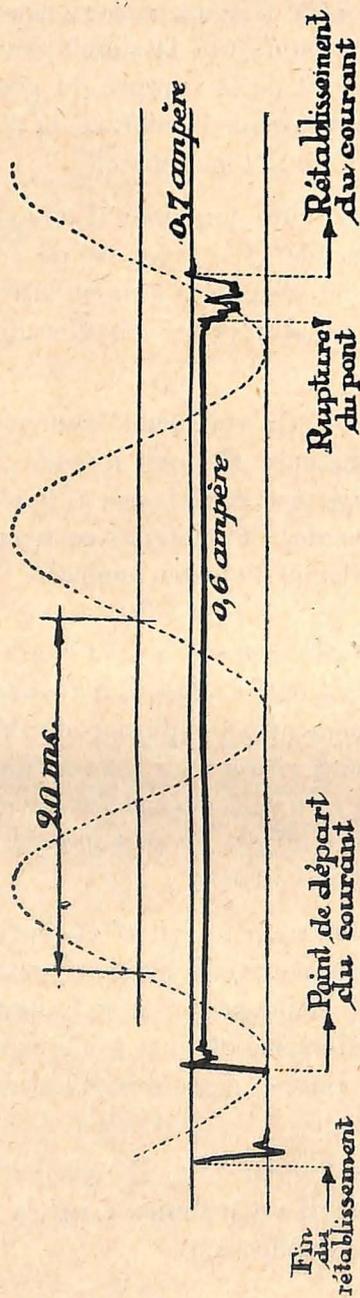


Fig. 18. — Film 127. — Rétablissement du courant dans un détonateur A.

Il se rapporte à un détonateur A dans lequel le sertissage des conducteurs est réalisé par une masselotte de plomb. Après le tir, nous avons retrouvé les extrémités des conducteurs repliés comme il est indiqué au croquis (fig. 19).

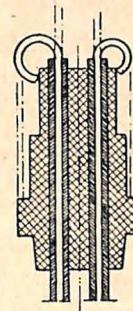


Fig. 19. — Rétablissement du courant dans un détonateur A.

Nous avons eu des rétablissements semblables avec les détonateurs C. Le contact a été rétabli par les lamelles servant de support au filament, que l'on retrouve parfois repliés comme il est indiqué au croquis (fig. 20).

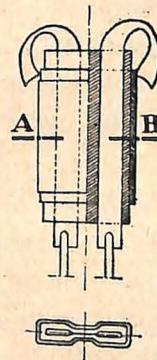


Fig. 20. — Rétablissement du courant dans un détonateur C.  
 Au-dessus, à gauche : demi-vue; à droite : demi-coupe.  
 En dessous : coupe suivant AB.

Il reste douteux que ces rétablissements soient à craindre lorsque le détonateur est chaussé sur une cartouche explosive, car la cartouche détruit complètement les parties du détonateur qui pourraient subsister après l'explosion de celui-ci.

Rappelons que ces rétablissements constituent un cas de contacts postérieurs, pour employer l'expression de MM. Taffanel, Dautriche, Durr et Perrin, dans leur étude sur le tir électrique, parue en 1919, dans les Annales des Mines de France.

Ces contacts postérieurs sont une cause de danger lorsqu'ils donnent lieu à la production d'étincelles et que l'atmosphère environnant les fourneaux de mine est susceptible d'inflammation.

Rappelons également que, pour supprimer ce danger, M. Taffanel avait suggéré de limiter à 30-50 millisecondes la durée pendant laquelle l'exploseur débitait du courant.

Les considérations auxquelles a donné lieu l'examen des graphiques des temps d'inflammation de l'amorce et des temps d'explosion du détonateur, ont fait l'objet de vérifications expérimentales qu'il nous paraît utile de commenter.

Ces expériences ont consisté en tirs simultanés de plusieurs détonateurs groupés en série. L'intensité du courant lancé dans la ligne de tir était réduite à dessein à l'aide d'une résistance introduite dans le circuit. Le courant était fourni soit par un accumulateur, soit par un exploseur.

### Expériences avec accumulateur.

Le matériel d'expériences était celui indiqué au schéma (figure 10).

La fermeture du circuit se faisait à l'aide de l'interrupteur I qui restait enclenché jusqu'après l'explosion des détonateurs. L'intensité du courant et sa durée étaient encore enregistrées à l'oscillographe.

1° Tir de 5 détonateurs C traversés par un courant de 0,39 amp. Le circuit de tir est coupé au bout de 18 millisecondes. Les 5 détonateurs ont sauté. Le point correspondant aux conditions de l'expérience, c'est-à-dire 0,39 ampère et à 18 millisecondes (voir graphique fig. 9) se trouve près de la courbe d'inflammation des amorces les plus sensibles.

Il est à supposer que les 5 détonateurs étaient pourvus d'amorces de même sensibilité. Pour cette raison, il n'y a pas eu de raté.

2° Tir de 9 détonateurs C traversés par un courant de 0,384 ampère. Le circuit de tir est coupé après 19,2 millisecondes. Deux détonateurs n'ont pas sauté. L'examen du graphique de la figure 9 montre que le point 0,384 ampère - 19,2 millisecondes se trouve encore à proximité de la courbe d'inflammation de gauche.

Vraisemblablement, toutes les amorces n'étaient pas de même sensibilité et le circuit de tir a été coupé par l'explosion de certains détonateurs avant que les amorces les moins sensibles ne soient enflammées.

3° Tir de 10 détonateurs B sous une intensité de 0,5 amp. Au bout de 32,5 millisecondes, le circuit de tir est coupé.

Il n'y a pas de raté.

Si l'on se reporte au graphique figure 14 relatif aux détonateurs expérimentés, on constate que le point 0,50 amp. — 32,5 ms est situé sur la courbe d'inflammation des amorces les moins sensibles.

Au moment de la rupture du circuit, toutes les amorces étaient donc enflammées, ce qui explique le départ de la volée tout entière.

4° Tir de 10 détonateurs B. Courant de 0,47 amp. Rupture après 29 millisecondes. Un détonateur raté. L'examen du graphique figure 14 montre que le point correspondant aux conditions de l'expérience (29 ms — 0,47 amp.) se trouve entre les courbes d'inflammation des amorces.

Cette expérience a donné un raté pour la raison indiquée à propos de l'essai n° 2 ci-dessus.

Ces essais confirment le manque de sécurité du tir avec de faibles intensités.

#### Expériences avec exploseur.

La source de courant était un exploseur dynamo, à excitation compound. Dans cette machine, le rotor est actionné à la main et la durée du passage du courant dans la ligne est réglée par un poussoir dont le mouvement est solidaire de celui de la manette.

Pour ces expériences, les trois boucles de l'oscillographe ont été utilisées : la boucle supérieure relevait la sinusoïde de la tension du réseau, la boucle moyenne enregistrait la tension aux bornes de l'explosur, la boucle inférieure mesurait l'intensité et la durée du courant d'allumage.

1° Tir de 10 détonateurs C. La résistance introduite dans la ligne de tir est de 69 ohms. Neuf détonateurs ont sauté. L'oscillogramme figure 21 se rapporte à ce tir.

Sur cet oscillogramme, on distingue la sinusoïde du réseau, la courbe de tension  $V$  aux bornes de l'explosur et la courbe  $I$  du courant d'allumage.

En comparant les durées du courant et de la tension, on voit que le circuit a été coupé alors que les deux extrémités de la ligne étaient encore sous tension.

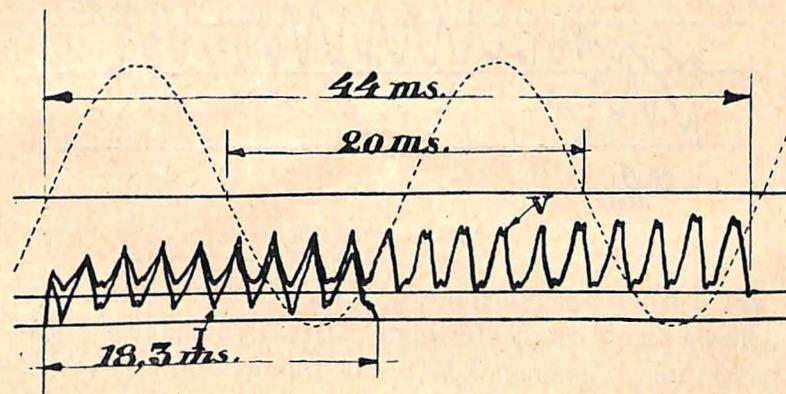


Fig. 21. — Film 171.

Si on recherche l'intensité du courant continu et constant, équivalent au point de vue thermique, au courant ondulé de l'explosur, on trouve 0,41 ampère. Le point correspondant aux conditions de l'expérience (0,41 amp. 18,3 millisecondes) se trouve entre les deux courbes d'inflammation des amorces C (voir graphique fig. 9). Le raté était donc probable.

D'autre part, après avoir réduit la résistance introduite dans la ligne à 9 ohms 35, nous avons renouvelé l'expérience précédente sans obtenir de raté. Cette fois, le courant moyen était de 0,81 ampère et sa durée de 6,8 millisecondes. La tension a perduré après la suppression du courant.

L'oscillogramme figure 22 se rapporte à cette expérience.

Le point correspondant à 0,81 ampère - 6,8 millisecondes tombe à droite de la courbe d'inflammation des amorces C.

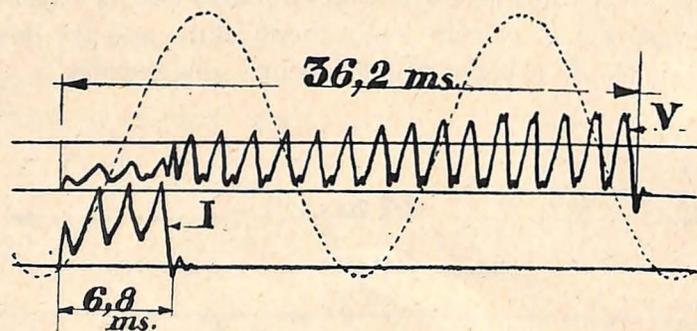
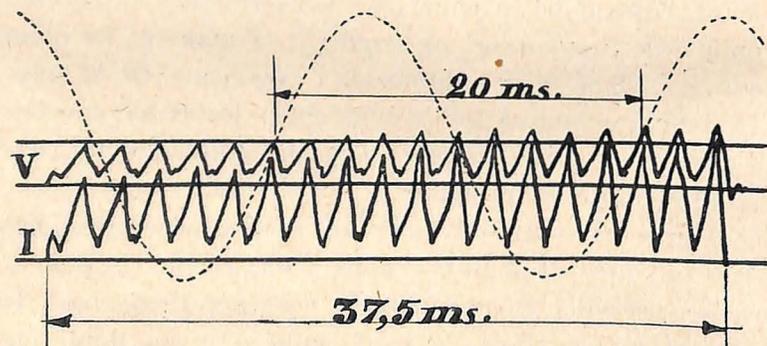


Fig. 22. — Film 172.

2° Tir de 5 détonateurs A. La résistance introduite dans la ligne est de 69 ohms. Trois détonateurs n'ont pas sauté. L'examen de l'oscillogramme fig. 23 relevé au cours de cette expérience, montre que le courant a duré aussi longtemps qu'il y a eu de la tension aux bornes de l'exploseur.



Film 23. — Film 174.

On ne peut donc pas dire que la rupture du circuit a empêché l'exploseur d'envoyer toute son énergie dans la ligne de tir.

L'intégration de la courbe du courant montre que celui-ci est équivalent à un courant continu et constant de 0,55 amp. Or, si on examine le graphique figure 7, on constate qu'un courant de 0,55 amp. circulant pendant 37,5 millisecondes ne peut enflammer les amorces les moins sensibles, car sa durée est trop courte.

On ne peut incriminer, dans ce cas, le dispositif limitant la durée de passage du courant; le raté est dû au fait que l'intensité du courant débité était trop faible dans une zone donnant grande chance de raté.

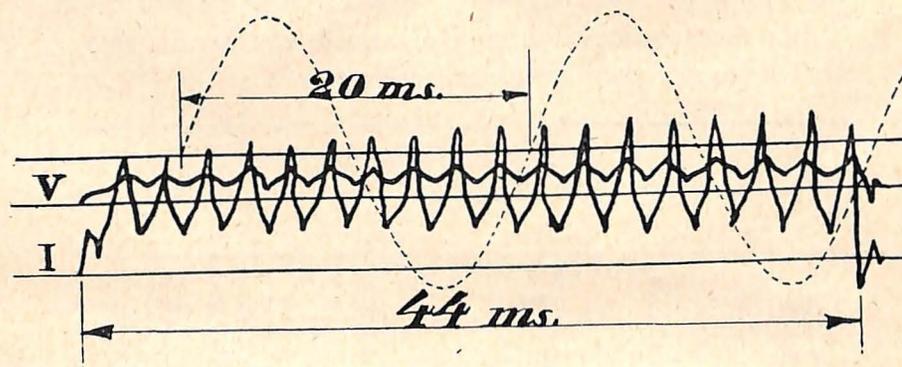


Fig. 24. — Film 176.

