

RAPPORT
SUR LES
TRAVAUX DE 1937
DE
l'Institut National des Mines
Frameries-Paturages

PAR

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

SOMMAIRE :

Rappel de la IV ^e Conférence internationale des Directeurs de Stations d'essais	5
I. — Travaux sur les explosifs	
1. Galerie d'essais de Pâturages	13
Récapitulation des tirs	13
Revision de la liste des explosifs S.G.P.	14
Influence du diamètre d'encartouchage	17
Influence de l'humidité et du vieillissement sur la charge-limite d'un explosif S.G.P.	18
Essai d'une nouvelle gaine	19

2. Quelques études demandées par l'Administration des Mines	19
Accident dû à un essayeur de mines maladroitement réparé	19
Essai d'un exploseur en bois défectueux	22
Départ intempestif d'un détonateur par traction sur les fils	24
A propos d'une déflagration fusante	29
Etude sur le danger d'inflammation du grisou par la ligne de tir	31
II. — Etudes sur les poussières	
Cas du tir à retards	49
Essais divers sur la neutralisation des poussières charbonneuses	50
Oxydation des poussières par vieillissement	51
Essai d'emploi du chlorure de calcium dans les galeries poussiéreuses	51
III. — Lampes, grisoumètres, ventilateurs	
Contrôle des atmosphères souterraines	55
Les auréoles du grisou des lampes à benzine	55
Ventilateurs secondaires	58
Grisoumètre M.S.A.	58
Lampes à flamme des mines grisouteuses. — Cuirasse	59
Lampes à vapeur de sodium pour éclairage souterrain	59
L'inflammation du grisou par les filaments des lampes à incandescence	61

IV. — Matériel électrique et autre proposé pour l'agrération

Matériel électrique proprement dit	61
Lampes électriques portatives	61
Exploseurs pour mines grisouteuses	61
Locomotive Diesel-Deutz de 80 CV	62
Liste des appareils électriques ou autres agréés en 1937	63

V. — Etudes diverses

Réservoirs pour générateurs d'acétylène	84
Essais sur une bourreuse au sable	85
Etudes connexes aux dégagements instantanés:	
Mesure de la porosité des houilles au grisou	88
Essais de pulvérisation par dégazage brusque des charbons	99
Améliorations dans les tubes de caoutchouc, avec dispositif de mise à la terre. — Tube ex-watt n°3 de Jenatzy. — Tube de la firme « Société industrielle du caoutchouc », à Zaventem	113

VI. — Recherches scientifiques

Appareil pour la détermination quantitative de traces d'oxyde de carbone	118
Mode de gisement des grisous:	
Recherche du volume des pores dans nos houilles	119
Densité de la couche de grisou adsorbée	119
Préparation d'une étude spectrographique	119

VII. — Propagande de la sécurité

Visites éducatives	120
Tracts de propagande	124
Campagne en faveur de la création de services de sécurité par les mines elles-mêmes	126
Collaboration avec les stations étrangères	127

ANNEXE I

La détermination quantitative de traces d'oxyde de carbone dans l'air des mines, par L. Coppens,	129
--	-----

ANNEXE II

Note complémentaire sur le mode de gisement du grisou. — Détermination du volume des pores de nos houilles. — Densité de la couche de grisou adsorbée, par L. Coppens	135
---	-----

ANNEXE III

Inflammation du grisou par rupture de lampes à incandescence, par J. Fripiat	161
--	-----

La IV^e Conférence Internationale des Directeurs de Stations Minières d'Essais

L'Institut National des Mines a eu l'honneur d'assumer l'organisation de cette conférence qui s'est tenue en Belgique du 13 au 20 septembre 1937.

Pour rappel, les précédentes conférences ont eu lieu :

La première, en 1931, à *Buxton*, organisée par le Safety in Mines Research Board;

La deuxième, en 1933, à *Montluçon*, organisée par la Station d'essais française;

La troisième, en 1935, à *Derne/Dortmund* et *Gelsenkirchen*, organisée par les organismes allemands.

Les principales stations l'Europe et celle des Etats-Unis d'Amérique étaient représentées comme le montre la liste qui suit :

LISTE DES PARTICIPANTS

(Membres des Stations minières d'essais et autorités minières invitées à assister aux réunions.)

Allemagne

de la Galerie de Dortmund-Derne (Versuchsstrecke) :

Bergassessor Dr Ingr. *Beyling*, Directeur de la galerie d'essais;

Bergassessor Dr *Wilke*;

Dr. *K. Drekopf*;

de la mine expérimentale de Gelsenkirchen (Versuchsgrube) :

Bergassessor *Schulze-Rhonhof*, Directeur de la mine expérimentale;

Dipl. Ingr. *Randel*;

de la galerie de Freiberg. i. Sa. :

Prof. *Kegel*, Directeur de la galerie d'essais;

Dipl. Ingr. *Hanel*.

Excusés : M. le Prof. *H. Woltersdorf*, Directeur de la galerie de Beuthen (Silésie); M. le Ministerialrat *B. Lindemann*, Chef de l'Office de la Sécurité minière au Ministère du Commerce à Berlin, a exprimé ses regrets de ne pouvoir participer à la Conférence.

Etats-Unis d'Amérique

Geo. S. Rice, Ingénieur en chef des Mines au Bureau of Mines à Washington.

Excusés : *Finch*, Directeur du Bureau of Mines à Washington; *Royd. R. Sayers*, Senior surgeon Chief in charge of Office of Industrial Hygiene and Sanitation, U. S. Public Health Service, Washington, et de nombreuses personnalités minières.

France

E. Audibert, Directeur de la Station d'essais de Montluçon;
Cheradame, Directeur-adjoint de la Station;

F. Leprince-Ringuet, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'Ecole Nationale supérieure des Mines à Paris;

L. Crussard, Inspecteur général des Mines;

A. Galliot, Inspecteur général des Mines, Directeur du Bureau de documentation minière;

J. Armanet, Professeur à l'Ecole des Mines de Paris;

Excusés : MM. *Blum-Picard*, Conseiller d'Etat, Directeur des Mines, et *Parisot*, Ingénieur des Mines, attaché au Ministère des Travaux publics.

Grande-Bretagne

Prof. *R. V. Wheeler*, Directeur du Safety in Mines Research Board;

Dr. *H. F. Coward*, Directeur-adjoint du S. M. R. B.;

Dr. *W. Payman*, Chef du service des explosifs du S. M. R. B.;

H. T. Foster, Chief Mining engineer du S. M. R. B.;

Dr. *D. W. Philips*, Mining engineer and geologist au S. M. R. B.;

Dr. *A. G. White*, collaborateur du S. M. R. B.;

Miss *J. M. Chamberlain*, Secretary for the international cooperation.

Excusés : Sir *Edw. Troup*, Chairman of the Safety in Mines Research Board; *Edw. Fudge*, du Département des Mines.

Pologne

Ingr. *Stanislaw Herman*, Directeur de la Station d'essais de Mikolow;

Dr. Ingr. *Waclaw Cybulski*, Ingénieur en chef de la mine expérimentale;

Ingr. *Casimir Cehak*, Ingénieur à la mine expérimentale;

Ingr. *Stanislaw Kossuth*, Chef du département des Mines de charbon au Ministère de l'Industrie à Varsovie;

Ingr. *François Potyrala*, Conseiller des Mines à Katowice.

Excusés : Ingr. *Stanislaw Majewski*, Vice-Président du Service supérieur des Mines; Directeur général Ingr. *Eugeniusz Gorkiewicz*, Président de l'Association de la mine expérimentale.

Tchécoslovaquie

a) *Station de Slezka-Ostrawa* :

M. Alfons Glatz, Directeur de la Station;
M. Sladeczek, Administrateur;

b) *Station de Brûx* :

Dr. Ingr. Friedrich Mayer, Oberbergverwalter des Nordböh-mischen Kohlenwerksgesellschaft;
Ingr. Indrich Streit, techn. Rat der Staatl. Chem. Versuchsanstalt;

Smekal, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Fédération tchécoslovaque des Propriétaires de Mines.

Belgique

G. Raven, Directeur général des Mines, Président du Conseil d'Administration de l'Institut National des Mines;

Ad. Breyre, Directeur de l'Institut National des Mines, Professeur à l'Université de Liège;

J. Fripiat, Ingénieur principal des Mines à l'I. N. M.;

L. Coppens, Docteur en Sciences à l'I. N. M.;

F. Van Oudenhove, Ingénieur chimiste à l'I. N. M.;

O. Verbouwe, Inspecteur général des Mines;

L. Denoël, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'Université de Liège;

A. Renier, Ingénieur en chef des Mines, Directeur du Service géologique de Belgique, Professeur à l'Université de Liège;

MM. les Membres du Conseil d'Administration de l'I. N. M.

La conférence comportait, outre les séances réservées aux communications et discussions, des visites de mines et de fabriques d'explosifs.

La séance d'ouverture à Bruxelles fut honorée de la présence de M. P. Van Isacker, Ministre des Affaires Economiques, et M. A. Delattre, Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale.

Au nom du Gouvernement belge, M. le Ministre Van Isacker souhaila la bienvenue aux participants et forma les vœux pour le succès des travaux de la Conférence.

Les séances se tinrent en partie à Bruxelles, en partie à l'Institut national des Mines à Pâturages.

Nous donnerons ci-dessous, les titres des communications présentées, l'objet des discussions soulevées en dehors des communications proprement dites, enfin la liste des mines ou établissements industriels visités.

COMMUNICATIONS PRESENTEES

Allemagne

Dr. Beyling. — Vergleichende Versuche über die Wirksamkeit von Tonschieferstaub und Kalksteinstaub zur Bekämpfung von Kohlenstaub-explosionen (Essais comparatifs sur l'efficacité des poussières de schiste et des poussières calcaires dans la lutte contre les explosions de poussières de charbon).

Schulze-Rhonhof. — Versuche zur Erprobung von Gesteinstaubsperrern (Recherches sur l'efficacité des arrêts-barra-ges à poussières de roche).

Kegel. — Die explosionsgefährlichkeit von Braunkohlens-täuben aus den electrischen Entstaubung von Braunkohlen-brikettfabriken (Le danger d'explosion des poussières de lignite provenant des installations électriques de dépous-sièrage utilisées dans les fabriques de briquettes de lignite).

Hanel. — Die explosionsgefährlichkeit eines sächsischen steinkohlenstaubes in Mischung mit verschiedenen Gesteinsstäuben (le danger d'explosion d'une poussière d'un charbon de Saxe en mélange avec diverses poussières stériles).

France

Audibert. — Emploi des explosifs en présence du grisou.

Cheradame. — Sur la sécurité du tir électrique.

Grande-Bretagne

Dr. Payman. — The ignition of firedamp by explosives (Inflammation du grisou par les explosifs).

H. T. Foster. — The problem of roof control (le problème du contrôle du toit).

Dr. A. Philips. — The character of coal measure rocks in relation to the problem of roof control (La nature des terrains encaissants dans le problème du contrôle du toit).

Pologne

St. Herman. — Sur un nouvel appareil respiratoire à oxygène.

Dr. Cybulski. — Etude sur les arrêts-barrages à la mine expérimentale de Mikolow.

Tchécoslovaquie

Glatz — Communication sur l'inflamateur Godbert Greenwald.

Belgique

L. Coppens. — La nature du gisement du grisou.

W. Van Oudenhove. — Le grisou obtenu par fermentation.

J. Fripiat. — Etude sur les dégagements instantanés de grisou : essais de pulvérisation du charbon par dégazage brusque.

Ad. Breyre. — Etude des accidents miniers en Belgique. La création de services de sécurité par les mines.

SUJETS MIS EN DISCUSSION

- a) les appareils électriques antigrisouteux;
- b) les auréoles des lampes à benzine;
- c) l'éclairage par lampes à incandescence à fort courant;
- d) les gaz et fumées des explosifs.