3° Tir de 5 détonateurs A. La résistance introduite dans la ligne est de 54 ohms. Tous les détonateurs ont sauté. L'oscillogramme fig. 24 relatif à ce tir montre que le courant lancé dans la ligne a duré 44 millisecondes sous une intensité moyenne de 0,72 ampère. Cet oscillogramme est particulièrement intéressant : puisque l'intensité et le voltage retombent simultanément à zéro, c'est que le passage du courant a cessé par l'arrêt de l'exploseur. A ce moment, aucun détonateur n'avait encore explosé, cependant toutes les amorces étaient enflammées puisqu'il n'y a eu aucun raté. Nous avons,

là encore, la confirmation qu'une fois la déflagration d'une amorce commencée, elle se poursuit et la rupture de la ligne de tir n'a plus d'importance.

D'autre part, si nous nous rapportons à nouveau au graphique des détonateurs A, nous trouvons que le point correspondant à une intensité de 0,72 ampère et un temps de 45 millisecondes se trouve à droite des courbes d'inflammation et dans le voisinage de temps d'explosion relevés expérimentalement.

Nous avons procédé ensuite à quelques tirs simultanés comportant chacun 20 détonateurs groupés en série.

Les constatations faites au cours de ces expériences sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	Intensité du courant. ampère.	Durée du passage du courant avant l'ouverture du circuit du tir. millisee.	Constatations
20 détonateurs A .	0,59	37,5	1 détonateur raté.
Idem . . . . .	0,655	34,4	Pas de raté.
20 détonateurs B .	0,573	20	Idem.
Idem . . . . .	0,60	20	Idem.
20 détonateurs C .	0,51	11	Idem.
Idem . . . . .	0,58	8	Idem.

### CONCLUSIONS

Les essais relatés dans le présent travail donnent des conclusions identiques à celles des expérimentateurs précédents; ils montrent que les amorces électriques fabriquées dans le pays sont en général bien conditionnées et de nature à éviter les ratés dans le tir simultané, du moment que l'intensité du courant est suffisante.

Nous avons opéré sur un grand nombre d'amorces, car les conclusions sont d'autant mieux assises qu'elles sont basées sur l'examen d'un plus grand nombre de

cas. Malgré cela, il faut encore introduire une marge de sécurité dans l'énoncé de nos conclusions.

Au point de vue pratique, toute intensité inférieure à 0,5 ampère nous amène dans une zone dangereuse où les différences de sensibilité provoquent une grande dispersion dans les temps d'inflammation, d'où grandes chances de ratés. La sécurité s'accroît, se renforce plus ou moins rapidement pour les divers types d'amorces, lorsque l'intensité croît, au point que, à 0,7 ampère, les points d'explosion relevés expérimentalement sont tous situés à droite des courbes d'inflammation.

Cependant, nous estimons indispensable, pour tenir compte des conditions réelles de la pratique, d'assurer un courant efficace d'un ampère dans le circuit de tir.

Lorsque l'on a affaire à une source de courant constant (batterie ou piles sèches) il suffit donc que le voltage exprimé en volts de la source de courant soit supérieur à la résistance du circuit exprimée en ohms.

On voit, par le simple énoncé de cette règle, combien sont utiles les dispositifs de contrôle adoptés par exemple dans l'exploseur Bihet du Levant du Flénu (décrit dans notre rapport sur les travaux de 1932, pp. 27-30). L'ohmmètre donne la résistance du circuit de tir et indique quelle tension il faut appliquer : on met le plot de la tension — se succédant de 20 en 20 volts — au chiffre immédiatement supérieur à celui qui indique la résistance en ohms. Bien entendu, cet exploseur est lourd et ne convient que pour les tirs en série à commander d'un poste fixe.

Lorsqu'il s'agit d'exploseurs dynamo ou magnéto électriques, nous n'avons plus affaire à un courant constant mais à un courant ondulé dont l'équivalent, au point de vue calorifique, doit égaler au moins celui d'un

courant constant d'un ampère. Ceci n'est plus susceptible d'une vérification individuelle préalable.

Aussi les tensions mises en cause par les exploseurs de ce genre sont-elles bien supérieures à celles des exploseurs à courant constant.

Au sujet de la constitution même des amorces, relevons une grande différence entre les amorces A et B d'une part, l'amorce C d'autre part. Les amorces A et B utilisent comme poudre d'amorce une matière pulvérulente renfermée dans une douille de carton. La combustion de cette poudre dure un certain temps et introduit, entre le début de l'inflammation et le moment où celle-ci atteint la matière fulminante, un délai de temps appréciable que nos graphiques mettent en évidence. Ce temps, nous l'avons déjà dit, diminue au fur et à mesure que croît l'intensité du courant. Pour les amorces A, à 0,8 ampère, on peut l'évaluer à 15-20 millisecondes. Dans les amorces B, pour la même intensité, il est de l'ordre de 12 millisecondes.

Remarquons que ces détonateurs réalisent, en somme, par leur construction, la suggestion que faisait Taffanel, dans les conclusions de son étude déjà rappelée, de réaliser, entre l'amorce et le détonateur, un retard de l'ordre de 2 ou 3 centièmes de seconde, par l'interposition d'une épaisseur déterminée d'une poudre déflagrant à une vitesse connue entre la poudre électrique et le détonateur. Taffanel envisageait l'existence d'une poudre différente de la poudre électrique; dans le cas présent, c'est cette même poudre logée dans une douille de carton.

Les détonateurs C, au contraire, procèdent d'un autre principe : la réduction de la longueur du pont de platine et de la charge de poudre d'amorce diminue

l'énergie et le temps nécessaires à l'inflammation; la faible quantité et la vivacité de la poudre d'amorce réduisent considérablement le temps qui s'écoule entre l'inflammation de l'amorce et l'explosion du détonateur. Pour 0,8 ampère par exemple, d'après nos graphiques, ce temps est au maximum de 4 à 5 millisecondes.

Par contre, ces détonateurs dénotent des variations de fabrication beaucoup moindres que les deux précédents, la fabrication, plus mécanique sans doute, réalise une constance remarquable. Il suffit de comparer l'écart des courbes d'inflammation pour s'en convaincre.

Les uns et les autres cependant, au point de vue de la sécurité, se classent sensiblement au même niveau. Les deux premiers tirent leur sécurité de la conception même de leur constitution, les troisièmes de l'excellence de leur fabrication.

Le classement par résistances ohmiques égales n'est pas suffisant pour assurer la sécurité du tir; on le sait depuis longtemps déjà. Rappelons que Taffanel et ses collaborateurs avaient imaginé de classer les amorces suivant les températures atteintes au passage d'un courant déterminé : l'élévation de température du fil peut être mesurée par l'augmentation de résistance de l'amorce sous l'action d'un courant donné. Ce procédé leur avait donné un classement bien supérieur pour caractériser la *sensibilité*; mais il ne permet, pas plus que l'autre, d'augmenter sensiblement la régularité des amorces fabriquées. Aussi les expérimentateurs de Liévin concluaient qu'on pouvait s'en tenir au classement par résistances, d'application facile et d'un usage courant.

Nous pensons qu'il faut maintenir ce classement pour trois motifs : 1° il diminue en tout cas les amorces défectueuses; 2° il introduit dans la fabrication un élément de surveillance, de contrôle qui ne peut être que favorable à l'ensemble des produits fabriqués; 3° bien qu'il ne soit pas représentatif de la sensibilité d'une amorce, il élimine des causes de ratés, celles qui proviendraient de grandes différences de résistance ohmique (1).

(1) Il va de soi que l'on ne peut faire usage, dans un même circuit de tir, de détonateurs de provenances diverses; ce serait aller au devant de ratés certains car, si même la résistance ohmique est la même, les conditions d'inflammation des amorces sont différentes; les dig. 7, 8, 9 le montrent surabondamment.

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1933

ANNEXE II.

**Le pouvoir adsorbant comparé  
de diverses houilles belges**

PAR

Louis COPPENS,

Docteur en Sciences.

Attaché à l'Institut.

Nous avons débuté, dans nos études sur les grisous, par une définition rigoureuse de leur composition (1). Mettant à profit les derniers progrès réalisés dans l'analyse des mélanges gazeux, nous avons montré que les grisous vierges sont essentiellement composés de méthane. On y trouve également de l'éthane, de l'anhydride carbonique et de l'azote. La plupart des grisous contiennent en outre des gaz rares et certains renferment des traces d'hydrogène. Le tableau ci-dessous rappelle les teneurs extrêmes fournies par l'analyse de 52 échantillons prélevés en veine.

	CH <sup>4</sup>	N <sup>2</sup> (+Ar +Kr)	CO <sup>2</sup> (+H <sup>2</sup> S)	H <sup>2</sup>	He+Ne	C <sup>2</sup> H <sup>6</sup>
Teneur minima . . %	92,9	0,0	0,03	0,000	0,001	0,02
Teneur maxima . . %	99,6	6,1	3,38	0,235	0,330	2,79
Teneur moyenne . %	97,3	1,5	0,74	0,015	0,044	0,47

(1) Nos notes antérieures, relatives à ce sujet, ont été publiées dans les *Annales des Mines de Belgique*, année 1931, pp. 165-191; année 1932, pp. 191-321, et année 1933, pp. 151-180.

Ces études sont faites avec l'aide du Fonds National de la Recherche Scientifique, auquel nous renouvelons nos remerciements.

La seconde étape que nous nous sommes fixée est de préciser le mode de gisement des grisous, principalement dans les houilles, et d'arriver ainsi à une meilleure connaissance des dégagements explosifs de ces gaz naturels. Cette question a été l'objet d'opinions très contradictoires. A présent, il semble bien que les grisous sont condensés dans les houilles par *voie d'adsorption*. L'existence d'un pouvoir adsorbant marqué dans les houilles ne doit pas étonner si l'on considère ces combustibles solides comme résultant, au moins partiellement, des transformations qu'ont pu subir, au cours des âges, les matières colloïdales des dépôts originels (1).

Cependant il est fort possible que d'autres phénomènes interviennent, concurremment au pouvoir adsorbant; il est malheureusement peu aisé d'en faire une discrimination rigoureuse, et une étude plus poussée s'impose encore dans cette voie (2).

(1) « Considérations sur l'adsorption du grisou par les houilles. Le gisement de grisou dans les couches de houille », note de l'auteur parue dans les *Annales des Mines de Belgique*, année 1931, pp. 192 et suivantes.

(2) Les considérations suivantes semblent indiquer que l'absorption des gaz par les houilles se fait principalement par voie d'adsorption. Ce ne serait qu'en ordre subsidiaire que le phénomène de dissolution véritable interviendrait.

1<sup>o</sup>) Si l'on range les différents gaz dans l'ordre des volatilités décroissantes, les volumes de gaz adsorbés par un même adsorbant dans les mêmes conditions de température et de pression suivent une gradation ascendante. Cette loi observée avec les adsorbants artificiels reste vraie pour les houilles.

Le tableau suivant est emprunté à Iv. Graham (Trans. of the Inst. of Mining-Engineers, Febr. 1917. The Permeability of Coal to Air or Gas, and the solubilities of different Gases in Coal.). Il donne en centimètres cubes (réduits à 0° et 760 mm.) les volumes de quelques gaz adsorbés par 100 grammes d'un même charbon à 30° et 100°; l'échantillon a été broyé de façon à passer complètement au tamis de 200 mailles au pouce linéaire.

Nature du gaz.	Température normale d'ébullition (ou de sublimation).	Volumes adsorbés	
		à 30°.	à 100°.
H <sup>2</sup>	— 252° 8 C	6,81	3,80
N <sup>2</sup>	— 195° 7 C	57,60	11,50
CO	— 192° C	71,20	15,90
CH <sup>4</sup>	— 164° 7 C	non déterminé	25,00
CO <sup>2</sup>	— 78° 2 C	800,00	148,00

(Voir suite de cette note à la page suivante.)

Admettant, en première approximation, que les grisous sont véritablement condensés à la surface des colloïdes de la houille, il y a lieu de considérer une phase adsorbée (la majeure partie des grisous) en équilibre avec une phase gazeuse qui, libre dans les espaces intercolloïdaux et vides grossiers de la houille est seule responsable de la pression du méthane dans les couches. Cette pression, qui est en dernière analyse la cause déterminante des dégagements instantanés, dépend donc de la grandeur du pouvoir adsorbant de la houille considérée. Il était donc logique de rechercher en premier lieu quelles sont les variations du pouvoir adsorbant des divers types de houilles et de dégager ensuite la loi éventuelle de ces variations. La présente note résume les essais que nous avons faits dans cette voie.

Au point de vue des dégagements instantanés mêmes, nos expériences, faites dans les conditions normales de température et de pression, ne sont qu'un premier pas et devront être étendues et complétées notamment quant

2<sup>o</sup>) Les isothermes de dissolution sont linéaires. Par contre, celles relatives à l'absorption des gaz par les houilles rappellent l'allure des isothermes d'adsorption. (« The Adsorption or Solution of Méthane and other Gases in Coal, Charcoal and other Materials », by J. Ivon Graham.) Ces dernières d'ailleurs deviennent linéaires aux pressions élevées.

3<sup>o</sup>) Si l'absorption des gaz par les houilles tenait principalement du phénomène de dissolution véritable, on pourrait s'attendre à ce que, dans le cas du CH<sup>4</sup>, les charbons gras soient plus adsorbants que les houilles maigres. Or, ainsi que nous le montrons dans cette note, c'est l'inverse qui se produit.

Il semble donc bien que l'on puisse affirmer en première approximation que la fixation des gaz par les houilles relève en ordre principal de l'adsorption. Sans doute, aux pressions élevées qui doivent exister dans certains massifs grisouteux, les choses peuvent changer d'aspect et on ne peut affirmer a priori que, dans ces conditions, une véritable dissolution ne puisse se superposer à l'adsorption pure et simple. Il n'est d'ailleurs pas impossible qu'à de très fortes pressions, le méthane puisse d'une façon réversible entrer en combinaison avec certains constituants des houilles. Il faut avouer que beaucoup de choses restent à éclaircir dans ce domaine.