Il faut y ajouter les discussions introduites par MM. Crusard et Leprince-Ringuet au sujet de la nature du gisement du grisou et celle amenée par le Prof R. V. Wheeler au sujet de la lutte contre les poussières charbonneuses.

VISITES D'ETUDES EFFECTUEES

Nous signalons, pour mémoire, la visite des installations de l'Institut National des Mines qui eut l'honneur de recevoir les membres de la Conférence.

Fabrication des explosifs gainés

Les congressistes avaient marqué un intérêt spécial à cette fabrication très développée en Belgique.

Deux visites eurent lieu, l'une dans le sud du pays à la Société Anonyme des Explosifs d'Havré (fabrication de la gaine à matière pulvérulente — fulminaterie — fabrication des détonateurs ordinaires, des amorces électriques — montage des détonateurs électriques); l'autre dans le Nord du pays à la Société Anonyme d'Arendonek : fabrication de la gaine semi-rigide — et visite de divers ateliers de fabrication de la nitroglycérine et d'explosifs S. G. P.

Mines offrant un intérêt particulier.

Dans l'impossibilité d'épuiser toutes les possibilités qu'offre la variété des mines belges, on s'était borné à deux types de mines caractéristiques :

1°) *Mines du bassin de la Campine, à très forte production :*

Les congressistes se répartirent en deux groupes, l'un gagnant la mine la plus occidentale (Beerlingen), l'autre la mine la plus orientale (Limbourg-Meuse), chacun d'eux visitant ensuite les installations de surface d'une autre mine.

2°) Mines à dégagements instantanés de grisou :

Par suite de la nécessité d'achever les discussions et communications, un seul groupe put être formé et visita dans le pays de Charleroi la centrale de sauvetage de Marcinelle, puis, au siège des Fiestaux de la Société des Charbonnages de Monceau-Fontaine et Marcinelle réunis, un chantier d'exploitation avec tir d'ébranlement, un travers-bancs avec chambre-abri.

Les sujets abordés dans les communications et discussions ont été hautement intéressants.

Signalons notamment les expériences hardies et méthodique sur le fonctionnement des arrêts-barrages dans les mines expérimentales de Gelsenkirchen et de Mikolow, les résultats du Dr. Payman poursuivant ses recherches sur le développement des explosions étudiées par le procédé Schlieren, les expériences des membres de la Station britannique sur un sujet où les publications sont rares, le contrôle du toit.

Nous comptons donner les plus importantes des communications dans les deux prochaines livraisons des *Annales des Mines de Belgique*.

L'Institut National des Mines remercie tous ses hôtes étrangers d'avoir bien voulu se rendre à son invitation et apporter le fruit de leurs études à ces réunions éminemment utiles.

Il remercie aussi tous ceux qui l'ont aidé dans l'organisation de ces assises et notamment les industriels belges qui ont ouvert leurs mines et leurs usines à nos visiteurs et ont tenu à marquer à nos hôtes, dans des réceptions dignes de la Belgique, combien ils apprécient l'utilité et tiennent à encourager des réunions de ce genre.

Nous passerons maintenant en revue les principaux travaux de l'année.

I. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS

1) Galerie d'essai de Pâturages

On peut se rendre compte du grand nombre et de la variété des essais effectués par la récapitulation suivante des tirs effectués au mortier :

64 tirs de classement :

a) 49 sur 10 échantillons présentés par une société belge d'explosifs. Ils ont abouti à l'agrégation d'une nouvelle formule proposée dans la liste remaniée des explosifs S.G.P.

b) 8 tirs sur 2 formules présentées par un fabricant.

c) 7 tirs sur un échantillon de Veinite (explosif pour l'abatage du charbon) présenté par une société d'explosifs.

Les explosifs repris sous *b* et *c* n'ont pas été admis.

89 tirs de contrôle :

Ils ont porté sur 36 échantillons, englobant huit explosifs différents. La plus grande partie de ces tirs ont été effectués alors que notre étude sur le reclassement des explosifs S.G.P. était encore en cours.

Sur les 89 tirs, un nombre infime a donné lieu à inflammation à la charge maximum d'emploi (1) de 800 grammes ou sous cette charge.

Des essais subséquents ont montré que remède avait été apporté : plus d'inflammation à 800 grammes.

Depuis le reclassement jusqu'à ce jour, nous n'avons pas enregistré d'inflammation à la charge maximum d'emploi.

(1) Sans bourrage, comme se font habituellement nos essais de contrôle.

- 111 tirs pour étude des poussières :
- 7 tirs de Gélignite, gainée montrant que cette dynamite, même gainée, reste dangereuse et à proscrire.
 - 63 tirs pour étalonnage de notre inflammateur à poussières pour le mettre en concordance avec le tir en galerie.
 - 41 tirs pour l'étude du tir multiple avec détonateurs à retard.
- 104 tirs pour visites éducatives : tirs de démonstration faits devant nos visiteurs.
- 71 tirs pour études diverses : reclassement des explosifs, influence de l'humidité, du vieillissement, etc.
- Au total 439 tirs au mortier.

A ces tirs, il faut encore ajouter divers essais en galerie, la charge étant en dehors du mortier : 37 tirs en charges suspendues, pour recherche de l'aptitude à la détonation d'explosifs encartouchés en 26 m/m de diamètre ; 8 tirs d'essai d'une gaine nouvelle rejetée comme insuffisante et divers tirs lors des visites éducatives.

Revision de la liste des explosifs S.G.P.

Ce travail, que nous avons amorcé en 1936 et dont nous avons parlé dans notre rapport de l'an dernier, a pu enfin être terminé.

Rappelons l'énorme somme d'investigations que comportait cette étude à mener de front avec toutes les occupations courantes de recherches et de contrôle : il a fallu procéder à des recherches de puissance par des essais au bloc de plomb, à des vérifications de composition chimique (on sait que les analyses d'explosifs sont des opérations longues et délicates), à des contrôles de la tenue

en présence du grisou, à des calculs sur les décompositions, sur les calories dégagées, sur la composition des fumées, etc.

Il serait vraiment trop long de relater ici le détail de ces investigations et de décrire les difficultés rencontrées, notamment certaines anomalies restées encore inexplicables dans les tirs en galerie.

La méthode de contrôle au mortier a ses insuffisances et ses défauts. En attendant que nous puissions la remplacer par un essai plus constant, plus certain, — sans entrevoir encore la solution, — il nous faut bien y avoir recours.

Les caractéristiques principales des formules nouvelles proposées sont :

1° une puissance moindre, oscillant aux environs de la puissance type au bloc de plomb indiquée comme maximum pour les Wetterspringstoffe allemands. — Cette puissance est mesurée par un élargissement de 240 cm³ au bloc de plomb, dans des circonstances bien déterminées, pour une charge de 10 grammes. La teneur en chlorure sodique a été relevée, le taux des dérivés nitrés a été réduit.

2° un dosage des éléments constitutifs réalisant une légère suroxydation, mais de telle manière que l'oxygène en excès ne dépasse pas le taux de 3 % dans les fumées. L'oxygène joue un rôle défavorable au-dessus d'un certain taux. Une seule exception a été faite par l'alkalite, en raison du moindre nombre de calories dégagées.

Les modifications apportées ne peuvent en aucun cas modifier le caractère d'aucun explosif au point de vue de son classement. Tous conservent les propriétés de la

EXPLOSIFS S. G. P. — NOUVELLES FORMULES PROPOSEES.

FABRICANTS	DÉNOMINATION (Chaque nom étant suivi des lettres S.G. P.)	Sels d'ammonium		Sels de sodium		Sels de potassium		Aluminium	Nitroglycérine	Binitrotoluol	Trinitrotoluol	Trinitronaphthaline	Noir de fumée	Nitrocellulose	Cellulose ou farine de bois	Sucre
		Nitrate	Perchlorate	Oxalate	Chlorure	Perchlorate	Nitrate									
Sabulite Belge, à Moustier-sur-Sambre	Sabulite	52	1	1	26	9	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
Société de et à Arendonck	Flammivore	56,95	1	1	25	1	1	1	10	1	1	1	0,1	0,05	5,9	1
Poudreries Réunies de Belgique :																
Usine de Baelen	Nitrobaelenite	56,5	1	1	26	1	1	1	10	1	1	1	1	1	7,5	1
Usine de Matagne	Matagnite	56,5	1	1	26	1	1	1	10	1	1	1	1	1	7,5	1
S. A. Poudreries de Camelle,																
Usine de Camelle	Forcélite	51	1	1	26	8	1	1	1	12	1	1	1	1	5	1
Société Belge des Explosifs																
Favier, à Moignelée	Favier	52	1	1	26	8	1	1	1	12	1	1	1	1	2	1
Fabr. Nat. de Produits Chimiques et d'Explosifs, à Brux.	Alkalite	56,5	1	1	25	1	1	0,5	1	11,5	1	1	1	1	1	1
S. A. Explosifs Yonckites, à Jambes	Triamite	50,4	5	1	26	1	1	1	1	14,5	1	1	1	1	1	1
S. A. des Explosifs d'Havré	Centralite	62	1	6	18	1	1	1	1	14	1	1	1	1	1	1
Poudreries Royales de Weiteren																
Coopral et Cie, à Bruxelles.	Nitrocooppalite	56	1	1	25	1	1	1	10	1	5	1	1	1	5	1

* Remplacé éventuellement par de la cellulose.

classe des explosifs difficilement inflammables, à laquelle appartiennent tous nos explosifs S.G.P.

Nous avons profité de l'occasion pour réduire le nombre des explosifs S.G.P. à un seul par fabricant.

Peut-être arriverons-nous un jour à n'avoir plus que deux formules d'explosifs S.G.P. : une pour les explosifs contenant de la nitroglycérine, une pour tous les autres.

Ce serait une simplification en somme souhaitable, mais elle heurte évidemment des considérations commerciales respectables.

La liste des nouvelles formules figure au tableau ci-contre.

Influence du diamètre d'encartouchage.

Sur la suggestion de charbonnages, certains fabricants on demandé, pour les explosifs gainés notamment, à pouvoir encartoucher au diamètre de 26 m/m pour l'explosif proprement dit, ce qui correspond à 32-33 m/m pour l'explosif gainé.

Le diamètre ordinaire est de 30 m/m pour l'explosif, soit 36-37 m/m pour l'explosif gainé.

L'avantage recherché par la diminution du diamètre d'encartouchage est l'allongement de la charge, donnant une meilleure répartition de l'explosif dans les fourneaux allongés qui sont plus fréquents actuellement que l'on cherche à réaliser des avancements de l'ordre de 2 m. à 2^m.50 aux coupages des voies.

La longueur moyenne d'une cartouche de 100 gr. d'explosif S.G.P. est respectivement de 125 et 160 m/m pour les diamètres d'encartouchage de 30 et de 26 m/m.

La diminution du diamètre d'encartouchage a — sauf pour les dynamites — comme conséquence une diminution de l'aptitude à la détonation.

D'autre part, il fallait vérifier la façon dont ces cartouches à diamètre réduit se comportent en grisou.

L'aptitude à la détonation a été contrôlée de deux façons différentes : 1° par la mesure de la distance maximum à laquelle se propage la détonation d'une première cartouche amorcée à l'avant à une seconde cartouche non amorcée et placée à l'arrière et en prolongement de la première, sur une génératrice extérieure d'un de nos mortiers d'acier.

2° par la vérification d'un tir en charges longues, suspendues dans la galerie (15 cartouches de 100 grammes placées en file, jointivement, la première seule étant amorcée).

Enfin, la charge-limite a été déterminée par des tirs au mortier, en présence de notre grisou naturel enrichi d'oxygène.

Il fallait, chaque fois, opérer avec le même explosif, en comparant les cartouches de 30 m/m et celles de 26 m/m.

Cette recherche a nécessité 150 tirs pour mesure de l'aptitude à la détonation, 25 tirs en grisou.

6 explosifs ont été présentés.

3 ont été admis à l'encartouchage de 26 m/m.

3 ont été refusés ou tenus en suspens.

Influence de l'humidité sur la charge-limite d'un explosif S.G.P.