à l'influence des pressions plus élevées que supposent les volumes souvent énormes de grisou libérés dans certains dégagements explosifs.

Voici la division de cette note :

Chapitre I. Définition conventionnelle du pouvoir adsorbant.

Chapitre II. Partie expérimentale.

Chapitre III. Le pouvoir adsorbant des charbons belges.

Chapitre IV. Expériences diverses et conclusions.

Résumé.

## CHAPITRE I

### DEFINITION DU POUVOIR ADSORBANT

Les volumes de gaz adsorbés par un adsorbant donné dépendent :

- 1° De la température d'équilibre. Les volumes adsorbés varient en raison inverse de la température;
- 2° De la composition de la phase gazeuse. Dans le cas de phases gazeuses à constituant unique, les volumes adsorbés, faibles pour les gaz très volatils, deviennent rapidement importants pour les gaz lourds;
- 3° De la pression d'équilibre de la phase gazeuse. Pour une température donnée, la relation proposée par Freundlich rend assez fidèlement compte de l'influence du facteur pression

$$\frac{x}{m} = a P^n$$

$x$  est le volume de gaz adsorbé;

$m$  la masse d'adsorbant;

$P$  est la pression d'équilibre de la phase gazeuse;

$a$  et  $n$  sont des constantes qui dépendent, la première de la nature de l'adsorbant (grandeur de la surface active), la seconde de la nature du gaz adsorbé.

La figure I montre la forme isotherme de Freundlich.

$$\Delta \frac{x}{m}$$

On voit que la valeur du rapport  $\frac{x}{m \Delta P}$  est grande

aux basses pressions, tandis qu'aux pressions élevées, une augmentation considérable de la pression n'entraîne plus d'accroissement sensible du volume des gaz adsorbés.

Dans nos mesures, nous avons fixé les conditions expérimentales suivantes : la température d'équilibre était de  $0^{\circ}$ , température facile à maintenir constante. La pression d'équilibre de la phase gazeuse, composée de méthane pur et sec, était de 760 mm. (1).

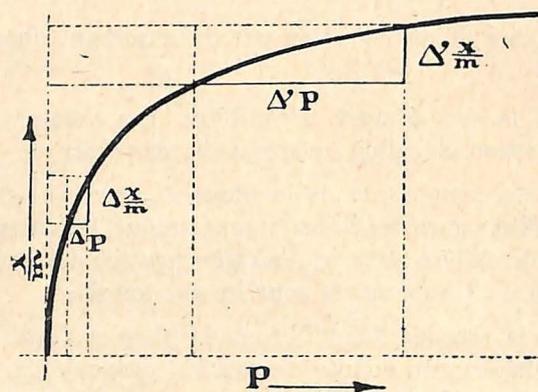


Fig. 1. — Forme des isothermes de Freundlich.

Nous définirons donc la grandeur du pouvoir adsorbant d'une houille par le nombre exprimant en centimètres cubes le volume de méthane adsorbé par gramme de charbon sec à  $0^{\circ}$  et sous une pression d'équilibre du méthane équivalent à celle exercée par une colonne de mercure de 760 mm. à  $0^{\circ}$  C.

(1) Nous ne nous plaçons donc pas dans les conditions de température de la mine. Cette température est d'ailleurs variable avec la profondeur.

En réalité, la pression d'équilibre s'écartait toujours quelque peu de 760 mm. Comme nous le verrons plus loin, on peut par le calcul réduire le pouvoir adsorbant observé à la pression  $P=760+\eta$  à ce qu'il serait pour la pression maintenue rigoureusement égale à 760 mm. de mercure. Il suffit de connaître la valeur de  $\frac{I}{\eta}$  avec une approximation même grossière, étant donné la faible valeur de  $\eta$ .

## CHAPITRE II

### PARTIE EXPERIMENTALE

La détermination d'un pouvoir adsorbant, telle que nous la pratiquons comporte :

- A. — La détermination expérimentale du nombre de centimètres cubes de méthane qu'adsorbe un gramme de charbon sec lorsque, maintenu à  $0^{\circ}$ , il est soumis à une pression d'équilibre du méthane égale à  $(760+\eta)$  mm. de mercure ( $\eta$  étant très petit) ;
- B. — La réduction (par le calcul) à la pression normale du pouvoir adsorbant observé sous la pression de  $(760+\eta)$  mm.

A. — Détermination du pouvoir adsorbant pour la pression d'équilibre du  $CH_4$  égale à  $(760+\eta)$  mm.

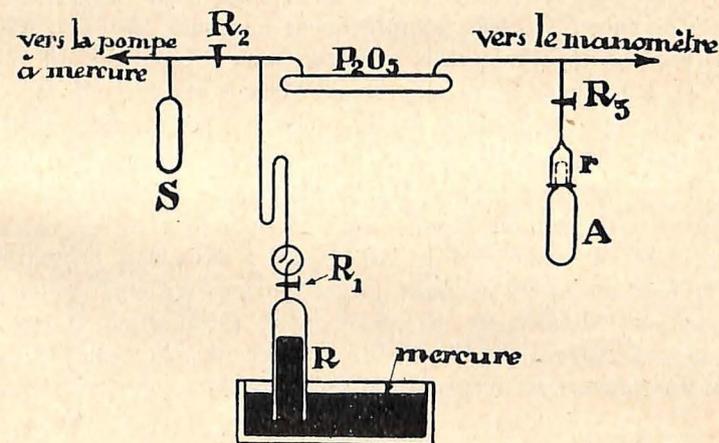


Fig. 2. — Appareil utilisé pour la détermination du pouvoir adsorbant.

L'appareil employé est représenté d'une façon très schématique à la figure 2. Il comprend essentiellement une ampoule, A, qui contiendra la poudre du charbon à étudier et que l'on peut isoler du reste des canalisations par le robinet  $R_3$ . Cette ampoule

communiqué à droite avec un manomètre dont le curseur à vernier permet la lecture des pressions à  $1/20^{\circ}$  de mm. près. A gauche, l'ampoule est en communication avec un ensemble de canalisations comprenant :

- 1) un tube de  $P_2O_5$  destiné à la dessiccation parfaite tant de l'adsorbant que de l'adsorbé;
- 2) en dérivation le réservoir à méthane, R., avec son robinet  $R_1$  et une boule à chicane (cette dernière évitera la projection dans l'appareil du mercure contenu dans la voie de  $R_1$  au début de l'introduction du méthane);
- 3) le robinet  $R_2$ ;
- 4) le condenseur à silice colloïdale, S. Celui-ci, immergé dans l'air liquide, permet de maintenir l'appareil sous vide complet et réalise rapidement l'extraction intégrale des gaz adsorbés (1);
- 5) une pompe à mercure.

L'ensemble des opérations est excessivement simple : On pèse dans l'ampoule A environ 20 grs. de charbon à étudier. Celui-ci, broyé de façon à passer complètement au tamis 200 (2), n'est pas desséché préalablement, mais son taux d'humidité est connu (3). L'ampoule étant maintenant fixée à son raccord rodé r, on ouvre tous les robinets et on place de l'air liquide sous le condenseur à silice. Le vide se fait progressivement dans l'appareil; on ferme le robinet  $R_1$  du réservoir à méthane dès que le mercure de celui-ci dépasse légèrement la voie de ce robinet. Bientôt la silice a réalisé le vide complet dans tout l'appareil. Ce vide est maintenu pendant quatre journées entières; ce temps est apparu absolument nécessaire pour l'extraction intégrale des gaz et, surtout, de l'humidité adsorbés au charbon (4). Au bout de ce temps, on ferme  $R_2$  et, chauffant la silice vers  $100^{\circ}$ , on

(1) Du moins en l'absence, réelle dans notre cas, d'hydrogène, d'hélium et de néon.

(2) Ce tamis présente 5.184 mailles environ par centimètre carré.

(3) Il nous semble utile d'insister sur le fait que seule la dessiccation prolongée à température ordinaire dans le vide sur l'anhydride phosphorique donne lieu à une détermination rationnelle de l'humidité.

(4) Nous insistons sur la nécessité de dessécher entièrement le charbon à étudier. Un charbon tant soit peu humide adsorbe beaucoup moins qu'un charbon sec. Les résultats ne peuvent être comparables que pour des charbons complètement privés d'eau adsorbée.

vide entièrement au moyen de la pompe à mercure l'ensemble des canalisations qui, à gauche de  $R_2$ , comprend le condenseur à silice.

On réalise maintenant l'adsorption du méthane. Celui-ci, préparé par distillation fractionnée de grisou, est introduit dans le réservoir R et de là dans tout l'appareil (à l'exception des canalisations à gauche du robinet  $R_2$  qui est resté fermé). Pendant toute la durée de l'établissement de l'équilibre d'adsorption, l'ampoule A reste plongée dans un thermostat à glace fondante et de nouvelles quantités de méthane sont introduites de façon à garder constamment dans l'appareil une pression voisine de 760 mm. de mercure. Ce n'est qu'au bout de trois à quatre jours que la pression reste constante. Cette pression d'équilibre,  $(760 + \eta)$  mm., est alors lue avec précision au manomètre de l'appareil et le robinet  $R_3$  est aussitôt fermé.

On commence maintenant l'extraction du méthane. On extrait d'abord le gaz contenu dans les canalisations et le réservoir à mercure R; le robinet  $R_3$  reste fermé pendant cette opération. Ensuite l'on extrait pendant trois jours le méthane contenu dans l'ampoule A ( $CH_4$  adsorbé +  $CH_4$  remplissant sous la pression de  $(P + \eta)$  mm. de mercure le volume libre de l'ampoule et les vides grossiers et intercolloïdaux du charbon).

Soit  $V_A$  le volume total extrait de A et réduit à ce qu'il serait sec à  $0^{\circ}$  et sous la pression normale. Soit  $V_E$  le volume de l'espace libre de l'ampoule et dans les pores du charbon; ce volume  $V_E$  est la différence entre le volume de l'ampoule, déterminé par pesées de mercure, et le volume réel du charbon, calculé à partir de la densité vraie de ce dernier. Si nous appelons  $M_c$  la masse du charbon sec mis en œuvre, le volume de  $CH_4$  adsorbé par gramme de combustible sec sera

$$V_A = \frac{V_E \times (P + \eta)}{760} \quad (1)$$

$$M_c$$

La méthode que nous venons de décrire est longue. Pour gagner du temps, nous avons employé un appareil permettant

(1) Ce volume s'entend évidemment sec à  $0^{\circ}$  et sous la pression normale.

de faire simultanément quatre déterminations. L'appareil est représenté avec ses principaux détails à la figure 3; on y reconnaîtra les éléments essentiels du schéma de la figure 2 (1).

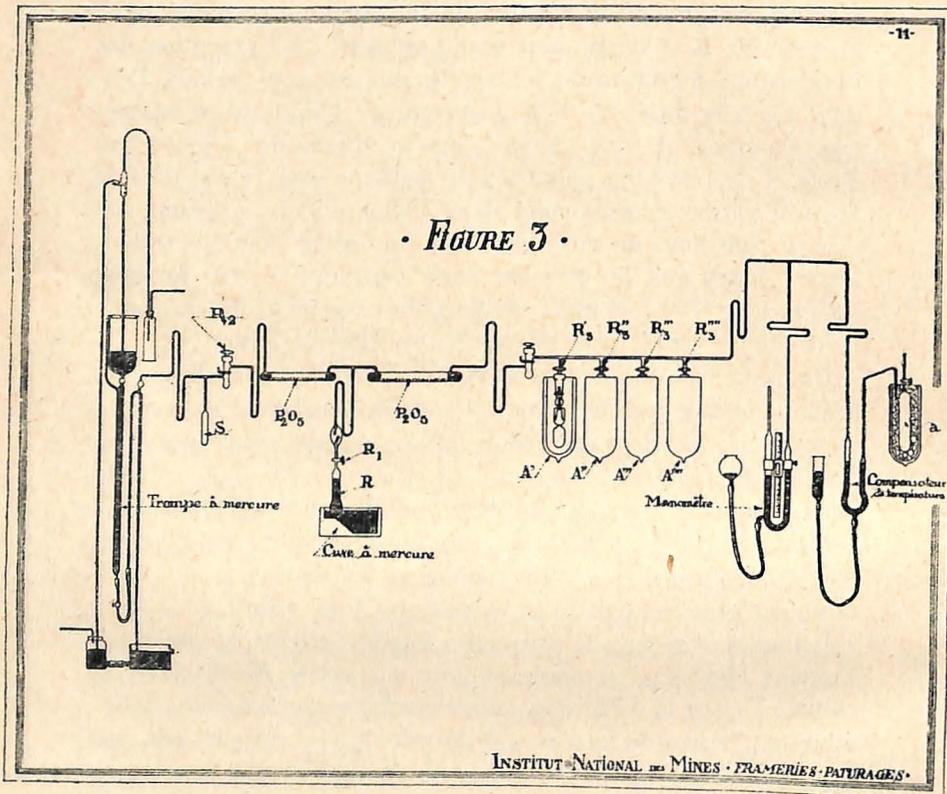


Fig. 3 — Appareil utilisé pour détermination simultanée de quatre pouvoirs adsorbants.

(1) L'appareil porte en outre un compensateur de température, non représenté à la figure 2. Cet appareil, dont il est superflu de décrire le principe, nous facilitait le maintien d'une pression constante dans l'appareil dont les parties, non immergées dans le thermostat, sont sujettes aux variations de la température ambiante. Ces variations de température, entraînant des variations de pression, devaient de temps en temps être corrigées par l'augmentation ou la diminution de l'espace nuisible du manomètre. Ces corrections étaient facilitées en se rapportant à la pression étalon (environ 760 mm.) d'une masse de gaz maintenue à température et sous volume constants (ampoule a).

B. Réduction du pouvoir adsorbant observé sous la pression de  $(760 + \eta)$  mm. à ce qu'il serait sous la pression normale.

Désignons par  $\left(\frac{x}{m}\right)_{760 + \eta}$  le volume de méthane, en  $\text{cm}^3$ , adsorbé par gramme de charbon sec, à  $0^\circ$  et sous la pression d'équilibre expérimentale de  $(760 + \eta)$  mm. Au moyen des deux équations suivantes, on calculera  $\left(\frac{x}{m}\right)_{760}$  le volume de méthane adsorbé sous la pression normale.

$$\left(\frac{x}{m}\right)_{760 + \eta} = a \times (760 + \eta)^{\frac{1}{n}}$$

$$\left(\frac{x}{m}\right)_{760} = a \times 760^{\frac{1}{n}}$$

On en tire

$$\log\left(\frac{x}{m}\right)_{760} = \log\left(\frac{x}{m}\right)_{760 + \eta} - \frac{1}{n} [\log(760 + \eta) - \log 760]$$

Pour la constante  $1/n$  nous avons adopté la valeur 0,565 moyenne de deux déterminations faites sur des charbons différents (1).

(1) De deux déterminations faites sur un premier charbon, nous avons obtenu les données suivantes :

- 1<sup>o</sup>) Equilibre à  $0^\circ$  et 778,48 mm. . . . .  $\left(\frac{x}{m}\right)_{778,48} = 6,216 \text{ cm}^3$
- 2<sup>o</sup>) Equilibre à  $0^\circ$  et 745,87 mm. . . . .  $\left(\frac{x}{m}\right)_{745,87} = 6,072 \text{ cm}^3$

$$d'où \frac{1}{n} = \frac{\log 6,216 - \log 6,072}{\log 778,48 - \log 745,87} = 0,548.$$

Deux nouvelles déterminations, faites sur un autre échantillon, nous ont donné les chiffres ci-dessous :

- 1<sup>o</sup>) Equilibre à  $0^\circ$  et 763,12 mm. . . . .  $\left(\frac{x}{m}\right)_{763,12} = 5,276 \text{ cm}^3$
- 2<sup>o</sup>) Equilibre à  $0^\circ$  et 731,61 mm. . . . .  $\left(\frac{x}{m}\right)_{731,61} = 5,148 \text{ cm}^3$

$$\text{On en tire : } \frac{1}{n} = 0,582.$$

La moyenne des deux déterminations de  $\frac{1}{n}$  sera donc :

$$\frac{0,548}{0,582}$$

$$1,130 : 2 = 0,065.$$

Comme dans nos mesures du pouvoir adsorbant, la valeur de l'écart  $\eta$  est très minime (quelques millimètres), la précision obtenue pour la détermination de  $\frac{1}{n}$  est largement suffisante.

## CHAPITRE III

## LE POUVOIR ADSORBANT DES CHARBONS BELGES

Les tableaux annexés à ce chapitre donnent le pouvoir adsorbant et les résultats de l'analyse immédiate d'une soixantaine de charbons belges.

On verra que les propriétés adsorbantes des houilles relèvent, sinon exclusivement, du moins en ordre principal, de la matière organique de la roche et non des matières minérales qui s'y trouvent incluses en plus ou moins grande proportion. La preuve en est fournie indirectement par le fait que les pouvoirs adsorbants, mesurés sur des charbons réels, ne deviennent comparables qu'après la déduction des cendres. Il suffit de parcourir nos résultats pour se rendre compte du bien-fondé de cette remarque.

L'absence complète d'intervention de la partie minérale ne peut être prouvée. D'ailleurs, dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne saurions faire le départ entre la partie minérale entrant réellement dans la composition de la houille et celle que les particularités de la sédimentation peuvent y avoir introduite comme impuretés.

Quoi qu'il en soit, la classification systématique des houilles au point de vue de leurs propriétés adsorbantes ne peut se faire qu'en se rapportant au « charbon vrai », c'est-à-dire cendres et humidité déduites. Cette abstraction, simple instrument de classification, ne peut faire oublier que c'est la houille telle quelle qui est le réservoir de grisou et que partant, seul le pouvoir adsorbant de la roche entière soit susceptible d'intéresser directement le mineur.

**Pouvoir adsorbant**  
**de divers charbons belges**

---

## Pouvoir adsorbant de

BASSIN	No de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
M. N. O. M.	28	Ch. du Hainaut, à Hautrage.	Espérance.	18 <sup>e</sup> Veine, à 570 m., laie du toit.
	29	Id.	Id.	Idem, laie du mur.
	26	Id.	Id.	19 <sup>e</sup> Veine, à 570 m., laie du toit.
	27	Id.	Id.	Idem, laie du mur.
	12	Produits et Nord du Rieu-du-Cœur.	Nord du Rieu-du-Cœur.	18 <sup>e</sup> Veine (Couchant), à 861 mètres, laie du toit.
	13	Id.	Id.	18 <sup>e</sup> Veine (Couchant), à 925 mètres, laie du toit.
	3	Id.	Id.	19 <sup>e</sup> Veine, à 715 m., laie du toit.
	8	Id.	Id.	Idem, laie du mur.
	7	Id.	Id.	18 <sup>e</sup> Veine, à 861 m., laie du toit.
	6	Id.	Id.	Idem, laie du mur.
	14	Grand-Hornu.	N <sup>o</sup> 7.	Echantillon provenant du dégagement survenu le 29-3-1933 dans le nouveau Nord de 717 m., à 590 m. du puits n <sup>o</sup> 2.
	24	Hornu et Wasmes.	Puits n <sup>o</sup> 7.	Belle et Bonne, à 752 m.
	23	Id.	Id.	Carlher, à 752 m.
	25	Id.	Id.	Petite Veine à l'Aune, à 837 m.
	22	Id.	Puits n <sup>o</sup> 8.	Grande Gossette, à 682 m.
15	Id.	Id.	Veine à mouches, à 682 m., laie du mur.	

## divers charbons belges

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. vrai.	
	H <sub>2</sub> O %	M. V. %	Cendr. %	M. V. %	Cendr. %	Pouv. ads.	M. V. %	Pouv. ads.
Couches sans dégagements instantanés; se rencontrent aussi au puits Nord du Rieu-du-Cœur où elles sont à dégagements instantanés au-dessus de la grande faille de transport.	1,01	19,18	12,68	19,38	12,81	5,229	22,22	5,997
	0,97	18,70	14,0	18,88	14,24	5,081	22,02	5,925
	0,92	19,73	7,21	19,91	7,28	5,514	21,48	5,947
(15-5-1933)	1,14	18,46	4,91	18,67	4,97	5,555	19,65	5,846
Ces 2 couches, équivalentes de celles de même nom du siège Espérance des Ch. du Hainaut, sont sans dégagements instantanés en dessous de la grande faille de transport (18 <sup>e</sup> à 861 m. et 19 <sup>e</sup> à 715 m.). Elles sont à dégagements instantanés au-dessus de cette faille (à 925 m.). Les dégagements se présentent surtout dans les laies du toit.	0,6	16,22	3,80	16,32	3,82	5,631	16,97	5,855
	0,66	13,94	2,68	14,03	2,70	6,586	14,42	6,769
	0,91	17,24	2,00	17,40	2,02	5,863	17,70	5,984
	0,79	21,97	14,26	22,14	14,37	4,988	25,86	5,825
	0,80	14,51	2,49	14,64	2,51	6,804	18,03	6,878
	0,80	14,51	2,49	14,64	2,51	6,804	18,02	6,878
(14 et 28-3-1933)	0,80	17,54	9,72	17,68	9,80	6,694	19,60	6,756
(30-3-1933)	0,79	13,39	8,38	13,50	8,45	6,314	14,74	6,897
Couches très faiblement gris-souteuses.	1,53	30,74	5,68	31,22	5,77	4,801	33,13	5,095
	1,20	30,53	3,89	30,93	3,94	4,964	32,20	5,168
	1,22	28,82	2,24	29,18	2,27	5,103	29,85	5,222
	1,61	32,51	1,98	33,04	2,01	5,046	33,72	5,150
(28-3 et 27-4-1933)	1,71	31,88	3,09	32,43	3,14	5,197	33,49	5,366

## Pouvoir adsorbant de

BASSIN	No de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
MONS	30	Charbonnages Belges.	No 7. (Crachet-Picquery)	Veine no 8, à 980 m.
	11	Id.	No 10 de Griseul.	St-Isaac (1er droit), à 1.150 mètres.
	10	Id.	Id.	St-Edouard (2e plat), à 1.150 mètres.
	40	Id.	No 3. Grand-Trait.	Veine no 4 recoupée par le bouveau Sud, à 950 m.
	41	Id.	Id.	Idem.
	38	Charb. Unis de l'Ouest de Mons.	No 7 Belle-Vue.	Grande Chevalière (droit, levant), à 970 m.
	36	Id.	Id.	Petite Chevalière (droit, levant), à 970 m.
	37	Id.	Id.	Mouton (droit, levant), à 970 m.
	39	Id.	Id.	Grande Chevalière (plat, levant), à 970 m.

## divers charbons belges

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. vrai.	
	H <sub>2</sub> O %	M. V. %	Cendr. %	M. V. %	Cendr. %	Pouv. ads.	M. V. %	Pouv. ads.
3e catégorie. (19-5-1933)	1,42	18,40	10,54	18,67	10,69	4,917	20,90	5,506
Comp.: bézier, 0,05; laie, 0,40; haver., 0,02; charb., 0,50. L'échantillon a été prélevé dans la laie de 0,40. (27-3-1933)	0,70	17,85	2,58	17,98	2,60	5,448	18,46	5,594
Comp.: bézier, 0,10; charb., 0,15; bézier, 0,10; charb., 0,25; caill. gris, 0,15; charbon, 0,40; faux-mur, 0,20. Echantillon prélevé dans la laie de 0,15. (30-3-1933)	0,79	17,17	2,76	17,31	2,78	5,725	17,80	5,889
Comp.: charb., 0,50; caill., 0,02; charb., 0,19; caill., 0,10; charb., 0,04; caill., 0,06; bézier charb., 0,05; caill., 0,10; charb., 0,29; faux-mur, 0,18. (fin mai et 21-7-1933)	1,21	18,86	2,15	19,09	2,18	5,610	19,52	5,735
Veine très irrégulière de 0,20 à 1,65 d'ouverture. (31-5-1933)	0,50	19,60	3,99	19,70	4,01	5,452	20,52	5,680
Veine très irrégulière de 0,20 à 1,65 d'ouverture. (31-5-1933)	0,59	21,70	1,99	21,83	2,00	5,017	22,27	5,119
Veine très irrégulière de 0,20 à 2,10 d'ouverture. (31-5-1933)	0,64	20,84	3,44	20,97	3,46	5,307	21,73	5,497
Comp. de la couche quand elle est régulière: laie, 0,14; haveries, 0,03; laie, 0,40; faux-mur, 0,20; laie, 0,15. (31-5-1933)	0,50	20,83	2,53	2,93	2,54	5,378	21,48	5,518
Comp. de la couche quand elle est régulière: faux-toit, 0,40; laie, 0,30; laie, 0,40. (31-5-1933)	0,69	20,32	1,98	20,46	1,99	5,442	20,88	5,553

## Pouvoir adsorbant de

BASSIN	No de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
MONS	61	Charb. du Levant et des Produits du Flénu.	No 12.	Grande Bechée en droit, à l'étage de 180 m.
	62		Id.	Payez Levant en droit, à l'étage de 315 m.
	63		No 25.	Veine à Forges en plat, à l'étage de 824 m.
CENTRE	2	Ressaix, Leval, Péronnes, Ste-Aldegonde et Genck.	Ste-Marguerite.	Veine n° 6 (non encore identifiée), à 750 m.
	1	Id.	Ste-Aldegonde.	St-Jean (Hugo), à 633 m.
	4	Id.	Id.	Idem.
	3	Id.	Leval.	Léon, à 315 m.