Influence du vieillissement.

Nous signalerons pour mémoire cette étude faite à la demande du fabricant et qui n'a pu être poussée à fond. Elle a montré qu'une teneur trop réduite (0,33 %) en eau diminue la charge-limite et que le vieillissement augmente celle-ci.

Etude d'une nouvelle gaine proposée.

La gaine soumise aux essais nous a donné à l'analyse la composition suivante :

Sable	82,81
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	0,32
K ₂ SO ₄	2,60
Plâtre calculé sec CaSO ₄	12,14
Eau et divers	2,13

Essayée en charges suspendues, dans notre galerie, en grisou naturel, suivant notre mode opératoire habituel, elle n'a non seulement montré aucune supériorité, mais encore elle a donné des inflammations à la charge de 800 grammes, alors que les gaines courantes donnent régulièrement des tirs à 900 grammes sans inflammation.

Elle a donc été refusée à l'agrément.

2) Quelques études demandées par l'Administration des Mines

A diverses reprises, nous avons effectué, à la demande de l'Administration des Mines, des recherches sur des incidents ou accidents de tirs survenus dans les travaux miniers.

Accident dû à un essayeur de mines, maladroitement construit ou réparé.

On connaît les petits appareils dénommés essayeurs de mines, qui comportent un petit galvanoscope à voyant raccorcé par une pile sèche.

L'appareil est très simple, encore faut-il qu'il soit soigneusement construit et monté.

Le croquis ci-dessous reproduit l'appareil qui nous fut soumis et qui avait déterminé l'explosion d'un détonateur électrique dont on voulait vérifier la résistance en appuyant les extrémités des fils sur les 2 plots T_1 , T_2 .

La légende qui accompagne le croquis signale en même temps les défauts relevés.

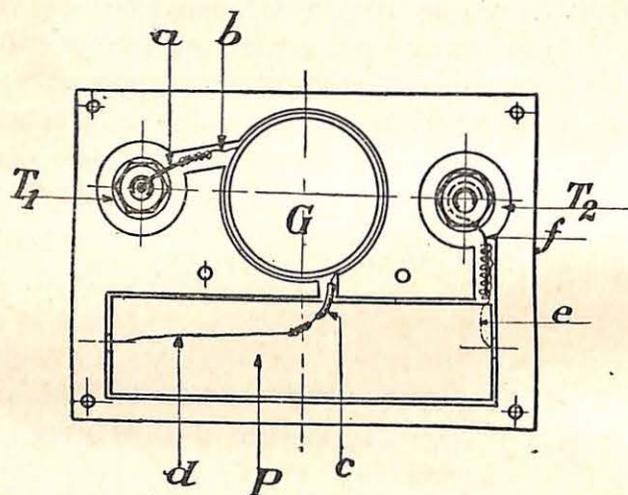


Fig. 1.

Légende :

P : pile sèche 2 éléments en série, donnant une tension de 2,75 volts; un fil d soudé (diamètre 0,25 m/m) nu, est raccordé par une ligature sommaire à un bout de fil isolé c .

L'autre pôle de la pile est raccordé par le fil nu soudé e (diamètre 0,25 m/m) à un bout de fil nu f (diamètre 0,9 m/m) sur lequel il est enroulé sommairement.

f est serré, d'une façon défectueuse, par l'écrou de la borne T_2 .

G est le boîtier cylindrique entièrement métallique contenant le galvanoscope. L'une des extrémités de l'enroulement magnétisant b est simplement enroulée sur un bout de fil étamé a nu, de 0,5 m/m de diamètre.

L'autre extrémité de l'enroulement est connectée en c par une ligature sommaire.

L'isolant de ce fil c est détérioré et le cuivre est mis à nu contre le bord du boîtier métallique.

On voit la grossièreté dans l'exécution des circuits : bouts de fil de fortune, de diamètres différents, ligatures sommaires ne donnant aucun contact régulier, emploi d'un boîtier métallique donnant facilement un contact à la masse, fil c détérioré peut-être au remontage.

On constate : 1° que le point b touche aisément le boîtier en même temps que c : donc, en branchant un détonateur (résistance : 1,46 ohm) sur T_1 et T_2 , l'enroulement magnétisant est court-circuité et dès lors on a la force électromotrice (2,75 volts) directement branchée, d'où ampérage de 0,85 ampère, bien suffisant pour faire sauter un détonateur.

2° Comme il y a un contact permanent en c , avec le boîtier métallique, il suffit de toucher avec les fils du détonateur la borne T_2 et un point quelconque du bord du boîtier qui maintient la fenêtre en cellulo pour brancher ainsi le détonateur sur la force électromotrice de la pile directement : d'où explosion (1).

Dans les essayeurs de mines bien construits, les connexions des pôles de la pile à l'une des bornes d'une part, à l'autre borne par l'intermédiaire du galvanoscope d'autre part, doivent être faites d'une façon extrêmement soignée, en conducteurs immobilisés.

Le boîtier du galvanoscope doit être en matière isolante, de façon à éviter les dangers de mise à la masse. Cela n'empêche pas d'avoir un cercle métallique superficiel maintenant la fenêtre du voyant.

(1) Rappelons encore que les essayeurs de mines ne peuvent être utilisés dans le fond pour vérifier des détonateurs seuls; on ne peut jamais faire cette vérification, même à la surface, sans un bouclier protecteur parant à toute éventualité si, par suite de résistance faible, anormale, le détonateur venait à sauter.

Voici, à titre d'indication, la disposition adoptée par un constructeur réputé et que le constructeur-amateur de l'appareil décrit plus haut — il a gardé l'anonymat — croyait sans doute reproduire.

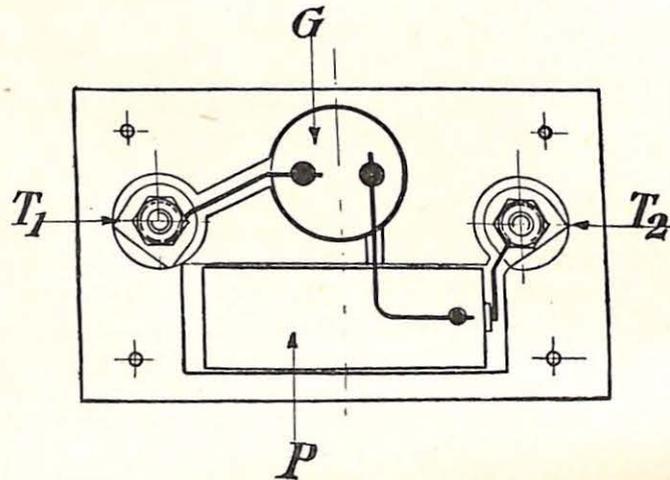


Fig. 2.

Les conducteurs sont rigides et fixés par soudure; le boîtier G du galvanoscope est en matière isolante.

Etude d'un exploseur à enveloppe en bois.

A la suite d'une inflammation de grisou survenue dans le pays de Charleroi, l'exploseur utilisé fut adressé pour examen à l'Institut.

Cet appareil, avec enveloppe en bois, avait été réparé au charbonnage d'une manière défectueuse; le réparateur avait enlevé une douille de protection qui existait à l'entrée de la manivelle, ce qui créait une communication directe de l'intérieur avec l'extérieur: lorsque l'appareil est plongé dans une atmosphère grisouteuse, les étincelles du fonctionnement devaient nécessairement

enflammer le grisou et communiquer l'explosion à l'extérieur.

Les croquis ci-dessous expliquent la réparation maladroite faite par un agent subalterne incompetent.

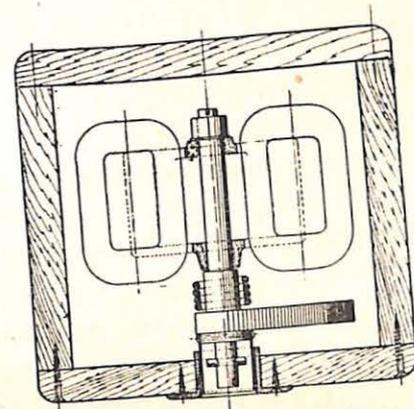


Fig. 3. — Coupe horizontale de l'exploseur.

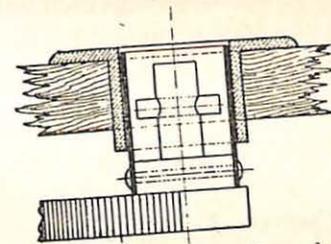


Fig. 4. — Agrandissement de l'axe de commande. Montage correct originel.

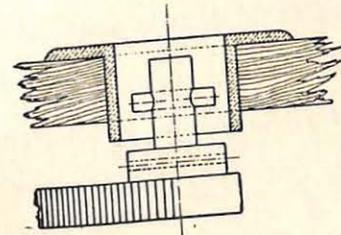


Fig. 4bis. — Montage après réparation au charbonnage. La buselure de l'axe a été enlevée.

De plus, lorsque l'on fermait l'orifice béant de l'entrée de la manivelle, les fentes dont était affectée l'enveloppe en bois permettaient le passage de la flamme par ces fentes.

Ceci a amené la circulaire ministérielle du 8 mai 1937, interdisant les enveloppes de bois pour les exploseurs de mines grisouteuses et prescrivant l'usage exclusif d'exploseurs dûment agréés dans ces mines.

Les enveloppes en bois, qui peuvent être parfaitement étanches lors de la construction, ne peuvent le rester avec les conditions alternatives de sécheresse et d'humidité, de températures différentes qui sont la règle pour les travaux souterrains si divers où l'on est amené à faire usage des exploseurs.

Départ intempestif d'un détonateur par traction sur les fils.

Un accident survenu dans un charbonnage du Borinage avait amené une série d'essais à l'Institut. Ces essais avaient montré, dans le lot de détonateurs de provenance étrangère qui étaient utilisés lors de l'accident, la défec-tuosité du sertissage de la tête : sur 19 détonateurs soumis aux essais, 3 avaient donné lieu à explosion en exerçant une traction sur les fils.

Ces détonateurs avaient été saisis à la suite d'un acci-dent survenu à un boutefeu. Celui-ci a déclaré qu'un détonateur lui était sauté dans la main, alors qu'il redres-sait les conducteurs.

Caractéristiques des détonateurs.

Les conducteurs ont 1^m20 de longueur. Ils sont con-stitués par un fil de cuivre de 0,6 m/m de diamètre, isolé par une couche de papier imprégné et un guipage de coton.

Les conducteurs pénètrent dans le détonateur à tra-vers une tête ou masselotte de fibre moulée et sertie dans l'étui de cuivre jaune renfermant l'amorce et la charge fulminante.

Résultats des essais de traction.

La traction était exercée sur les conducteurs à l'aide d'une corde de chanvre de 20 mètres de longueur pesant 6,1 grammes par mètre courant.

Traction axiale. — Le détonateur était maintenu par une tôle verticale de 5 m/m d'épaisseur, dans laquelle on avait pratiqué d'abord un trait de scie de 100 m/m de longueur, puis au bout de cette fente, une ouverture de 4 m/m de diamètre (voir fig. 5).

On introduisait donc les conducteurs dans la fente, puis on amenait le détonateur dans la position indiquée à la figure 6, la tête prenant appui sur le bord de l'ou-verture circulaire.

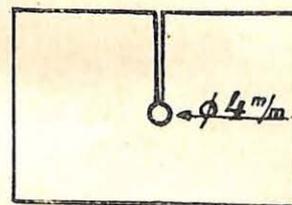


Fig. 5.

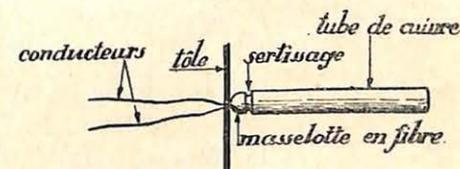


Fig. 6.

Sous l'effort de traction, les conducteurs étaient donc sollicités à glisser à l'intérieur de la tête.

Les tractions ont été exercées de façons diverses : traction progressive et traction brusque.