## divers charbons belges

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. vrai.	
	H <sub>2</sub> O %	M.V. %	Cendr. %	M.V. %	Cendr. %	Pouv. ads.	M.V. %	Pouv. ads.
	2,75	33,25	3,35	34,19	3,45	4,931	35,41	5,107
	1,61	31,87	5,20	32,39	5,29	4,651	34,20	4,911
(fin octobre 1933)	0,78	27,40	3,32	27,62	3,35	4,531	28,57	4,688
Echantillon recueilli à 4 m. du fond du bouveau de 750 m. après dégagement instant. survenu le 12-12-1932. (12-12-1932)	1,27	13,05	14,58	13,20	14,77	6,409	15,49	7,520
Echantillon recueilli après dégagement instantané survenu le 19-11-1932 à front d'un bouveau montant issu du niveau de 670 m. (19-11-1932)	1,21	13,10	16,33	13,26	16,53	5,698	15,89	6,826
Echantillon provenant d'un dégagement survenu à front de bouveau le 18-1-1933 en un point situé à 21 m. en avant du dégagement du 19-11-1932. (18-1-1933)	0,96	12,85	4,08	12,97	4,12	5,325	13,53	5,554
Echantillon prélevé à proximité du forage qui a donné le grisou n° 82. Comp.: escaill. grises, 0,01; sillon, 0,64; escaill. charb., 0,01; charb., 0,01; sillon, 0,45 (éch.). (9-12-1932)	1,51	17,53	6,27	17,80	6,37	6,063	19,01	6,476

## Pouvoir adsorbant de

## divers charbons belges

BASSIN	N° de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
CHARLEROI	44	Grand Conty, Spinois.	Spinois.	10 Paumes (Grande Veine), à 100 m.
	45	Centre de Jumet.	St-Louis.	1 <sup>re</sup> Veine (Grande Veine), à 293 m.
	43	Amereœur.	Chaumonceau.	Malfaite (Grande Veine), à 575 m.
	50	Id.	Id.	10 Paumes (Grande Veine), à 575 m.
	20	Gouffre.	No 9.	Marengo (Levant), à 293 m.
	18	Id.	No 10.	Petit Mazarin (4 <sup>me</sup> plat levant, taille 1), à 275 m.
	19	Id.	Id.	Mazarin (3 <sup>me</sup> plat couchant, taille 2), à 275 m.
	21	Id.	No 7.	8 Paumes (Couchant), à 715 m.

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. v. r.	
	H <sub>2</sub> O %	M.V. %	Cendr. %	M.V. %	Cendr. %	Pouvr ads.	M.V. %	Pouvr ads.
Couche classée sans grisou. Comp.: 1 sillon unique de 1m,20. (27-7-1933)	1,66	10,65	1,78	10,83	1,81	7,231	11,03	7,364
1 <sup>re</sup> catégorie. Comp.: escaille, 0,25 à 0,30; sillon, 0,80 à 1,00. (27-7-1933)	1,18	10,06	3,11	10,18	3,15	7,915	10,51	8,172
1 <sup>re</sup> catégorie. Comp.: 1 sillon unique de 1,00. Le point de prélèvement est situé au Nord et à proximité de la Faille du Centre. (27-7-1933)	0,88	12,63	8,14	12,74	8,21	7,475	13,88	8,144
1 <sup>re</sup> catégorie. Comp.: escaille, 0,37; sillon, 0,80. Le point de prélèvement est situé au Sud de la Faille du Centre. (27-7-1933)	0,85	10,86	2,85	10,95	2,87	8,079	11,28	8,318
Couche peu grisouteuse. Comp.: escaille, 0,15; charb., 1,00 (éch.); terre, 0,05; charb., 0,40. (7-4-1933).	0,94	12,12	4,94	12,24	4,99	7,517	12,88	7,912
Couche peu grisouteuse. Comp.: faux toit, 0,25; sillon, 0,35 (éch.); escailles av. rognons, 0,02; charb., 0,10; escailles, 0,08; charbon, 0,15. (1-4-1933)	1,04	12,31	2,36	12,44	2,39	7,471	12,74	7,654
Couche peu grisouteuse. Comp.: sillon, 0,43; faux mur, 0,36. (6-4-1933)	0,74	11,17	2,09	11,25	2,11	7,565	11,50	7,728
Couche très peu grisouteuse. Comp.: faux-toit, 0,10; charbon, 0,70; faux-mur, 0,05. (14-4-1933)	0,90	8,94	4,01	9,02	4,05	7,653	9,40	7,976

## Pouvoir adsorbant de

BASSIN	No de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
CHARLEROI	46	Réunis de Charleroi.	Sacré-Français.	10 Paumes (Grande Veine), à 712 m.
	47	Id.	No 1.	10 Paumes (Grande Veine), à 950 m.
	42	Sacré-Madame.	Blanchisserie.	8 Paumes (Grande Veine), à 923 m.
	48	Monceau-Fontaine (Division Marcinelle-Nord).	No 11.	10 Paumes (Grande Veine), à 956 m.
	34	Forté-Taille.	Espinoy.	Echantillon provenant d'un dégagement instantané survenu au début de juin 1933 dans le nouveau Midi de 850 m. lors de la recoupe d'une couche à 2.334 m. du puits.
	34b			
	35	Id.	Id.	Echantillon provenant d'un dégagem. survenu à la même époque, dans le même nouveau, lors de la recoupe d'une couche à 2.342 m. du puits.
	35b			
	49	Bois-de-Cazier.	Puits St-Charles.	8 Paumes (Grande Veine), à 835 m.
	16	Id	Id	Pistole, à 835 m.
	17	Id	Id.	11 Paumes (1 <sup>re</sup> taille couchant), à 975 m.

## divers charbons belges

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. vrai.	
	H <sub>2</sub> O %	M.V %	Cendr. %	M.V. %	Cendr. %	Pouv. ads.	M.V. %	Pouv. ads.
2 <sup>e</sup> catégorie. Comp.: 1 sillon unique de 0,80. (26-7-1933)	1,17	8,94	4,75	9,05	4,81	8,100	9,50	8,509
2 <sup>e</sup> catégorie. Echantill. prélevé dans taille 1 couch. par défoncement sous 950 m. (26-7-1933)	1,26	8,41	2,72	8,52	2,76	8,222	8,76	8,456
2 <sup>e</sup> catégorie. Comp.: charb., 0,10; schiste, 0,11; charb., 0,12; escaille grise, 0,65; sillon, 0,72 (éch.); faux-mur, 0,10. (26-7-1933)	0,68	9,00	2,74	9,06	2,76	8,411	9,32	8,650
3 <sup>e</sup> catégorie. Comp.: 1 sillon de 0,95. (26-7-1933)	0,80	14,20	2,57	14,31	2,59	6,556	14,70	6,730
Echantillon moyen broyé juste passage tamis 200.	1,19	10,52	9,74	10,65	9,86	7,117	11,81	7,896
Morceaux choisis de 5 à 6 mm. de diamètre.	0,82	10,44	9,50	10,52	9,58	7,103	11,64	7,856
Echantillon moyen broyé juste passage tamis 200.	2,13	9,19	8,05	9,39	8,23	7,202	10,23	7,848
Morceaux choisis de 5 à 6 mm. de diamètre.	0,86	9,54	8,88	9,62	8,96	6,853	10,57	7,528
3 <sup>e</sup> catégorie. Comp.: 1 sillon de 0,65. (26-7-1933)	0,64	18,86	6,06	18,98	6,10	5,924	20,21	6,309
Comp.: escaille, 0,40; charb., 0,70 (correspond au forage du grisou n° 85). (9-1-1933)	0,75	18,15	3,96	18,29	3,99	5,628	19,05	5,862
Comp.: charb., 0,08; escaille, 0,90; laie, 1,30 (correspond au forage du grisou n° 86). (9-1-1933)	0,89	14,80	4,73	14,93	4,77	5,898	15,68	6,193

## Pouvoir adsorbant de

BASSIN	No de l'échantillon	INDICATIONS D'ORIGINE.		
		Charbonnages.	Siège.	Couche.
LIEGE	51	Abhooz et Bonne-Foi-Hareng.	Milmort.	Grande Veine d'Oupeye, à 340 m.
	31	Marihaye.	Vieille-Marihaye.	Grand Joli Chêne, droit, à 572 m.
	32	Six-Bonniers.	Nouveau Siège.	Chêne, à 565 m. (au N.-E. dans plat 2bis).
	33	Id.	Id.	Diamant, à 875 m. (au N.-E. dans le plat inférieur sous la faille plate).
CAMPINE	58	Beerlingen.	Waterschei.	Couche « 75 » Est, à 789 m.
	56	André Dumont.		Veine de 1m,05 à l'étage de 608 m. (chantier Couchant, 1er bouveau de recoupe Midi).
	57	Id.	Id.	Veine de 0m,68 à l'étage de 700 m. (chantier Levant, 4e bouveau de recoupe Nord).
	60	Winterslag.	Winterslag.	Veine n° 5 à l'étage de 600 mètres, au Midi des puits (chantier Sud-Est, côté Levant).
	59	Id.	Id.	Veine n° 13 à l'étage de 660 mètres, au nord des puits (chantier Levant).
	55	Limbourg-Meuse.	Eysden.	Couche n° 32 à l'étage de 700 m. (1re taille Levant).
	54	Id.	Id.	Couche n° 18 à l'étage de 700 m. (1re taille Couch.).
53	Id.	Id.	Couche n° 11 au niveau de 630 m. (3e taille Levant-Sud).	

## divers charbons belges

REMARQUES.	Résultats sur charbon tel quel.			Résultats sur charbon sec.			Résultats s. charb. vrai.	
	H <sub>2</sub> O %	M. V. %	Cendr. %	M. V. %	Cendr. %	Pouv. ads.	M. V. %	Pouv. ads.
Comp.: charb., 0,75; faux-mur, 0,10. (10-8-1933)	1,29	7,70	6,89	7,80	6,98	8,747	8,39	9,403
Comp.: charb., 0,20; charb., 0,30; schiste, 0,04; charb., 0,25; schiste, 0,05. (22-5-1933)	0,72	17,59	5,69	17,72	5,73	4,822	18,79	5,115
Comp. norm.: faux-toit, 0,08 à 0,12; laie, 0,15; laie, 0,25 (éch.); intercal., 0,03 à 0,04; laie, 0,25; faux-mur, 0,12/0,15. (22-5-1933)	0,81	15,61	3,17	15,74	3,20	5,885	16,26	6,080
Comp.: faux-toit, 0,07 à 0,10; laie, 0,65 à 0,80 (éch.); faux-mur, 0,35 à 0,40; laie, 0,08 à 0,10; faux-mur, 0,40 à 0,50. (22-5-1933)	0,87	13,76	4,50	13,88	4,54	6,115	14,54	6,406
(27-10-1933)	1,25	27,31	7,27	27,66	7,36	4,201	29,85	4,535
	0,75	27,52	2,79	27,73	2,81	4,392	28,53	4,519
(23-10-1933)	1,93	27,46	1,20	28,00	1,22	4,900	28,35	4,960
	0,94	24,66	12,58	24,89	12,70	3,731	28,51	4,274
(26-10-1933)	1,27	22,67	0,49	22,96	0,50	5,227	23,08	5,253
	1,28	33,34	4,79	33,77	4,85	4,691	35,50	4,930
	1,08	28,54	4,16	28,85	4,21	4,478	30,12	4,675
(26-10-1933)	1,04	23,47	2,59	23,72	2,62	4,972	24,35	5,106

## CHAPITRE IV

## EXPERIENCES DIVERSES ET CONCLUSIONS

§ 1. — *L'oxydation des échantillons pendant leur préparation.  
L'influence de cette altération sur la grandeur  
du pouvoir adsorbant.*

On sait l'aptitude réactionnelle de certains charbons vis-à-vis de l'oxygène. Par l'oxygène naissant, il est même possible de régénérer certains acides humiques des stades intermédiaires de la fossilisation. Cette aptitude réactionnelle est surtout marquée pour les houilles fraîchement extraites.

On pourrait donc se demander si les modifications chimiques consécutives à l'oxydation sont de nature à pouvoir changer sensiblement le pouvoir adsorbant. La question a son importance, puisque, pendant le broyage et le tamisage, nous exposons les échantillons pendant des heures entières à l'action de l'air.

Nous nous étions proposé d'élucider ce point par la détermination des pouvoirs adsorbants de deux prises d'essai d'un même charbon, la première ayant subi un simple broyage, la seconde ayant été soumise en outre à l'action plus ou moins prolongée de l'ozone. A la réflexion, nous avons renoncé à ces essais qui, somme toute, ne nous auraient rien appris. En effet, supposons que l'échantillon ozonisé eut accusé une altération sensible du pouvoir adsorbant, dans l'un ou l'autre sens. On n'aurait pu en conclure grand chose étant donné la disproportion entre l'oxydation profonde par l'ozone et celle résultant de l'exposition sous la pression partielle assez faible de l'oxygène dans l'air. Si au contraire les deux prises n'accusaient aucune différence sensible, l'incertitude subsistait entière, puisqu'il est pratiquement impossible de prouver que la phase principale d'oxydation n'a pas eu lieu depuis l'extraction jusqu'à la fin du broyage.

La suite des expériences suivantes permet, nous semble-t-il, d'affirmer l'influence nulle de l'oxydation superficielle des échantillons par l'air.

Nous avons déterminé le pouvoir adsorbant d'un même charbon sur deux prises, dont l'une a été broyée et tamisée dans les conditions ordinaires de la préparation des échantillons et dont l'autre était composée de grains de 5 à 6 mm. du même charbon. On verra au paragraphe suivant que les deux échantillons nous ont donné un pouvoir adsorbant sensiblement égal. Cependant il nous a été possible d'extraire de l'échantillon en grains des volumes non négligeables de méthane, preuve que l'air n'avait pas déplacé entièrement le grisou originel. Les deux prises représentaient donc des fragments d'une même houille ayant subi très inégalement l'action oxydante de l'air. Les deux échantillons nous ayant donné le même pouvoir adsorbant, on peut en déduire, nous semble-t-il, l'influence, sinon nulle, du moins négligeable de l'altération par l'air.

§ 2. — *Le degré de finesse des échantillons de charbon  
et son influence sur la grandeur du pouvoir adsorbant.*

Résultant d'une action de surface, le pouvoir adsorbant d'une matière doit augmenter, lorsque, par un broyage énergique, sa surface se trouve accrue. Nous nous sommes donc demandé si, dans la préparation des échantillons, le broyage jusque passage complet au tamis 200 (5.184 mailles par  $\text{cm}^2$ ) pouvait modifier d'une façon sensible le pouvoir adsorbant des échantillons examinés.

A priori, la réponse ne pouvait être douteuse, l'augmentation de surface par le broyage ne pouvant être que négligeable vis-à-vis de l'énorme surface de l'édifice colloïdal de la pâte de la houille.

Voici quelques preuves corroborant cette manière de voir.

Nous avons d'abord déterminé les volumes de méthane adsorbés (dans les conditions opératoires exposées au chapitre II) par des poids donnés de verre broyé à différents degrés de

finesse. Le tableau ci-dessous donne les résultats de ces expériences :

	Fract. 1. Fract. 2. Fract. 3. Fract. 4.			
	Finesse limitée par les tamis (mailles au cm <sup>2</sup> )			
	900 et 1.600	1.600 et 2.500	2.500 et 4.900	pas le tamis de 4.900
Poids mis en œuvre (gr.) . . . . .	50,947	56,577	51,946	47,481
Pression d'équilibre du méthane.	758,50 mm.			
CH <sup>4</sup> absorbé, en cm <sup>3</sup> . . . . .	- 0,09	+ 0,03	- 0,09	+ 0,29

Pour les trois premières fractions, les chiffres trouvés, d'ailleurs négatifs pour les fractions 1 et 3, sont de l'ordre de grandeur des erreurs résultant inévitablement du nombre assez élevé de mesures faites au cours d'une détermination. Seule, la fraction 4 montre une légère adsorption (0,29 cm<sup>3</sup> pour 47,5 grs), entièrement négligeable si l'on considère que les volumes adsorbés par une masse équivalente de charbon peuvent atteindre 400 à 500 cm<sup>3</sup>. Donc, le broyage, en tant que facteur augmentant la surface des échantillons examinés, ne peut modifier d'une façon sensible le pouvoir adsorbant de ceux-ci.

Cette conclusion, ainsi que nous le verrons plus loin, a une certaine importance au point de vue des dégagements instantanés. Il nous a paru utile de l'étayer par d'autres essais pratiqués directement sur les charbons.

Les n<sup>os</sup> 34 et 34bis des tableaux du chapitre II se rapportent à un même échantillon de charbon projeté lors d'un dégagement instantané survenu en juin 1933 au siège Espinoy du Charbonnage de Forte-Taille. Le dégagement s'est produit, au Nouveau midi de S50 m., à la recoupe d'une couche située à 2.334 m. du puits. Le charbon était pulvérisé et les grains qu'il contenait encore s'écrasaient sous la moindre pression des doigts. Le n<sup>o</sup> 34 de notre classification représente une partie moyenne de l'échantillon broyée jusqu'au passage au tamis 200; pour le n<sup>o</sup> 34bis, nous avons pris des morceaux de 5 à 6 mm.

Quelques jours plus tard, un dégagement instantané survenait au même nouveau à la recoupe d'une seconde couche à 2.342 m. du puits. Le charbon avait le même aspect que le précédent bien

que les grains parussent moins friables. En partant de cet échantillon, nous avons composé le n<sup>o</sup> 35, partie représentative de l'échantillon broyée jusqu'au passage au tamis 200, et le n<sup>o</sup> 35bis, comprenant des morceaux de 5 à 6 mm.

Le tableau ci-dessous rappelle les résultats obtenus dans la détermination des pouvoirs adsorbants (1).

N <sup>o</sup>	Nature de l'échantillon.	Charbon sec.		Charbon « vrai ».		
		M.V.	Cend.	P.Ads.	M.V.	P.Ads.
		%	%	%.		
<i>Couche de 2.334 mètres :</i>						
34	Partie broyée . . . . .	10,65	9,86	7,117	11,81	7,896
34bis	Morceaux de 5 à 6 mm.	10,52	9,58	7,103	11,64	7,856
<i>Couche de 2.342 mètres :</i>						
35	Partie broyée . . . . .	9,39	8,23	7,202	10,23	7,848
35bis	Morceaux de 5 à 6 mm.	9,62	8,96	6,853	10,57	7,528

On remarquera la concordance, quasi parfaite pour les n<sup>os</sup> 34 et 34bis. En ce qui concerne les n<sup>os</sup> 35 et 35bis, la concordance, moins bonne, reste très satisfaisante. L'écart, plus grand pour ces deux derniers numéros, peut d'ailleurs parfaitement s'expliquer par l'imperméabilité, réellement plus grande, du charbon du second dégagement (2).

(1) Pour ces déterminations spéciales, nous avons augmenté considérablement la durée des diverses opérations. Ainsi, l'extraction de l'air et de l'humidité a été prolongée pendant 17 jours, au lieu de 4 pour les déterminations ordinaires (voir chapitre II). On a laissé s'établir l'équilibre pendant 9 jours, au lieu de 4, et l'extraction du méthane adsorbé a été poursuivie pendant 6 jours, au lieu de 3.

(2) Le tableau ci-dessous montre la composition et le volume des gaz que nous avons pu obtenir de 100 gr. de chacun des deux échantillons, par une extraction prolongée pendant 22 jours.

Nature des gaz.	Charbon n <sup>o</sup> 34. cm <sup>3</sup>	Charbon n <sup>o</sup> 35. cm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	17,24	1,01
He+Ne+H <sub>2</sub>	néant	néant
N <sub>2</sub> +Kr+Ar	60,24	36,99
CH <sub>4</sub>	1,06	69,35
CO <sub>2</sub> (+H <sub>2</sub> S)	5,89	7,28
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,16	30,48
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	0,07	0,01
	86,66	145,12

Ce tableau montre que, depuis la projection du charbon dans la mine jusqu'au moment de l'extraction au laboratoire, le grisou a été déplacé partiellement par de l'air. Pour le n<sup>o</sup> 34, ce déplacement est pour ainsi dire complet (1,06 cm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> pour 100 gr.), tandis que le n<sup>o</sup> 35 garde encore un volume notable de CH<sub>4</sub> (69,35 cm<sup>3</sup> pour 100 gr.). Cette différence prouve l'imperméabilité plus grande du n<sup>o</sup> 35.

Toutes ces expériences prouvent d'une façon absolument certaine qu'un broyage, même prolongé, n'arrive pas à produire une augmentation de surface pouvant entrer en ligne de compte avec la surface des colloïdes de la houille et que le pouvoir adsorbant d'un charbon donné n'est nullement influencé par l'état de désagrégation de la masse.

On a défendu maintes fois l'hypothèse suivant laquelle les parties de couches écrasées et pulvérisées par les mouvements orogéniques auraient un pouvoir adsorbant anormalement élevé et deviendraient ainsi des lieux de prédilection des grisous. De là, à expliquer certains dégagements instantanés par la présence de « nids de grisou », l'étape était vite franchie.

Ces vues nous paraissent inacceptables et, comme nous le montrons plus loin, l'évolution chimique peut seule exalter le pouvoir adsorbant. Donc, à moins de facteurs locaux ayant pu entraîner une différenciation chimique importante, une veine, considérée dans un rayon restreint, possède un pouvoir adsorbant sensiblement constant en ses différents points (1).

On ne peut nier toutefois que la présence de zones plus ou moins désagrégées peut être à l'origine de certains dégagements instantanés. En effet, soit un front de taille composé de charbon dur et compact (2), masquant une partie de massif fissuré et divisé. D'une part, la saignée se fait difficilement à travers le front de taille compact. D'autre part, l'exploitation diminue progressivement l'épaisseur de cette couverture imperméable. On conçoit qu'il arrive un moment où celle-ci doit céder sous la pression des gaz de la zone divisée. Dans celle-ci, par l'état

(1) De ceci, on peut déduire l'équipartition du grisou dans un rayon pas trop étendu d'une même couche. Outre la constance du pouvoir adsorbant, les conditions de l'équipartition seront :

- 1<sup>o</sup>) température constante de la fraction de veine considérée;
- 2<sup>o</sup>) teneur en eau de carrière constante;
- 3<sup>o</sup>) pression uniforme de la phase gazeuse.

La première condition se réalise si la fraction de veine considérée est sensiblement horizontale. Les deux dernières seront vérifiées si aucune solution de continuité (failles) ne s'est opposée à la répartition uniforme de la pression gazeuse et de la teneur en eau de carrière; cette répartition uniforme a pu s'établir pendant les périodes géologiques dont la durée diminue l'importance de l'imperméabilité presque totale de la houille.

Il est évident que ces considérations ne s'appliquent qu'aux seuls gisements vierges.

(2) Donc imperméable à notre échelle du temps.

de division du charbon, la désorption de grands volumes de grisou peut se faire instantanément. C'est donc par torrents que le grisou se déversera à travers le cratère du front de taille, entraînant dans son expansion instantanée une partie du support qu'il vient de quitter (1). Ce n'est donc pas le fait d'un pouvoir adsorbant exalté, mais bien leur grande vitesse de désorption qui rend les zones désagrégées spécialement dangereuses.

Comme facteurs de désagrégation, on peut incriminer non seulement les mouvements orogéniques, mais aussi, et surtout, les travaux d'exploitation. Ainsi la mise à découvert d'une veine peut amener la détente et la brusque fissuration de celle-ci et provoquer la désorption instantanée du grisou; il en est de même des coups de toit. Il est possible d'ailleurs que dans les couches particulièrement grisouteuses, la pression de la phase gazeuse puisse dépasser la résistance à la désagrégation de certaines parties moins résistantes et provoquer la fissuration qui amorcera le dégagement instantané. Dans d'autres parties, les grandeurs de la pression gazeuse et de la résistance à la désagrégation peuvent être telles que ces parties se trouvent à la limite de rupture, il suffira alors d'une perturbation insignifiante pour provoquer la désagrégation qui amorcera la désorption instantanée (2).

(1) Il suffirait de changer très peu de termes dans cette description pour y retrouver celle de certains dégagements de recoupe.

(2) Le fait suivant, bien connu des mineurs, peut être expliqué par la désagrégation du charbon sous la pression du grisou qu'il contient. Quand on fore un long trou de sonde dans un massif grisouteux, on constate que la vitesse d'avancement du fleuret, faible au front de taille, s'accroît au fur et à mesure que l'on pénètre dans la couche. L'explication est la suivante : au front de taille, la couche est saignée, mais au fur et à mesure que le fleuret avance, celui-ci pénètre dans une région où la pression du grisou aide à désagréger le charbon.

§ 3. — *Les variations du pouvoir adsorbant et les teneurs en matières volatiles.*

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les valeurs extrêmes du pouvoir adsorbant des charbons belges examinés :

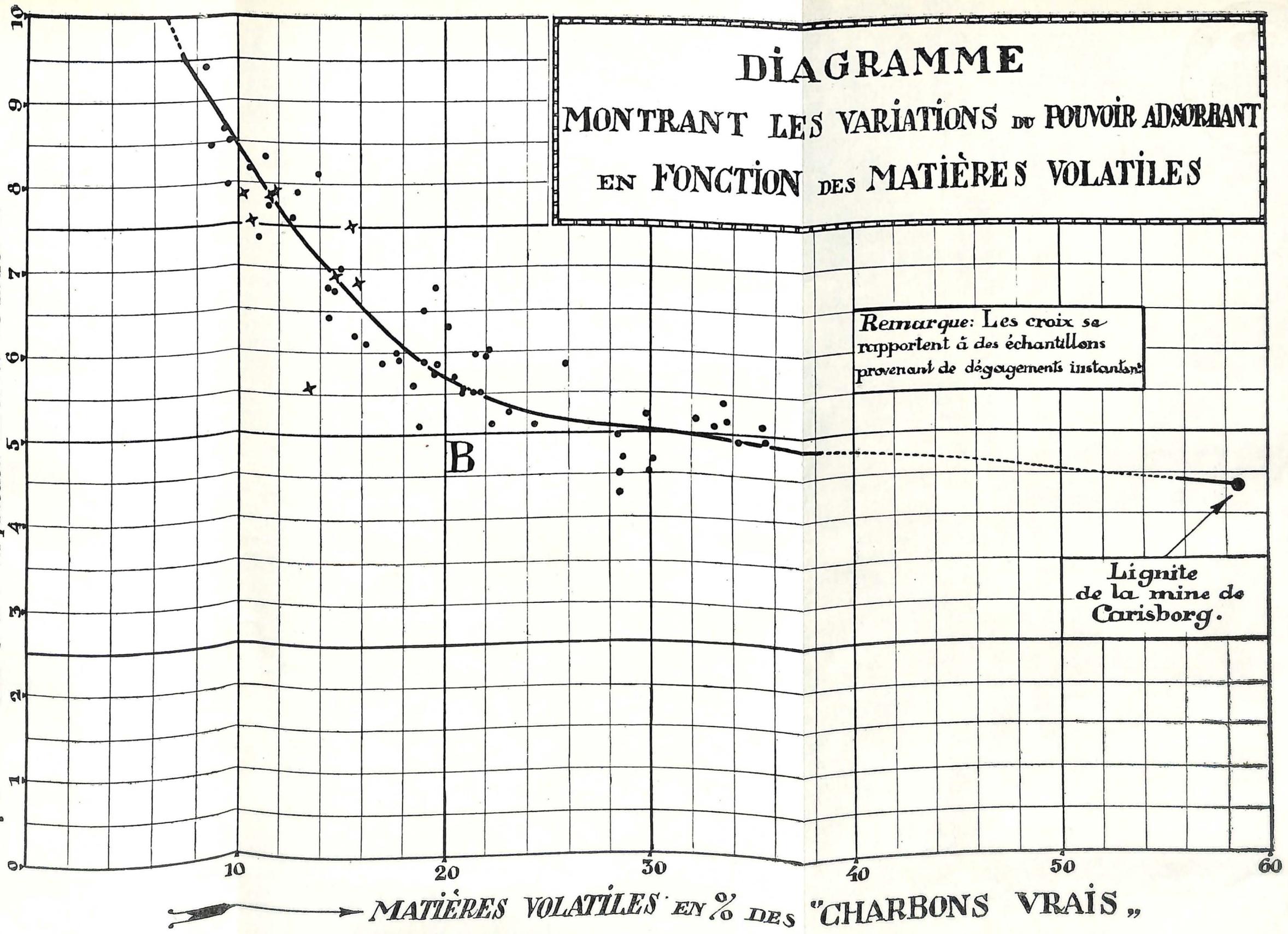
No du charbon.	Indications d'origine.	Charbon sec.		Charbon vrai.	
		P.Ads.	M.V. %	P.Ads.	MV. %
51	Grande veine d'Oupeye à à 340 m. au siège Mil- mort des Charbonnages d'Abhooz et Bonne- Foi-Hareng . . . .	8,747	6,98	9,403	8,39
60	Veine no 5, à l'étage de 600 m., au midi des puits — Chantier Sud- Est, côté Levant — des Charb. de Winterslag.	3,731	24,89	4,274	28,51

Les valeurs extrêmes du pouvoir adsorbant rapportées d'une part aux charbons secs et d'autre part aux « charbons vrais » correspondent aux mêmes échantillons.