Traction progressive.

- 1^{er} essai : Rupture des conducteurs à 5 cm. de la tête.
 2^e » id. id. à l'entrée de la tête.
 3^e » id. id. id. id.
 10^e » *Le détonateur explose.* Les deux conducteurs sont cassés, l'un à l'extrémité extérieure de la tête, l'autre à l'intérieur de la tête. Sur la face intérieure de la tête, les deux fils font toujours saillie, mais l'un est plus court de 1 m/m environ.
 11^e » Rupture des conducteurs à l'entrée de la tête.
 12^e » id. id. id. id.
 13^e » *Le détonateur explose.* Les conducteurs sont cassés l'un à 5 m/m de la tête, l'autre à l'extérieur. Du côté intérieur de la tête, un seul bout de fil est visible.
 14^e Rupture des conducteurs à 7 cm. de la tête.

Traction brusque.

- 4^e essai : Rupture des conducteurs, l'un à 1 cm. de la tête et l'autre à 0^m80. Sur le conducteur restant, nous exerçons une nouvelle traction brusque : le fil casse à l'entrée de la tête.
 5^e » Rupture des deux conducteurs à l'entrée de la tête.
 6^e » id. id. id. id.
 7^e » Rupture des deux conducteurs à l'intérieur de la tête.
 15^e » Rupture des conducteurs, l'un à l'entrée, l'autre à l'intérieur de la tête.

- 16^e » L'un des conducteurs est cassé à l'entrée dans la tête. L'autre est sorti de la tête. A l'extrémité, on remarque la trace laissée par la soudure au pont du fil de platine.
 17^e » Id. id. id.
 18^e » *Le détonateur saute.* Un des conducteurs est cassé à l'entrée dans la tête. L'autre est sorti entièrement de la tête; son extrémité porte des traces de soudure.
 19^e » Rupture des conducteurs, l'un à l'entrée dans la tête, l'autre à 6 cm. de celle-ci.

Nous avons fait deux essais de traction latérale, c'est-à-dire que l'effort exercé sur les conducteurs était dirigé perpendiculairement au détonateur.

Celui-ci était placé dans un trou pratiqué dans l'aile d'une cornière verticale (voir fig. 7). Pour chacun de ces essais, l'effort croissait progressivement.

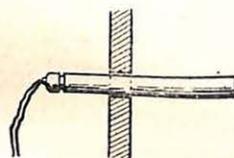


Fig. 7.

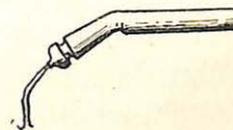


Fig. 8.

- 8^e essai : Rupture des conducteurs à l'entrée dans la tête; l'étui en cuivre est plié légèrement à 1 cm. de la tête.
 9^e essai : Rupture des conducteurs dans la tête. L'étui en cuivre est plié à 2 cm. de la tête comme indiqué à la figure 8.

Dans le tableau ci-dessous, nous résumons les constatations faites au cours des essais.

Genre de traction exercée	Nombre de détonateurs essayés	Nombre de détos. pour lesquels il y a eu		
		rupture des conducteurs	sortie d'un conducteur de la tête	Explosion
Traction progressive :				
Axiale	8	6	—	2
Latérale	2	2	—	—
Traction brusque (axiale)				
	9	6	2	1
	—	—	—	—
	19	14	2	3

Enfin, nous avons procédé à un essai de traction sur les conducteurs seuls. Ceux-ci se rompent simultanément pour une traction de 16 kg., ce qui représente l'effort maximum exercé au cours de nos expériences.

A la suite de ces essais, nous avons averti le fabricant, attirant son attention sur l'insuffisance du sertissage des conducteurs dans la tête ou masselotte de fibre moulée.

Le fabricant a porté remède à la défectuosité signalée; un mois après, en effet, nous avons saisi de ces détonateurs et opéré des tractions progressives ou brusques sur 45 détonateurs, sans obtenir aucune explosion.

Nous avons crû devoir examiner à cette occasion comment se comportaient les fabricats belges et nous avons soumis aux mêmes essais les détonateurs des trois firmes intéressées.

Aucune explosion ne s'est produite.

En principe, le sertissage des fils dans la tête d'amorce devrait immobiliser à ce point les fils que ceux-ci se

brisent plutôt que de glisser dans l'amorce en provoquant une friction des fils sur la poudre d'amorce.

S'il y a possibilité de glissement, la nature de la poudre d'amorce doit permettre cette friction sans danger.

C'est ce qui arrive notamment pour deux des firmes belges, auxquelles nous avons néanmoins recommandé d'améliorer l'immobilisation des fils dans la tête.

A propos d'une déflagration fusante signalée dans un charbonnage du Borinage.

A front d'un bouveau en creusement dans des bancs de psammite en stratification horizontale, on avait fait sauter 4 mines chargées d'un explosif brisant au nitrate ammonique.

Revenant sur les lieux, le boutefeu vit une flamme blanche de la longueur de la main sortant d'un culot de mine.

Ce culot, de 0^m10 de profondeur, provenait d'un forage de 0^m90 qui avait reçu une charge de 300 grammes d'explosif, et un bourrage de 0^m40 d'argile humide.

Les terrains traversés étaient eux-mêmes humides.

L'incident était bien une déflagration fusante.

L'explosif saisi fut amené à l'Institut et nous essayâmes de reproduire le phénomène en supposant que l'humidité de l'explosif en était la cause déterminante.

Les tirs ont été faits sans bourrage, dans un mortier dont le fourneau a 30 m/m environ de diamètre, et dans des conditions d'humidité nettement exagérées si on les compare à celles régnant dans le chantier.

Voici les constatations faites au cours des essais :

1° Charge poussée au fond du mortier, comportant d'abord deux cartouches dont l'enveloppe paraffinée a

été percée de trous d'épingle et qui ont séjourné 90 secondes dans l'eau, puis une cartouche indemne amorcée d'un détonateur n° 8.

Toute la charge détone en donnant une flamme blanche instantanée.

2° Charge poussée à fond du mortier rempli d'eau, comportant 3 cartouches dont l'enveloppe a été percée de trous d'épingle et qui ont séjourné 3 minutes dans l'eau avant d'être introduites dans le mortier.

On tire 8 minutes après que les cartouches ont été introduites dans le mortier. Toute la charge détone sans flamme.

3° Charge comportant 3 cartouches poussées au fond du mortier. Dans deux cartouches, le bout de l'enveloppe formant fond a été déplié et dans le cylindre ainsi formé, on a introduit du sable humide.

Le sable est séparé de l'explosif par une rondelle de carton.

Dans la charge, deux cartouches consécutives sont donc séparées par un intervalle de 2 cm. d'épaisseur rempli de sable humide. Toute la charge détone en donnant une flamme rouge sombre instantanée.

4° Charge poussée au fond du mortier, comportant une cartouche amorcée d'un détonateur n° 8 et de trois cartouches ayant séjourné 24 heures dans une atmosphère saturée d'humidité.

Pour faciliter l'absorption d'humidité, nous avons remplacé l'enveloppe de papier paraffiné par une de papier buvard.

La quantité d'eau absorbée à la fois par l'enveloppe et l'explosif était de 9 gr. environ par cartouche (le poids de la cartouche de 100 gr. est porté à 109 gr.).

La charge a détoné entièrement en donnant une flamme instantanée.

5° Charge poussée au fond du mortier, comportant 3 cartouches saturées d'humidité, dans les conditions indiquées pour l'essai 4.

Cette charge est amorcée d'un détonateur n° 8; elle détone entièrement en donnant une flamme instantanée.

Nos conditions d'humidité étaient exagérées par rapport à ce qui régnait dans le bouveau. L'humidité n'a donc pas été la cause de l'accident, mais probablement un amorçage défectueux dû par exemple à ce que le détonateur serait sorti de la cartouche-amorce.

Nos explosifs sont peu sujets aux déflagrations fusantes, qui sont beaucoup plus rares chez nous que dans d'autres pays, notamment en raison de l'usage presque exclusif de détonateurs forts, c'est-à-dire des détonateurs n° 8 dits à charge équivalente de 2 gr. de fulminate, mais qui, en réalité, sont plus puissants que l'ancienne charge de 2 grammes de fulminate.

Etude sur le danger d'inflammation du grisou par la ligne de tir.

Un accident survenu dans le pays de Charleroi, par inflammation de grisou, a pu être attribué d'une manière plausible à un contact postérieur, c'est-à-dire à un contact des fils de la ligne de tir postérieur au départ du coup.

Il s'agissait d'un exposeur ancien, sans limitation de la durée du courant. La durée relevée à l'oscillographe, variait entre 335 et 390 millisecondes.

On sait que les explosifs agréés pour mines grisouteuses sont nécessairement pourvus d'un dispositif limitant la durée de passage du courant à 50 millisecondes — donc un vingtième de seconde — au maximum. Cette précaution élimine en grande partie le risque des contacts postérieurs et l'on se rend compte de l'importance de cette mesure.

A propos d'un grave accident de grisou survenu en 1936 et dont la cause n'a pu encore être déterminée, il nous a été demandé d'examiner la possibilité d'inflammation du grisou par les étincelles d'une ligne de tir.

Nous avons donc repris dans son ensemble la question des possibilités d'inflammation du grisou par les étincelles d'une ligne de tir.

Précédemment, nous avons déjà touché à la question pour de petits voltages (15 volts environ) et à propos de signalisations électriques.

A ces faibles voltages, le rôle de la self de la ligne apparaissait comme un facteur prépondérant, capable de rendre dangereux un circuit de sonneries par exemple.

Notre étude de 1937 a envisagé, en ordre principal, la tension de 60 volts, sous laquelle l'explosif en cause (explosif à batterie) débitait le courant, mais nous avons fait varier également la tension.

Cette étude a montré que de nombreux facteurs jouent un rôle : la tension, l'intensité, la nature du métal et la forme donnée aux pièces de contact.

Elle montre que, si le risque des contacts de ligne ne doit pas être exagéré, il est néanmoins réel dans le cas de lignes mal établies : les courants de fuite d'une ligne de ce genre sont même capables de donner naissance à des inflammations de grisou.

Nous allons exposer les divers dispositifs utilisés dans nos essais. — Nous résumerons ensuite les résultats dans des tableaux d'ensemble.

I. — Essais préliminaires.

Rupteur mécanique.

Nous avons d'abord provoqué les étincelles par un rupteur mécanique, l'installation étant représentée schématiquement par le croquis de la figure 9.

La légende ci-dessous nous dispense de texte explicatif :

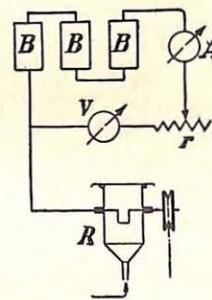


Fig. 9.

B : 3 batteries de 10 éléments au plomb.

A : ampèremètre.

V : voltmètre.

r : résistance réglable.

R : rupteur mécanique commandé par une poulie provoquant successivement le contact et la séparation d'une manivelle en laiton avec une lame de même métal.

Avant l'essai, le circuit est fermé à l'aide du rupteur et l'intensité est réglée par la résistance r et mesurée par l'ampèremètre A.

Le voltmètre donne la tension au point de rupture.

Vitesse du rupteur : environ 150 tours-minute. Mélange titrant 10 % de grisou.

RESULTATS OBTENUS

Tension	Intensité	Résultats
64 volts	0,75 ampères	non inflammation
62,5 »	1,16 »	idem
61,5 »	5,00 »	idem
61,5 »	4,05 »	inflammation
61 »	4,50 »	idem
60,5 »	5,05 »	idem

Nous n'avons donc obtenu d'inflammation qu'à partir de 4 ampères.

Contacts et ruptures à la main.

Mais nous nous sommes vite aperçu que l'on provoquait plus facilement l'inflammation en commandant à la main la séparation des pièces conductrices : on obtient des étincelles de durée plus longue. De plus, en modifiant le métal et la forme des pièces de contact, on arrive à des résultats notablement différents; la teneur du mélange grisouteux inflammable joue un rôle également.

Nous avons donc été amenés à faire de très nombreuses expériences. Nous avons d'abord fait usage de pièces de contact préparées spécialement, soigneusement décapées ou appointées. Ces conditions n'existant pas en général en pratique, nous avons refait ultérieurement quelques essais en utilisant des fils de cuivre et des tôles ou tiges de fer tels qu'il peut s'en rencontrer dans le fond.

Le dispositif utilisé est représenté au schéma de la figure 10.

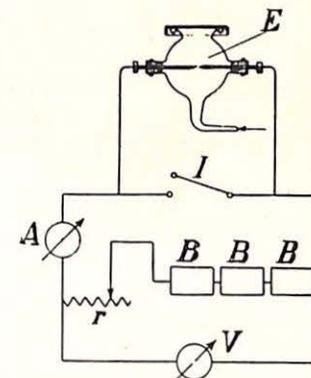


Fig. 10.

B : batterie

V : voltmètre.

A : ampèremètre.

r : résistance réglable.

E : éclateur : une sphère en verre à 4 tubulures : l'inférieure et la supérieure servant à l'introduction et à l'évacuation du mélange grisouteux. La supérieure est obturée par un disque de carton qui est soulevé en cas d'explosion.

Les deux tubulures latérales servent à l'entrée des pièces conductrices dont la séparation provoque les étincelles.

Nous avons fait varier le voltage appliqué et pris, chaque fois, la valeur de l'intensité indiquée à l'ampèremètre après réglage de la résistance r et fermeture de l'interrupteur I : cette valeur représente la valeur maximum du débit car un contact imparfait des pièces conductrices diminue cette intensité.

Voulant ensuite retirer les appareils du circuit avant l'essai d'inflammation pour éliminer leur inductance et

réduire au minimum le coefficient de self, nous avons adopté le dispositif du schéma de la figure 11.

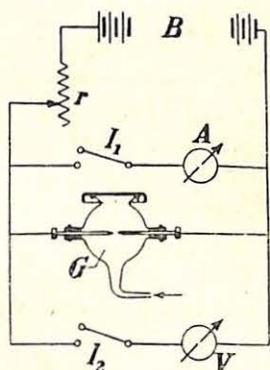


Fig. 11.

B : batterie.
 A : ampèremètre.
 G : globe en verre dans lequel afflue le mélange grisouteux.
 V : voltmètre.
 I₁ et I₂ : interrupteurs permettant de retirer les appareils de mesure du circuit.

Avant essai, on contrôle la tension à circuit ouvert, à l'aide du voltmètre V et on règle le courant avec la résistance r et l'ampèremètre A.

Enfin, pour éliminer complètement toute résistance inductive, nous avons substitué à notre résistance variable r une longueur réglable de ligne boutefeu (cette longueur a été portée, dans certains essais, à 2.250 m. de ligne sans aucune self, puisque les deux conducteurs torsadés étaient parcourus par des courants de sens inverses).

Nous donnons dans les tableaux qui suivent le résumé de ces très nombreux essais, en indiquant simplement quelle a été, dans chaque série d'essais, la valeur minimum du courant qui nous a donné une inflammation.

Généralement, cette inflammation-limite n'est pas obtenue à la première rupture, mais après un certain nombre d'essais infructueux de l'ordre de la soixantaine.

ESSAIS AVEC RUPTURE DU CIRCUIT A LA MAIN

1. — Avec dispositif figure 10.

teneur en % du mélange grisouteux	Conditions de l'expérience Nature des électrodes	Voltage appliqué	Valeur du courant minimum ayant donné lieu à inflammation	Observations
9.5	Extrémités dénudées (cuivre étamé) d'une ligne boutefeu	34 37 38 37.5 58.5	5 2.5 1.5 1.75 0.95	
8	Idem	35 57.5	2 1	Sous 12 v., pas d'infl. à 0.5 a.
11	Idem	52	1.25	Pas d'infl. sous : 20 v. à 3.6 a.; 25 v. à 3 a.; 34.5 v. à 2 a.
2. — Avec dispositif figure 11.				
8	Lames de zinc Lames de tôle gavanisée (1) —	45 —	0.39 —	(1) Sous 45 v., pas d'infl. à 0.5 a.
9	Lames de zinc Lames de tôle galvanisée .	50 60	0.48 0.30	
9.25	Lames de zinc Lames de tôle galvanisée .	61.5 62	0.325 0.38	
9.5	Fils de fer galvanisé (1) . Fils de fer à souder (1) .	— —	— —	(1) Sous 45 v., pas d'infl. à 0.5 a.
10	Fil boutefeu (cuivre étamé) et fil de fer galvan. (*) (1) —	—	—	(*) Pas d'infl. sous 60 v. à 0.42 a.
	Fil boutefeu et lame zinc. Fil boutefeu et lame tôle galvanisée (*)	61 —	0.39 —	(*) Sous 61 v., pas d'infl. à 0.39 a.
	Fil détonateur étamé et fil galvanisé	61	0.43	

(1) Au cours des essais comportant des électrodes en métaux différents, nous avons interverti la polarité des électrodes sans obtenir de différences bien nettes et constantes dans la limite inférieure d'inflammation.

ESSAIS AVEC SUPPRESSION DE TOUTE RESISTANCE INDUCTIVE

(la résistance réglable étant remplacée par une grande longueur de fil boutefeu).

Teneur en % du mélange grisouteux	Conditions de l'expérience Nature des électrodes	V. Itage appliqué	Valeur du courant minimum ayant donné lieu à inflammation	Observations
7	2 bouts dénudés de fil boutefeu	60	0,91	
	2 lames tôle galvanisée	55	0,45	
	1 fil boutefeu et un fil de fer galvanisé	62	0,47	
	1 fil boutefeu et une lame de tôle galvanisée (*)	—	—	(*) Pas d'infl. à 0,55 a. sous 55 v.
9,5	Idem	58	0,56	
7	2 bouts de fil de fer galvanisé	60	0,56	
8	Idem	62	0,48	
9,5	1 barre de fer de 10 mm. diam. et un bout de fil de cuivre étamé	50	0,68	
	Même barre de fer et lame de tôle galvanisée	58(*)	—	(*) Pas d'infl. à 0,56 a.
	Barre de fer de 10 mm. diam. et un bout de fil de cuivre étamé	55(**)	—	(**) Pas d'infl. sous 0,64 a.
9,25	1 fil boutefeu et une lame de zinc	55	0,45	
8	2 lames de zinc	57	0,44	
9,25	Idem	58	0,50	
	Fil détonateur étamé et lame de zinc	58(*)	—	(*) Pas d'infl. à 0,58 a.
	Tige de fer de 2 mm. appointée et lame de tôle galvanisée	55	0,64	

ESSAIS SANS NETTOYAGE SPECIAL DES PIECES DE CONTACT

Teneur en % du mélange grisouteux	Conditions de l'expérience Nature des électrodes	Voltage appliqué	Valeur du courant minimum ayant donné lieu à inflammation	Observations
9,25	2 fils boutefeu	62	0,97	Infl. après 74 ruptures.
	Mêmes pièces, mais nous introduisons une self de 1.248 spires sans fer	62	0,50	Infl. après 18 ruptures.
	Idem, mais on introduit une barre de fer (*)	62	—	Non infl. avec 0,41 a.
	2 fils boutefeu recouverts de poussières de charbon (on rétablit le circuit primitif sans self)	62	1	
	2 tiges de fer à soudure rouillées (diam. 3 mm.).	61	1,01	
	2 lames de zinc non limées ni appointées	61	0,45	(*) Non infl. pour 0,45 a.
	2 lames de tôle galvanisée	61(*)	—	
	1 lame de tôle galvanisée et un fil boutefeu (*)	61	—	(*) Pas d'infl. à 0,45 a., 80 ruptures.
7,5	2 lames de tôle galvanisée repliées (*)	59	—	(*) Pas d'infl. sous 0,83 a., 80 ruptures.
	2 lames de tôle galvanisée appointées	59	0,85	
	2 lames de tôle galvanisée repliées (avec petites bavures de zinc à la pliure)	59	0,82	
	Lames de tôle galvanisée formant coupelle remplie de charbon en poussière et fil de fer galvanisé	58	0,77	

Teneur en % du mélange grisouteux	Conditions de l'expérience Nature des électrodes	Voltage appliqué	Valeur du courant minimum ayant donné lieu à inflammation	Observations
	2 fils boutefeux couverts de poussières	58	1,08 (*)	Pas d'infl. à
	2 barres de fer ordinaire de 9 mm. diam. (*)	55	—	1,02 a., plus de 100 ruptures.
	1 barre comme ci-dessus et un fil boutefeux	55	1,02	
9,5	2 barres de fer ordinaire de 9 mm. diam. (*)	55	—	(*) Pas d'infl. à 0,91 a., plus de 100 ruptures.
	1 barre de fer ronde de 9 mm. et un fil boutefeux (*)	55	—	(*) Pas d'infl. à 0,91 a., plus de 100 ruptures.
	2 barres de fer ordinaire de 9 mm.	55	—	Pas d'infl. avec 1,02 a.
	1 barre de fer de 9 mm. et un fil boutefeux	55	—	Idem.
	1 barre de fer et une lame de zinc en pointe	55	—	Idem.
	2 lames de zinc en pointe	55	1,02	Infl. à 4° étincelle.
	Lame de tôle galvanisée et un fil boutefeux recouverts de poussières de charbon.	48	0,95	
	Lame de tôle galvanisée recouverte de poussières de charbon et barre de fer de 9 mm.	46	—	Pas d'infl. à 0,85 a.

Résumant ces résultats, nous dirons :

1° Le voltage a un rôle très marquant; son augmentation réduit considérablement la valeur-limite de l'intensité donnant inflammation;

2° La nature du métal a une importance sensible; le zinc, puis le fer galvanisé exigent les moindres intensités pour provoquer l'inflammation du mélange grisouteux.

L'intensité minimum, sous la tension moyenne de 60 volts, ayant donné lieu à inflammation, dans les séries où les lames conductrices étaient spécialement préparées a été de :

0,30	ampère	dans le cas	du zinc.
0,32	—	—	— de tôles galvanisées.
0,91	—	—	— de fils boutefeux.

3° Lorsque l'on fait usage de lames ou fils non spécialement préparés, ces limites deviennent :

0,43	ampère	dans le cas	du zinc.
0,82	—	—	— de tôles galvanisées.
0,97	—	—	— de 2 fils boutefeux.

Il est intéressant de signaler ici que le Safety in Mines Research Board procéda jadis à des recherches dans le but de mesurer l'aptitude des étincelles électriques à enflammer le grisou.

Le circuit était parcouru soit par du courant continu, soit par du courant alternatif et la rupture réalisée par des dispositifs mécaniques.

Les résultats ont été publiés en 1926 dans le Paper n° 20 intitulé « The electric ignition of firedamp : alternating and continuous current compared ».

Nous transcrivons ci-après les résultats les plus intéressants obtenus par les expérimentateurs anglais, avec le courant continu :

Courants donnant l'inflammation d'un mélange à 8,5 % de méthane avec une self de 31,75 millihenrys et une tension de 120 volts.

Electrodes de zinc	0,23
» d'étain	0,45
» de cuivre	0,49
» de fer	0,49
» de platine	0,48

Le zinc facilite donc l'inflammation, ce que nous avons constaté également.

D'après le S. M. R. B., le courant donnant l'inflammation est d'autant plus faible que le métal est plus volatil, les vapeurs métalliques ayant pour effet d'augmenter la durée de l'arc, comme on peut en juger par le tableau suivant :

	Point d'ébullition	Durée de l'arc
Zinc	918°	0,00254 seconde
Platine	2.450°	0,00081 »
Or	2.530°	0,00070 »

Voici d'autres résultats montrant l'influence de la tension :

Courant enflammant un mélange à 7,8 % de méthane, le coefficient de self étant de 95 millihenrys et les électrodes étant en platine.