Le pouvoir adsorbant varie en raison inverse des teneurs en matières volatiles. Le diagramme de la figure 4, obtenu à l'aide de plus de 60 déterminations, exprime très nettement

**POUVOIR ADSORBANT DES "CHARBONS VRAIS"**

Nombre de cm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> adsorbés par gramme à 0° et sous la pression de 760 mm de mercure.



cette loi qui est en contradiction avec les idées généralement admises (1).

§ 4. — *La loi des variations du pouvoir adsorbant et ses relations avec l'origine et l'évolution des houilles. L'origine des grisous actuels.*

Les houilles dérivent de l'évolution de dépôts organiques dans des marécages houillers sous des nappes d'eau tranquilles (2).

Suivant certains auteurs, la différenciation des divers types de houille s'est faite en grande partie à l'origine du dépôt même par suite d'un classement réalisé au cours du transport des débris de végétaux (3).

(1) Voir notamment le travail de G. Stadnikoff et Nina Proskurnina dans la Revue *Brennstoff Chemie*, juillet 1926.

(2) En ce qui concerne le bassin houiller de la Belgique, nous trouvons la synthèse suivante, dans un mémoire de Arm. Renier, intitulé « La Belgique aux temps houillers », *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, Classe des Sciences, 5<sup>e</sup> série, t. XIV, n<sup>o</sup> 12, pp. 706-737, 1928.

« Donc, c'est par un premier mouvement du sol que la période houillère débute véritablement en Europe Nord-Occidentale. Les sédiments terrigènes venus des régions continentales plus ou moins éloignées comblent les mers peu profondes. L'exondation progressive en résulte. La forêt houillère en profite continuellement. Aux buissons de Calamites qui marquent la première implantation, succèdent des massifs de Lycopodiniées.

» Dans le dédale de cette vaste forêt marécageuse, les rivières se perdent. Leur cours paresseux est incapable de transporter des boues. C'est ainsi que, des générations durant, la tourbe houillère se constitue, non seulement exempte de tout sédiment autre que ceux apportés par le vent, mais encore purifiée par une sorte de rouissage. D'où la possibilité d'une très faible teneur en cendres.

» Survient un mouvement du sol. La nappe d'eau se fait trop profonde. La forêt se trouve immergée; elle en est asphyxiée et d'autant plus sûrement que les vases s'accumulent. Mais le remblayage se poursuivant, la forêt, réfugiée dans les régions épargnées par l'inondation, pourra plus ou moins rapidement reconquérir le pays.

» C'est ainsi que le sol de la Belgique s'en fut se dérochant, puis se revivifiant par remblayage, plusieurs centaines de fois, au cours des temps houillers. »

(3) D'après A. Duparque : « C'est cette différenciation initiale qui a déterminé la formation de houilles de cutine (charbons de spores et charbons de cuticules) riches en matières volatiles et celle des houilles ligno-cellulosiques à teneurs moyennes et faibles en matières volatiles. » (A. Duparque, Rapport entre les Propriétés Industrielles des Houilles et les Compositions Chimiques des Substances Végétales dont elles dérivent. Mémoire présenté au Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de Géologie Appliquée, VI<sup>e</sup> Session, Liège, 22-28 juin 1930.)

D'autres auteurs font davantage appel au phénomène de métamorphisme dont l'action plus ou moins profonde aurait différencié totalement les dépôts d'origines déjà dissemblables (1).

De nombreuses autres théories tentent d'expliquer la différenciation profonde des combustibles solides. Aucune d'entre elles ne semble pouvoir interpréter tous les faits observés (2); telle théorie s'appliquant d'une façon satisfaisante à un bassin donné se trouve impuissante devant les faits observés dans d'autres gisements.

Toujours est-il que malgré l'énorme diversité des types de combustibles, ceux-ci peuvent être classés en groupes « semblant » dériver progressivement les uns des autres.

Le diagramme de Ralston est particulièrement suggestif à cet égard (3). Ce diagramme, reproduit figure 5 a été obtenu en portant en coordonnées trilineaires dans un triangle rectangle isocèle les résultats de l'analyse élémentaire de plusieurs milliers de combustibles les plus divers (4). Tous tracent leur point figuratif dans une bande très étroite qui donne lieu à une courbe reliant chaque groupe de combustibles aux matériaux d'origine en passant progressivement par les groupes d'âges plus récents ou d'évolution moins marquée.

(1) A. C. Fieldner, Constitution and Classification of Coal. Fuel in Science and Practice, Volume VIII, no 1, 1929, pp. 36-45.

« Cette altération par métamorphisme est due à trois facteurs, à savoir : pression, temps et température. Ces facteurs sont à un certain point interchangeables, mais, d'après David White, la pression, consécutive aux pressions horizontales dans l'écorce terrestre, est le facteur principal. Ces pressions énormes dégagent de la chaleur et sont capables de faire croître la température de la houille à tel point que de l'humidité, de l'oxygène et des matières volatiles peuvent être expulsées du charbon, changeant donc celui-ci successivement de charbon riche en matières volatiles en charbon maigre et finalement en anthracite là où l'action dynamique dans la croûte terrestre a été exceptionnellement sévère et persistante. »

(2) X. Stainier, « Des rapports entre la Composition des Charbons et leur Condition de Gisement », *Annales des Mines de Belgique*, année 1900, tome V, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> livraisons.

(3) O. C. Ralston, « Graphic Studies of Ultimate Analyses of Coal », *Bur. of Mines Tech. Paper* no 93 (1915).

Dans la rédaction de la partie se rapportant au travail de Ralston, nous nous sommes servis du résumé qu'en donne le mémoire déjà mentionné de Fieldner ainsi que du Compte-rendu qu'en donne A. Durr dans le no 383 des « Notes Techniques » du Comité Central des Houillères de France.

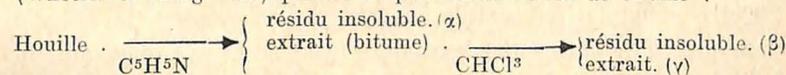
(4) Sur les côtés de l'angle droit, on porte les teneurs en carbone et en hydrogène. Les teneurs en O<sup>2</sup> sont alors comptées normalement à l'hypothèse en prenant comme échelle celle du carbone et de l'hydrogène divisée par  $\sqrt{2}$ .

La courbe de Ralston présente un point particulier qui nous intéresse à plus d'un titre : en B la pente de la courbe, très faible depuis C, s'accroît brusquement pour le tronçon BA. L'explication du changement de courbure serait la suivante : les divers constituants des matériaux d'origine auraient évolué avec des vitesses différentes et les matières de nature résinoïde auraient le mieux résisté à l'altération. Cette résistance différente des matières premières a finalement abouti à un enrichissement en résines, le tronçon CB représenterait ce premier stade de l'évolution. Le point B marquerait le début et le tronçon BA la progression de l'altération profonde des résines.

Cette hypothèse est appuyée par le fait que les résines fossiles impriment leur point figuratif dans le prolongement de AB.

Rappelons maintenant le diagramme représentant la loi des variations du pouvoir adsorbant en fonction des teneurs en matières volatiles. Nous constatons que le changement de courbure, B, de notre courbe correspond à peu de chose près à la brusque variation dans la pente de la courbe de Ralston que la nôtre rappelle d'ailleurs par sa forme. Si nous admettons l'hypothèse de cet auteur, c'est dans l'altération des résines (et d'une façon plus générale du bitume (1)) qu'il faudrait cher-

(1) Le fractionnement des charbons par la pyridine et le chloroforme (Wheeler et Illingworth) permet de préciser la notion de bitume :



La fraction  $\alpha$  proviendrait de l'évolution des lignines et celluloses. C'est la partie humique du charbon.

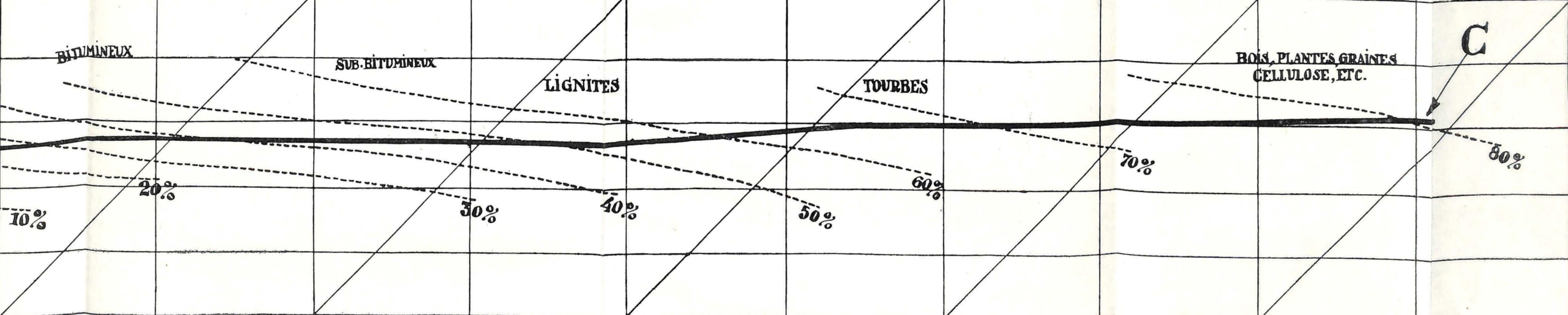
Les fractions  $\beta$  et  $\gamma$  constituent par définition le bitume de charbon et semblent dériver des cires et résines primitives.

La fraction  $\gamma$  se laisse encore scinder en plusieurs autres par l'emploi de solvants judicieusement choisis.

Voici les proportions des fractions  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  dans les diverses catégories de houille :

Nature du combustible d'après la classification américaine	Constituants $\alpha$ dérivés des lignines et celluloses	Constituants $\beta$ dérivés des cires et résines	Constituants $\gamma$	Constituants ulmiques (soluble dans NaOH)
Lignites	faible	traces	traces	abondant
Charbons bitumineux	présence	abondant	abondant	traces
Ch. semi-bitumineux	présence	faible	faible	O
Charb. anthraciteux	abondant	traces	traces	O

On voit que les données de ce tableau appuient singulièrement la façon de voir de Ralston.



cher l'augmentation brusque du pouvoir adsorbant à partir des teneurs en matières volatiles voisines de 20 %. Rien n'empêcherait alors d'admettre que le bitume, imprégnant plus ou moins uniformément l'édifice colloïdal des houilles jeunes, puisse empêcher celui-ci de montrer toutes ses propriétés d'adsorbant. Au delà du point B de notre courbe et de celle Ralston, l'altération progressive du bitume adsorbé dégagerait au fur et à mesure l'édifice colloïdal et en intensifierait le pouvoir adsorbant (1).

Les réflexions que suggère la courbe de Ralston, retrouvée dans la représentation de notre loi des variations du pouvoir adsorbant, nous semblent de nature à remettre en question l'origine des grisous actuels. Faut-il considérer le grisou comme un fossile tardif ou bien doit-on faire remonter son origine au premier stade de la fossilisation des végétaux?

La théorie classique admet la seconde manière de voir et considère les grisous comme les résidus des gaz de la fermentation qu'un recouvrement rapide a pu emprisonner dans les futures couches de houille. Cette hypothèse est incontrôlable. Quoique nous manquions de statistiques précises, on peut dire d'une façon générale qu'en Belgique le grisou n'est abondant que dans les couches dont la teneur en matières volatiles ne dépasse guère 22 % (2).

Cette constatation semble en contradiction avec la théorie classique. Elle ne peut s'expliquer que si l'on admet que la faible profondeur de gisement des couches jeunes a pu faciliter la diffusion du grisou. Mais la théorie classique suppose explicitement l'emprisonnement des gaz de la première évolution malgré le recouvrement encore minime de la future couche de houille.