Tension en volts	25	40	60	80	110	140
Courant donnant l'inflammation	1,18	1,00	0,80	0,66	0,50	0,38

Les intensités les plus faibles capables d'enflammer le grisou qui aient été enregistrées par les Anglais sont les suivantes :

1°) *Electrodes en platine* : Pas de bobine de self dans le circuit. Tension de 288 volts. Inflammation pour 0,26 ampère d'un mélange à 8 % de méthane;

2°) *Electrodes en platine* : Bobine de self de 1 millihenry. Tension de 24 volts. Inflammation pour 5,4 ampères d'un mélange à 8,6 % de méthane.

4° L'influence de la self est visible dans certains cas, en comparant les résultats obtenus après suppression de toute inductance. En fait, elle a moins d'importance que l'on aurait pu croire.

5° Une circonstance heureuse est à noter : les intensités-limites inférieures d'inflammation sont plus élevées lorsque l'on ne prépare pas spécialement les contacts; c'est le cas qui existe, en fait, lors des contacts accidentels se produisant dans les travaux souterrains.

Rappelons encore que notre façon d'opérer est — avec raison d'ailleurs — beaucoup plus dangereuse que les conditions que l'on peut trouver dans le fond : nous faisons jaillir des étincelles en plein milieu inflammable, dans un espace sphérique à capacité limitée qui disperse moins de chaleur, et nous guidons à volonté les pièces de contact, de façon à produire l'étincelle optimum. Ce n'est pas généralement à la première étincelle que se produit l'inflammation.

Il n'en reste pas moins vrai que nous trouvons, pour une tension moyenne de 60 volts, des valeurs qui peuvent se rencontrer dans les courants de fuite d'une ligne de tir établie sans soin. Cela attire l'attention d'une manière plus spéciale encore sur la nécessité d'apporter un soin tout particulier au circuit de tir.

La tension de 60 volts est d'ailleurs inférieure à la tension moyenne de nos exposeurs électro ou magnéto-électriques. Ceux-ci -- les types agréés du moins -- corrigent en grande partie le danger par la faible durée du passage du courant (maximum : 50 millisecondes).

Nous avons déterminé à l'oscillographe la durée du passage du courant dans l'exposeur à batterie étudié, suivant que l'on actionne le bouton-poussoir :

1° d'une façon simplement normale : durée 425 milli-secondes.

2° avec la préoccupation d'aller vite : 65 milli-secondes.

Dans ce genre d'exploseur, il faudrait en tout cas, pour éviter le danger de contacts postérieurs, réduire très sensiblement cette durée par l'intermédiaire d'un dispositif — tel un ressort à détente calibré — limitant la durée du contact à 50 millisecondes au maximum.

Rappelons que l'exploseur en cause avait été construit pour éviter le danger des étincelles *intérieures* à l'appareil et non les étincelles de la ligne.

La question de principe étant ainsi étudiée, nous avons voulu ensuite déterminer dans quelles conditions une ligne de tir moyenne pouvait présenter des courants de fuite tels qu'il y ait danger d'inflammation du grisou.

Nous avons utilisé la ligne dont il était fait usage dans le chantier où s'était produit l'accident, point de départ de l'étude.

Elle offrait cette particularité d'être constituée de deux brins doubles de 120 mètres de longueur; chacun des brins comprend deux conducteurs en cuivre étamé de 0,8 m/m de diamètre; chaque fil étant isolé par une gaine de caoutchouc et un guipage de coton imprégné et torsadé avec l'autre fil; mais dans notre cas, les fils torsadés étaient mis en parallèle et parcourus par le même courant.

Deux conducteurs torsadés formaient donc l'aller, les deux autres formant le retour.

La figure 12 indique notre dispositif.

Nous donnons ci-après les courants de fuite enregistrés dans différentes conditions de mise à la terre, tant pour le câble nord que pour le câble sud.

A) Le câble sud déposé sur le sol du verger est mis à la terre par 23 pointes de Paris (longueur 110 m/m, diamètre 5 m/m) en contact avec les conducteurs mis à nu aux endroits des ligatures.

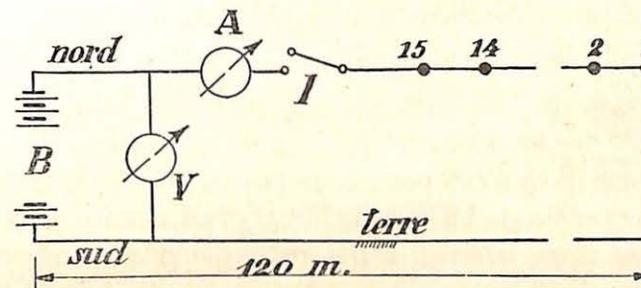


Fig. 12.

B : batterie.
V : voltmètre.

A : ampèremètre.
I : interrupteur.

Le câble nord est suspendu à des piquets métalliques (double T: 80 × 30 × 3) enfoncés de 10 à 20 cm. dans le sol, à 1 mètre environ du câble sud.

Ces piquets, au nombre de 15, sont placés à proximité des ligatures du câble, mais celles-ci sont isolées des piquets par des gaines de caoutchouc.

Dans ces conditions, il n'y a pas de courant de fuite et l'aiguille de l'ampèremètre reste au zéro lorsqu'on ferme l'interrupteur I.

B) Le câble sud est mis au sol comme ci-dessus.

Le câble nord est mis à la terre à l'un des quinze piquets par contact franc de la ligature au fil métallique servant d'attache.

Ces piquets étant numérotés de 1 à 15 à partir des extrémités libres des câbles, les intensités des courants de fuite indiquées à l'ampèremètre, pour une tension de 58 volts, ont varié de 0,215 à 0,43 ampère, suivant que l'on réalisait la mise à la terre par le piquet 1, 2 15.

C) Le câble sud est mis à la terre comme plus haut. Le câble nord est mis à la terre par toutes les ligatures (donc par les quinze piquets).

Le courant de fuite mesuré en I est de 1,65 ampère pour une tension de 56 volts.

D) Le câble nord est mis à la terre par le piquet 15. Le câble sud est supporté de distance en distance par des isolateurs fixés à des piquets de bois; il est mis à la terre par une pointe de Paris à différents endroits indiqués ci-après et correspondant à des parties dénudées des conducteurs.

MISE A LA TERRE DU CABLE SUD

	Courant de fuite
a) A 2 ^m ,50 des extrémités libres du câble .	0,09 ampère
b) A mi-longueur	0,075 »
c) A 1 ^m ,50 du piquet 15	0,15 »
d) A 1 ^m ,50 du piquet 15 et à 72 m. du front	0,10 »
e) A 1 ^m ,50 du piquet 15, à 72 m. et 45 m. du front	0,20 »

E) Le câble sud est mis à la terre par 23 pointes de Paris comme indiqué en A, B et C. Le câble nord est mis à la terre par le piquet 15.

Les extrémités de ligne sont raccordées à un ampèremètre A' et une résistance de réglage r , comme indiqué au schéma suivant.

A l'aide de ce dispositif, nous avons recherché comment le courant de fuite variait avec le courant utile.

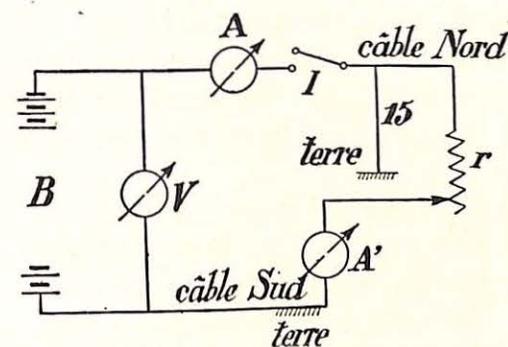


Fig. 13.

La résistance r représente les détonateurs raccordés à la ligne de tir. L'ampèremètre A' mesure le courant utile (courant de mise à feu). L'ampèremètre A mesure le courant total entrant dans la ligne, courant utile + courant de fuite.

Voici les résultats de nos mesures :

Courant utile	Courant total	Courant de fuite
0,57	1,10	0,53
1,00	1,45	0,45
2,00	2,30	0,30
1,50	1,80	0,30

Conclusions : L'intensité des courants dérivés est fonction de la différence des tensions existant aux extrémités des dérives ainsi que de la résistance électrique de ces dérives.

La différence de ces tensions est conditionnée uniquement par résistance de la ligne et l'intensité du courant de tir. Il est donc facile de réaliser, dans une expérience, les conditions de tension régnant dans une ligne de tir.

La résistance électrique des dérives, au contraire, est fonction de beaucoup d'inconnues : résistance de contact variant avec l'état des surfaces en contact et l'intensité du courant, résistance ohmique dépendant de la composition du sol, de son humidité, etc.

Ceci revient à dire que nos expériences n'ont probablement pas réalisé les conditions de déperditions qui pouvaient exister dans les travaux; elles nous ont permis cependant de montrer l'ordre de grandeur des courants de fuite par le sol.

Il va de soi que si l'on suppose dans les travaux un court-circuit franc entre les câbles d'aller ou de retour par l'intermédiaire d'un cadre de soutènement métallique avec deux ligatures non isolées, le débit de ce courant peut atteindre une dizaine d'ampères (résistance moyenne de la ligne suivant le point où se produirait un tel court-circuit: 6 ohms, courant: $60 : 6 = 10$ ampères).

Essais d'inflammation d'un mélange grisouteux par les courants de fuite.

Pour voir si un mélange grisouteux pourrait être enflammé par le courant de fuite gagnant le sol par un des piquets métalliques, nous avons utilisé notre éclateur en verre. Le globe était fixé comme indiqué au schéma de la figure 14 au piquet métallique et recevait l'air grisouteux à 8,5 % de méthane d'un petit gazomètre portatif placé à proximité.

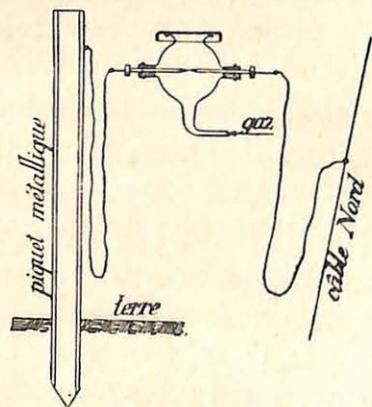


Fig. 14.

La rupture se produisait entre les extrémités dénudées des conducteurs d'une ligne boutefeux de 2^m80 de longueur connectée par ses deux extrémités opposées d'une part au piquet métallique et d'autre part à une ligature du câble nord.

Le câble sud était mis à la terre par 23 pointes de Paris comme il a été indiqué ci-avant.

Nous avons d'abord fait l'essai au piquet 8, sans obtenir l'inflammation.

La mise à la terre du câble nord donnait lieu à un courant dérivé de 0,5 ampère pour une tension de 59 volts.

Nous n'avons pas eu plus de succès au piquet 15, où la dérivation était de 0,43 ampère, sauf après avoir prolongé la ligne boutefeux par deux bouts de fil de fer galvanisé de 0,8 m/m de diamètre.

L'étincelle jaillissant aux extrémités approchées puis écartées de ces deux fils a provoqué, à deux reprises, l'inflammation du mélange.

Au point de vue général, cette étude montre l'opportunité d'attirer l'attention sur le danger inhérent à toutes nos lignes de tir et sur la nécessité d'apporter les plus grands soins à leur pose.

II. — ETUDE SUR LES POUSSIÈRES.

Cas du tir à retards.

A la demande de l'Administration des Mines, nous avons procédé à 41 tirs de charges amorcées de détonateurs à temps avec des explosifs non S.G.P., principalement des explosifs brisants au nitrate ammonique.

La conclusion est que le tir à retards, en présence de poussières dangereuses, ne peut avoir lieu avec sécurité

qu'avec des explosifs S.G.P. gainés. Il fallait s'y attendre, puisque le tir de retard crée de lui-même le nuage optimum à l'inflammation par les coups suivants.

Une recherche analogue a été faite à la demande d'un Ingénieur en chef des Mines, sur la *dynamite gainée*: or, une seule charge de 300 grammes donne déjà l'inflammation des poussières au premier coup. La question de savoir si l'on pouvait procéder au coupage de voies par des charges différées, en présence possible de poussières dangereuses, est donc résolue par la négative, en dehors des explosifs S.G.P. gainés.

Essais divers sur la neutralisation des poussières charbonneuses.

Nous avons effectué 362 essais à notre inflammateur à poussières. Les essais effectués en galerie pour contrôle et étalonnage de l'inflammateur ont été au nombre de 63.

La plupart des essais à l'inflammateur visent des charbons de Campine, des poussières de galeries schistifiées à contrôler, etc.

A la demande de M. l'Ingénieur en chef-Directeur du 2^e Arrondissement, nous avons effectué à l'aide de l'inflammateur, des essais de comparaison comme matières de neutralisation entre le schiste et trois craies moulues de gisements belges (1).

Ces essais n'ont pas fait ressortir d'avantage marqué en faveur des craies, mais il faut remarquer que notre inflammateur est spécialement construit pour les schistes

(1) Signalons ici que nos collègues allemands Beyling et Hanel ont, à la 4^e conférence des stations d'essais 1937, apporté des résultats semblables.

et qu'il n'est pas indiqué de l'appliquer sans transformation aux matériaux crayeux.

Nous ne nous sommes cependant arrêtés à l'idée de construire ou commander un appareil spécial, étant donné que le coût de ces craies moulues ou précipitées, rend improbable leur emploi dans nos charbonnages.

Oxydation des poussières charbonneuses par vieillissement.

Nous avons observé, à divers intervalles de temps, pendant 16 mois, des poussières charbonneuses très ténues (96 % passent au tamis de 5100 mailles par cm²) d'une couche caractéristique de Campine à 32,8 % de matières volatiles, exposée dans une salle de température à peu près constante (18 à 21°) de l'ordre de celle des travaux du charbonnage d'où vient la poussière.

Résumons les résultats :

Au 30 juin 1936, la poussière fraîchement moulue, avait un taux de neutralisation de 70 (70 de schistes pour 30 de charbon).

Au 9 décembre 1936, le taux de neutralisation était réduit à 65. Au 30 octobre 1937, il était tombé à 60.

On voit donc que l'oxydation diminue l'aptitude à l'inflammation, mais d'une façon modérée et sur laquelle on ne peut baser aucun relâchement de précautions.

Essai d'emploi du chlorure de calcium dans les voies poussiéreuses.

La schistification reste toujours actuellement le moyen le plus simple, le plus pratique de neutraliser les poussières charbonneuses. Divers accidents ou incidents survenus à l'étranger, en Amérique notamment, ont mis en lumière son efficacité.

Mais on peut reprocher au procédé de conserver, d'augmenter même la couche totale des poussières des galeries, de présenter divers inconvénients pratiques.

L'arrosage est d'efficacité passagère, car la ventilation élimine constamment une partie de l'eau : l'air, entrant même saturé dans les travaux, absorbe aisément de l'eau sur son parcours par suite de son échauffement graduel, au contact des roches et dans les chantiers; d'ailleurs, la poussière de charbon ne se mouille pas aisément, au point qu'en Angleterre et en Allemagne notamment, on a recherché des agents *mouillants* : ces produits, tels le Perminal W, très coûteux, rendent la poussière charbonneuse perméable à l'eau.

On les a combinés avec un traitement ultérieur par d'autres solutions telles que les chlorures.

Dans ces derniers temps, on est parvenu, dans certains essais en Angleterre, à supprimer l'agent mouillant et à utiliser les seuls chlorures (1).

Le chlorure de calcium semble efficace : il abattraît, grâce à son hygroscopicité, les poussières charbonneuses, les agglomérerait en formant un sol solide qui garderait longtemps ce caractère en agglutinant les nouvelles poussières qui se déposent.

A l'effet de vérifier ces points, nous avons demandé à un charbonnage de Campine (Beerlingen) de bien vouloir se prêter à une expérience à laquelle la Société Solvay apportait son concours en fournissant, à titre gracieux, le chlorure de calcium et les appareils nécessaires.

Nous avons fait choix systématiquement de deux tronçons de 50 m. de longueur sur 2 m. de largeur utile au

(1) Voir étude de H. PRICE, *Transactions of the Institution of Mining Engineers*, 3 juin 1937, pp. 252-260. — Citée dans la *Revue de l'Industrie Minérale*, 15 janvier 1938.

sol, particulièrement exposés au dépôt de poussières : l'un dans un travers-bancs de grand roulage, à proximité du robinage d'une taille, l'autre dans la voie à courroie desservant une taille à forte production, à proximité de la tête motrice de la chaîne à raclettes reliant la courroie à la trémie de chargement du roulage.

Avant de procéder à l'application du chlorure de calcium, sous forme d'une solution contenant 50 kg. de ce sel pour 90 litres d'eau, les deux tronçons ont été traités de la façon suivante :

1° le tronçon dans le travers-bancs est nettoyé et la poussière est complètement enlevée, puis on procède à l'arrosage du sol;

2° le tronçon dans la voie en veine est nettoyé. La poussière est complètement enlevée et évacuée. On procède alors à la schistification normale des 25 mètres à partir de la tête motrice tandis que les 25 mètres suivants restent non schistifiés. Dans ce tronçon, le sol n'est pas arrosé.

L'application de la solution aqueuse de chlorure de calcium s'est faite en trois fois au taux de 180 litres par 100 mètres carrés : les deux premières aspersiones le même jour, à trente minutes d'intervalle, la troisième trois semaines après.

On suivait journellement, à l'aide d'un barmo-thermo-hydrographe enregistreur, la variation de la pression, de la température et du degré hygrométrique. Voici l'écart maximum observé pendant les cinq semaines qu'ont duré les essais :

Pression (dépendant de la pression barométrique à la surface) : 800 à 840 m/m de mercure.

Température (remarquablement constante) : 19,5 à 20° C.

Degré hygrométrique : 85 à 90 %.

Très rapidement, on a pu s'apercevoir que, dans le cas envisagé, le traitement au chlorure de calcium est complètement inefficace : la poussière nouvelle se dépose sur le sol traité et ne s'agglomère en aucune façon. Elle reste parfaitement sèche.

Après un certain temps, on peut retrouver, en fouillant sous la poussière accumulée, une très mince couche humide qui correspond au sol traité.

Il a donc fallu conclure que le traitement au chlorure de calcium était de loin inférieur à celui qu'applique la Société de Beeringen en ce genre d'endroits : la schistification combinée avec de fréquents enlèvements de poussières après arrosage.

Ces enlèvements périodiques des poussières aux endroits à forts dépôts restent toujours la seule mesure efficace. A la mine en cause, l'arrosage et l'enlèvement sont organisés par sections, effectués journalièrement par une équipe réduite. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des points de chargement, ces opérations deviennent plus espacées.

Les essais effectués montrent que l'on ne peut demander trop au traitement au chlorure de calcium. Des essais seront peut-être poursuivis à des endroits moins exposés au dépôt de poussières.

Il nous reste à remercier ici la Société Solvay pour sa collaboration bénévole et la Société des Charbonnages de Beeringen, dont la direction accueille toujours les suggestions qui visent une recherche sur la sécurité.

III. — LAMPES, GRISOMETRES, VENTILATEURS

Contrôle des atmosphères souterraines.

A la demande de l'Administration des Mines, nous avons, au cours de l'année 1937, déterminé la teneur en grisou de 1.114 échantillons d'air prélevés dans les travaux de nos charbonnages à l'occasion des expériences d'aéragé effectuées par les Ingénieurs des Mines.

Il est inutile, pensons-nous, d'insister sur l'utilité pratique directe de ces analyses qui permettent à tous les intéressés de se faire une idée bien exacte de la situation grisométrique des chantiers et d'en tirer toutes les conclusions pour la répartition judicieuse du courant d'air, les améliorations à apporter, etc.

Ces prélèvements attirent d'ailleurs l'attention des exploitants sur la nécessité absolue de la grisométrie, qui entre bien difficilement dans les mœurs chez nous, lorsque l'on compare ce qui se passe chez nos voisins.

L'organisation de ce nouveau service a nécessité la mise au point de quelques détails : l'expédition en boîtes spéciales des flacons de prélèvement de l'Institut aux Ingénieurs, leur utilisation dans les travaux, le retour des échantillons à l'Institut, la communication des résultats à l'Ingénieur en chef d'Arrondissement.

Il n'y a pas eu de difficultés spéciales.

Les auréoles du grisou des lampes à benzine.

On sait que les essences utilisées pour l'alimentation des lampes à benzine sont assez variables.

A l'occasion d'une communication faite à la 4^e Conférence internationale des Stations d'essai par notre collègue tchécoslovaque Glatz, nous avons recherché l'influence de la densité de la benzine alimentant les lampes : nous avons opéré avec des produits des densités sui-

vantes : 0,706, 0,717, 0,719, 0,748 dont les extrêmes limitent la gamme des essences que l'on peut trouver dans le commerce.

Ces expériences ont montré que l'influence de la densité ne dépasse pas le degré d'exactitude pratique (0,5 % de grisou) que l'on doit attribuer au procédé de l'auréole.

Voici comment M. l'Ingénieur principal des Mines, J. Fripiat, rend compte de ces expériences.

Dans ces derniers temps (1937), nous avons procédé à de nouvelles expériences aux fins de voir si les hauteurs d'auréoles des lampes à benzine variaient ou non d'une manière importante avec la densité de la benzine, et notamment lorsque l'on se rapprochait de la fin du poste.

Nous avons utilisé des benzines spéciales pour lampes de mine de densités 0,7056 (avia) et 0,719 et une benzine lourde pour auto de densité 0,748.

Pour chaque lampe et pour chaque benzine, l'essai durait 8 heures. Deux séries d'observations ont été faites, l'une pendant les 3 premières heures d'allumage et l'autre pendant les 3 dernières heures.

Dans le graphique I figurent les hauteurs d'auréoles d'une lampe à alimentation inférieure à benzine d'une densité de 0,717.

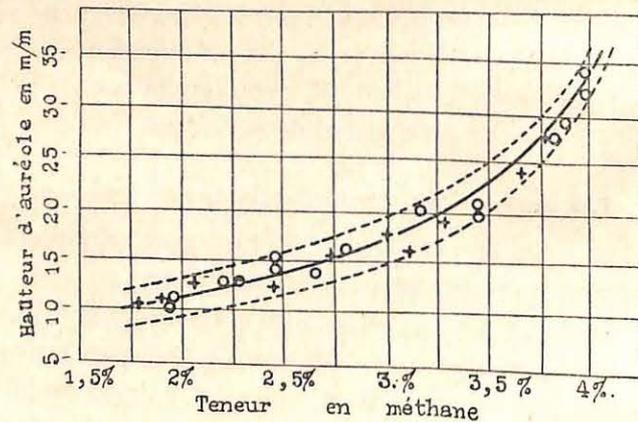


Fig. 15. — Graphique I.
Lampe à alimentation inférieure — benzine de densité 0,717.

Les points correspondent aux observations faites pendant les 3 premières heures, les croix à celles faites pendant les 3 dernières heures.

On voit que ces deux groupes d'observation conduisent à une même courbe des hauteurs moyennes, fonction des teneurs en méthane.

Le graphique II donne les courbes moyennes de deux lampes à alimentation supérieure, et à alimentation inférieure avec benzine d'une densité de 0,717.