Il semble donc logique d'admettre que les réserves de grisou, entamées par une diffusion lente mais continuée pendant les

(1) En d'autres termes, dans nos mesures du pouvoir adsorbant des charbons jeunes, nous réalisons des phases adsorbées à plusieurs constituants, le  $\text{CH}_4$  et les différents constituants du bitume. Pour des charbons plus évolués, la concentration du bitume dans la phase adsorbée diminue; il s'en suit que les volumes de méthane adsorbés dans les mêmes conditions opératoires augmentent.

(2) C'est ainsi que dans les prélèvements de grisous, nous avons dû nous limiter aux couches à teneurs en matières volatiles généralement inférieures à 20 % environ. C'est exceptionnellement que l'on a réussi quelques prélèvements convenables dans des couches moins évoluées.

périodes géologiques, se reforment. Et ici le diagramme de Ralston permet d'ébaucher une hypothèse pouvant ouvrir un vaste champ d'expérimentation. En effet, le point B de la courbe, point de départ de l'altération profonde d'une partie du bitume, amorce une nouvelle phase de l'évolution et celle-ci se traduit peut-être par une recrudescence de la production gazeuse.

On pourrait donc formuler l'hypothèse suivante : Les charbons jeunes situés à droite de B, sont le siège d'une évolution lente transformant surtout la partie humique des combustibles (fraction  $\alpha$  de Wheeler et Illingworth). Cette phase de l'évolution produirait un enrichissement progressif en bitume (fractions  $\beta$  et  $\gamma$ ) et ne libérerait que des volumes de méthane compensant à peine les pertes par diffusion hors des couches. A partir du point B commencerait l'altération profonde d'une partie du bitume et la production de méthane, exaltée pendant cette nouvelle période, permettrait de faire largement face à la diffusion au point de mettre sous pression les couches tant soit peu protégées contre la diffusion. Toutes autres conditions étant égales, ce seront les combustibles situés sur le tronçon BA et à proximité du changement de courbure qui auront les plus fortes teneurs en grisou. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de B, l'altération du bitume s'achève et, la production gazeuse cessant, de nouvelles périodes géologiques permettent à la diffusion de libérer le grisou, effectivement absent dans les anthracites.

L'hypothèse que nous venons d'esquisser peut être soumise à une vérification expérimentale précise. Celle-ci pourra être obtenue par l'étude systématique des courbes de dégazage, à température relativement basse, de quelques combustibles types et de leurs divers constituants isolés par les dissolvants organiques (1).

Quelle que soit l'issue de cette vérification expérimentale, les données de celle-ci pourront servir en bien d'autres domaines surtout en ces moments où l'utilisation raisonnée de chaque type de combustibles est un des problèmes de l'heure (2).

(1) Choisis parmi ceux dont l'action dissolvante ne s'accompagne d'aucune altération chimique sensible.

(2) Qu'il nous suffise de mentionner les résultats des travaux faits dans cette voie par le professeur Lebeau à Paris.

§ 5. — *Le pouvoir adsorbant d'un lignite et de ses divers produits de carbonisation.*

Nous avons examiné le pouvoir adsorbant d'un lignite provenant de la mine Carlsborg à Treebeek-Heerlen (Hollande). Nous avons également examiné les propriétés adsorbantes de ce combustible après carbonisation en vase clos à différentes températures. Le tableau de la page suivante et le diagramme de la figure 6 résument ces expériences.

**LE POUVOIR ADSORBANT D'UN LIGNITE**

**ET DE SES PRODUITS DE CARBONISATION**

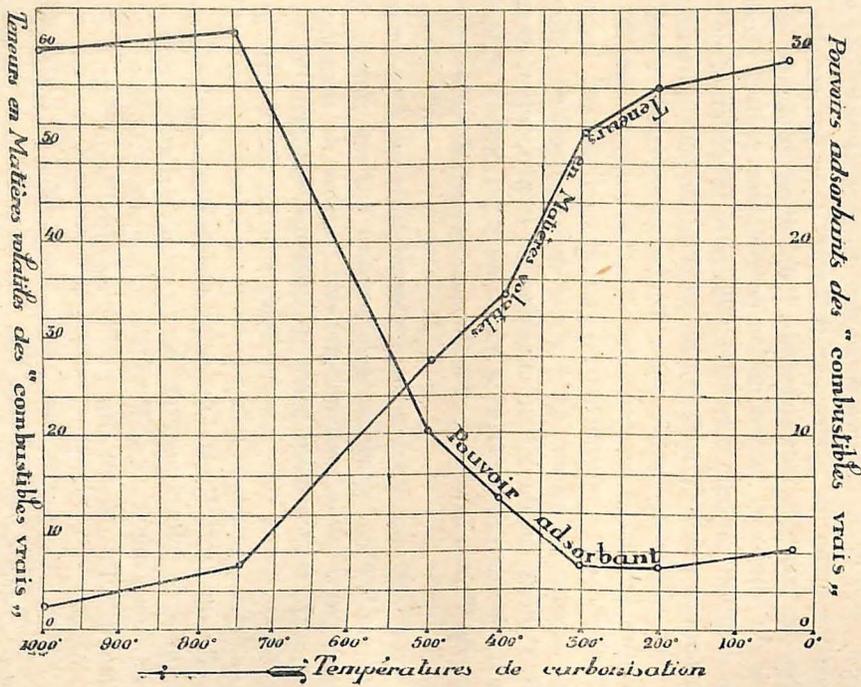


Fig. 6.

LIGNITE DE LA MINE CARISBORG.

NATURE de l'échantillon.	Combustible tel quel.			Combustible sec.			Combustible vrai.	
	H <sub>2</sub> O en %	M. V. %	Cendres %	M. V. %	Cendres %	Pouvoir adsorbant	M. V. %	Pouvoir adsorbant
Lignite non carbonisé . . . . .	23,04	40,13	8,58	52,14	11,15	3,820	58,69	4,299
Lignite porté à 200° pendant 4 heures (1) . . . . .	5,12	47,28	10,55	49,83	11,12	2,796	56,07	3,146
Lignite porté à 300° pendant 4 heures (1) . . . . .	2,00	44,16	12,16	45,06	12,41	2,755	51,44	3,145
Lignite porté à 400° pendant 4 heures (1) . . . . .	1,80	23,59	15,16	29,11	15,44	5,676	34,43	6,712
Lignite porté à 500° pendant 4 heures (1) . . . . .	2,55	18,01	16,32	18,48	16,75	11,683	22,20	14,034
Lignite porté à 750° pendant 2 heures . . . . .	0,33	5,36	20,04	5,38	20,11	24,708	6,73	30,928
Lignite porté à 1.000° pendant 1/2 heure environ . . . . .	2,73	1,89	19,66	1,94	20,21	23,754	2,44	29,771

(1) Le temps comprend celui nécessaire pour porter la cornue de carbonisation aux températures indiquées.

On remarquera l'exaltation rapide du pouvoir adsorbant après le chauffage à 300°; c'est un peu au-dessus de 300° que commençait le dégagement des goudrons. Le chauffage à 200° et 300° par contre provoque une légère diminution du pouvoir adsorbant. Il est possible que celle-ci soit due à la fusion des résinoïdes, peu abondants cependant dans les lignites. Inégalement répartis dans le combustible tel quel, ces traces de résinoïdes empâtent par leur fusion le squelette adsorbant du combustible. D'un autre côté, si l'on compare les produits de carbonisation avec les combustibles naturels ayant la même teneur en matières volatiles, on constate que les premiers ont un pouvoir adsorbant supérieur. Ceci est dû probablement au carbone de précipitation issu de la destruction des « matières volatiles ».

§ 6. — *Les isothermes d'adsorption et la pression gazeuse du massif.*

La principale contribution que l'on peut attendre d'une étude plus poussée des phénomènes d'adsorption est la détermination indirecte de la pression gazeuse du massif; celle-ci, qui est en dernière analyse la cause déterminante des dégagements instantanés, ne peut être déterminée d'une façon directe.

La détermination indirecte, simple, en principe du moins, suppose :

- 1° Le volume de grisou dégagé par tonne de charbon. Ce volume peut être déterminé par l'analyse des retours d'air du chantier;
- 2° L'isotherme d'adsorption du charbon en question déterminée à la température du massif sur un échantillon renfermant la teneur en eau de carrière de la veine.

La pression du massif, trouvée alors comme le montre la figure 7 ne sera entachée que d'une légère erreur provenant du fait que l'on ne tient aucun compte des vides plus ou moins grossiers que peut présenter le charbon même fortement comprimé dans le gisement.

A ce point de vue, le long travail que nous venons de résumer dans cette note ne peut être considéré que comme une introduction. Ce travail préliminaire était pourtant indispensable

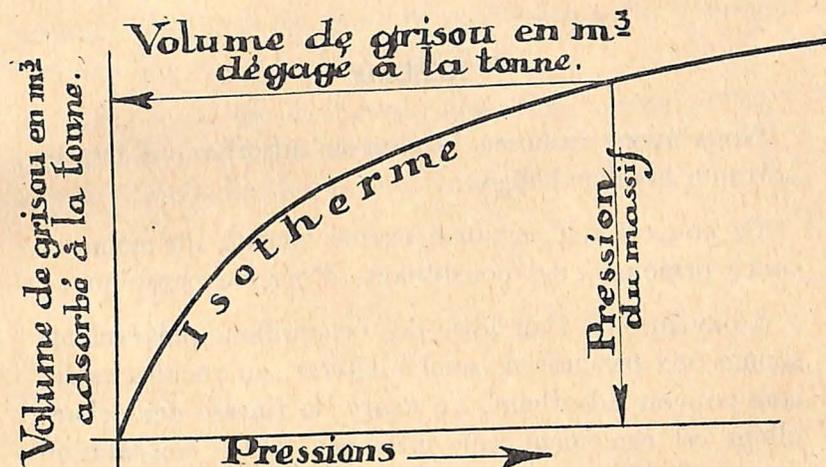


Fig. 7.

En effet, ignorant la loi des variations du pouvoir adsorbant, il eut été impossible de choisir judicieusement les quatre à cinq types de charbon pour lesquels il serait désirable de déterminer les isothermes d'adsorption sous de fortes pressions en vue du calcul des pressions gazeuses du massif.

**RESUME**

Nous avons examiné le pouvoir adsorbant d'environ soixante houilles belges.

Ce pouvoir relève, sinon exclusivement, du moins en ordre principal, des constituants d'origine organique.

L'oxydation à l'air libre des échantillons pulvérulents soumis aux mesures ne semble altérer, en aucune façon, leur pouvoir adsorbant. Le degré de finesse des échantillons est également sans influence. Cette constatation permet d'affirmer que les zones désagrégées de certaines couches sont dangereuses au point de vue des dégagements instantanés, non en raison d'un pouvoir adsorbant anormal, mais en raison de la grande vitesse de désorption.

Nous avons pu établir que les variations du pouvoir adsorbant sont fonction du degré d'évolution des houilles; le diagramme représentant cette fonction est de même allure que celui par lequel Ralston représente l'évolution même des divers combustibles.

Nous avons recherché une explication plausible des variations du pouvoir adsorbant. Des considérations théoriques nous ont conduit, par une digression sur l'origine du grisou, à proposer un programme d'études sur ce sujet.

Nous avons, en outre, examiné le pouvoir adsorbant d'un lignite et de ses divers produits de carbonisation. Le pouvoir adsorbant de ces produits va en augmentant, à mesure que progresse la carbonisation. L'exaltation du

pouvoir adsorbant est donc la conséquence de l'évolution brusque ou lente des combustibles.

Pour ce qui est de l'étude des dégagements instantanés, notre travail n'est qu'une introduction nécessitée par la complexité des phénomènes d'adsorption.

Pâturages, le 20 mars 1934.

---

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
FRAMERIES-PATURAGES

Rapport sur les Travaux de 1933

ERRATA

Page 49 (tableau). Grisou Fr. 19, Gaz tel quel, O<sup>2</sup> : lire 1,77  
au lieu de 0,177.

Page 51. Dernière ligne du tableau : lire C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> au lieu de C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>.

Page 55 (tableau).

N° 1.	Teneur en CO <sub>2</sub> (+H <sub>2</sub> S)	: 5,575	au lieu de	5,5775
N° 2.	» N <sub>2</sub>	: 81,2	»	8,12
N° 3.	» CH <sub>4</sub>	: 59,1	»	59,0
N° 4.	» CH <sub>4</sub>	: 1,22	»	1,2
N° 5.	» cendres	: 8,05	»	0,05

Page 112. Note 1, à la 7<sup>e</sup> ligne : lire  $\frac{I}{n}$  au lieu de  $\frac{I}{\eta}$ .

Page 120. 2<sup>e</sup> colonne : échantillon n° 6 entre les n°s 7 et 14.

Page 121. 4<sup>e</sup> colonne, 2<sup>e</sup> ligne, échantillon n° 29 : lire 14,10 au  
lieu de 14,0.

Page 121. Dans la colonne des Remarques.

6<sup>e</sup> ligne : lire en-dessous au lieu de au-dessus;

14<sup>e</sup> ligne : lire au-dessus de la grande faille au lieu de  
en-dessous;

18<sup>e</sup> ligne : lire en-dessous de cette faille au lieu de au-dessus.

Page 123. 5<sup>e</sup> colonne, 8<sup>e</sup> ligne, échantillon n° 37 : lire 20,93 au  
lieu de 2,93.

Page 138 (tableau). Echantillon n° 51 : M.V. 7,80 au lieu  
de 6,98.