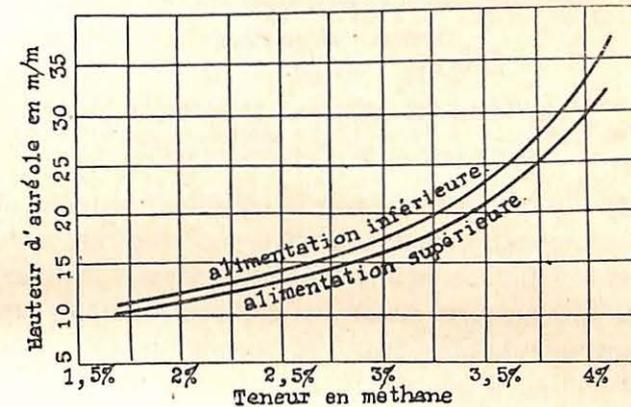


Fig. 16. — Graphique II.
Courbes moyennes de deux lampes, l'une à alimentation inférieure, l'autre à alimentation supérieure.

Les auréoles sont plus hautes dans la lampe à alimentation inférieure de 1 mm. pour les teneurs inférieures à 3 %, de 2 mm. pour la teneur de 3,5 % et de 4 mm. pour celle de 4 %.

La différence est insignifiante si on tient compte des difficultés d'observation.

Enfin, dans le graphique III figurent les deux courbes de hauteurs moyennes d'auréoles d'une lampe à alimentation inférieure.

La courbe inférieure se rapporte à une benzine lourde pour auto de densité 0,748 et la courbe supérieure à deux benzines de densité 0,706 et 0,719.

Ces deux dernières se sont montrées identiques quant à la hauteur des auréoles.

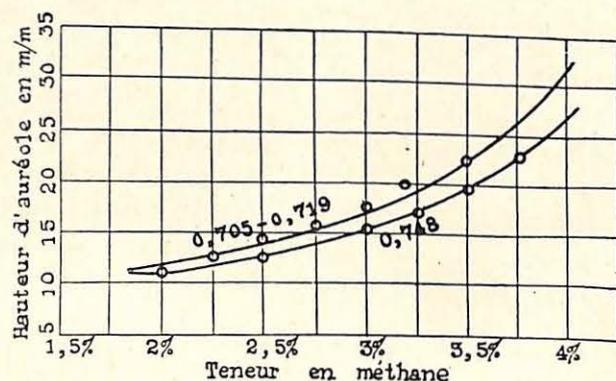


Fig. 17. — Graphique III.

Lampe à alimentation inférieure mèche ronde 7 m/m.
Benzine de densités : 0.705, 0.719 (les courbes coïncident) et 0.748.

La conclusion de ces essais est que les hauteurs d'aurole des lampes à benzine ne diffèrent pas d'une manière excessive du fait de la densité, étant donné l'utilisation courante qui ne peut demander à ce grisoumètre simple une exactitude de plus de 0,5 % (5 millièmes de grisou).

Ventilateurs secondaires.

Nous avons examiné cinq ventilateurs pour l'aérage secondaire.

D'autre part, nous avons essayé, au point de vue des étincelles de friction, deux alliages proposés par des constructeurs pour la réalisation de ventilateurs souterrains: le meulage de ces alliages n'a donné ni étincelle ni poussières inflammables.

Grisoumètre M.S.A.

Le grisoumètre M.S.A., dont il a été parlé dans le rapport sur les travaux de 1936, n'a pas encore reçu l'enveloppe antigrisouteuse que nous avons réclamée.

Il nous a été à nouveau soumis en 1937, ayant subi

des modifications importantes; nous l'avons essayé et avons constaté que, si certaines améliorations ont été apportées, l'exactitude n'est pas idéale: il y a erreur par défaut pour les teneurs de 0 à 2 %, par excès pour les teneurs de 2 à 5 %. Le maniement reste, d'autre part, délicat.

Quelle que soit la suite des recherches en cours, il apparaît bien douteux que nous puissions recommander pour l'usage quotidien dans la mine, un appareil qui exige autant de précautions.

Lampes à flamme des mines grisouteuses. Inamovibilité de la cuirasse.

A la suite de multiples essais qui ont montré l'insuffisance de sécurité des lampes non cuirassées, dans les courants animés de grande vitesse (dépassant 6 à 7 mètres par seconde) et dans l'air agité, tourbillonnant, un arrêté royal du 14 mai 1937 a rendu la cuirasse obligatoire pour toutes les mines à grisou (jusqu'à présent, elle était facultative en première catégorie) et a prescrit l'inamovibilité de la cuirasse. Nous avons étudié les systèmes réalisant cette inamovibilité, notamment dans les lampes anciennes.

Les conclusions de cette étude ont fait l'objet de la décision ministérielle du 18 décembre 1937 (1).

Lampes à vapeur de sodium pour éclairage souterrain.

Le grand développement que prend, en Campine, le champ d'un siège d'exploitation par suite du coût inabordable des puits à travers 500 à 600 m. de morts terrains aquifères, oblige les exploitants à réaliser de très longs

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, 4^e livr. 1937.

transports, de plusieurs kilomètres, dont il faut assurer la sécurité par l'emploi d'un éclairage approprié.

L'un d'entre eux a choisi l'éclairage par lampes à vapeur de sodium dont l'emploi sur certaines de nos routes a pris un développement particulier.

Ces lampes (lampe Philora de 100 watts de la firme Philips) placées transversalement à l'axe de la galerie, comportent un coffret métallique à ailettes qui renferme l'appareillage électrique et sous lequel se trouve la lampe proprement dite dont l'élément lumineux est un tube en U de 40 centimètres environ de longueur.

Dans l'état actuel, l'armature est satisfaisante pour toutes les voies d'entrée d'air frais. Comme il nous fut demandé de l'examiner pour fonctionner en atmosphère grisouteuse nous avons procédé aux essais réglementaires, en provoquant une explosion interne de grisou.

La glace de protection, vu les nécessités de la dispersion du flux lumineux, isole un assez grand volume; elle n'a pu résister à l'effet d'une explosion interne du grisou, permettant ainsi l'inflammation de l'atmosphère ambiante également grisouteuse.

Remarquons que la réalisation de la glace de protection était un essai.

Au cours d'essais supplémentaires portant sur l'ampoule seule, nous avons constaté que sa rupture enflammait le grisou.

Les modifications voulues sont à l'étude; notamment est envisagée une enveloppe avec empilages latéraux communiquant avec l'atmosphère: la chute de pression qui en résultera lors d'une inflammation interne de grisou permettra à la glace de protection de résister efficacement.

Inflammation du grisou par le filament de lampes à incandescence.

Nous donnons en annexe une note de M. Fripiat relatant une série d'expériences effectuées sur divers types de lampes parmi les plus courants.

IV. — MATERIEL ELECTRIQUE ET AUTRE PROPOSE POUR L'AGREATION

Matériel électrique proprement dit.

Vingt-sept appareils ont été, après examen — et essais éventuels — proposés à l'agrération ministérielle.

Ils se répartissent comme suit :

- 12 moteurs (puissances s'échelonnant de 0 à 200 CV).
- 1 haveuse.
- 14 appareils divers (transformateur, interrupteur, disjoncteur, boîtiers et appareils de signalisation).

Lampes électriques portatives.

Quatre types de lampes des Ateliers Mécaniques de Mariemont-Hayettes et une tête modifiée de ces lampes ont été agréés.

Exploseurs pour mines grisouteuses.

Ont été proposés à l'agrération ministérielle, les types suivants :

- B-20 de la firme Carl de Bochum.
- F.O.P. de la firme Flébus de Liège.
- B.D.W.M.S.-10 de la firme Schaeffler de Vienne.
- M.N.G.S.-10 de la firme Schaeffler de Vienne.
- E.S.m.z.I.c. de la firme Siemens.

Trois exploseurs présentés n'ont pu être agréés, soit par insuffisance des joints d'assemblage, soit à cause de la durée exagérée du débit.

Deux charbonnages nous ont soumis des exploseurs anciens dont l'étanchéité était suffisante, mais dépourvus de toute limitation de durée du courant. Ils ne peuvent être agréés.

Locomotive Diesel.

Nous avons eu à examiner une très forte locomotive Diesel à six cylindres, développant normalement 80 CV. Son encombrement est de 4^m855 × 0^m900. Son poids de 10 tonnes. Elle est destinée à un charbonnage de Campine. Elle comporte six cylindres de 120 m/m de diamètre, course 170 m/m. Nous l'avons soumise à toute une série d'expériences qui ont conclu à l'agrération.

C'est la plus forte locomotive Diesel sur laquelle nous ayons effectué des essais. Ceux-ci ont été terminés au début de 1938.

Nous donnons ci-après la liste générale des divers appareils agréés.

LISTE

DES

APPAREILS ELECTRIQUES

ET DIVERS

agréés en 1937

II. — MOTEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
13-1-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5981	Moteurs type A. F. G. 460 c.* à courant triphasé, rotor en cage d'écuréuil, tensions de 110 à 600 volts. A 1.500 tours : 52 HP. A 1.000 tours : 22,5 HP. A 750 tours : 17 HP. Fabrication n° 808.411. N° d'ordre : 58.925. Suivant plans : 511.802 (coupe longitudinale); 511.803 (coupe transversale).
13 1-1937	Constructions Electriques de Belgique, 31, rue des Colonies, Bruxelles.	13E/5988	Moteur type F. A. H. V. 6 a. à courant triphasé, 500 volts, 1.460 tours, 15 HP. N° 151.510. Suivant plans : 802.142 (coupe longitudinale); 802.143 (coupe transversale).
6-2-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5999	Moteurs type A. F. G. 197 c.* asynchrones à courant triphasé, avec rotor en court-circuit; tension : 110 à 600 volts. 3.000 tours : 8 CV. \pm 25 %. 1.500 tours : 6,5 CV. \pm 25 %. 1.000 tours : 4,5 CV. \pm 25 %. 750 tours : 5 CV. \pm 25 %.

			Fabrication 2.400.546. N° d'ordre : 157.957. Suivant plan R. M. 3.917.
15-2-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6002	Moteurs type A. F. G. 107 c.* asynchrones à courant triphasé, avec rotor en court-circuit; tension : de 110 à 600 volts. A 3.000 tours : 4,5 CV. \pm 25 %. A 1.500 tours : 3 CV. \pm 25 %. A 750 tours : 2 CV. \pm 25 %. Moteurs examinés : a) fixation par pattes : fabrication 1.500.905; n° d'ordre : 150.603; b) fixation par collerette : fabrication 1.500.968; n° d'ordre : 154.455. Suivant plans R. M. 3.917 ou R. M. 4.056.
25 2-1937	Idem.	13E/6009	Moteurs type A. F. G. 297 c.* asynchrones à courant triphasé, à rotor en court-circuit, tension d'alimentation de 110 à 600 volts. A 3.000 tours : 14 CV. \pm 25 %. A 1.500 tours : 11,5 CV. \pm 25 %. A 1.000 tours : 8 CV. \pm 25 %. A 750 tours : 5 CV. \pm 25 %. Moteurs examinés : a) fabrication 1.500.922; n° d'ordre : 155.954; b) fabrication 1.501.013; n° d'ordre : 157.486. Suivant plan R. M. 3.917.

* Diverses réalisations, suivant voltages et vitesses, dans une même enveloppe antidéflagrante.

II. — MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
25 2 1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6005	Moteur type A. F. G. 470 c.* asynchrone triphasé, à rotor en court-circuit; tension : 110 à 600 volts; 3.000 tours : 60 CV. \pm 25 %. (Moteur de construction semblable au type A. F. G. 460 c. autorisé le 13-1-37 sous le n° 13E/5981, mais la longueur axiale passe de 425 à 475 mm.) Fabrication 809.504. N° d'ordre : 59.000. Suivant plans : 511.802 (coupe longitudinale); 511.805 (coupe transversale).
11-3-1937	H. Korfmann, jr. à Witten (Ruhr), All.	13E/5150	a) Moteur type V. D. 15 asynchrone, en court-circuit, 220 volts, 2.840 tours, 4,2 amp., 1,5 HP., destiné à la commande de ventilateur pour canar de 400 mm. de diamètre; b) Moteur type V. D. 10, même construction que le précédent, mais pour canar de 500 mm. de diamètre. Suivant plan 50.I.N.M.

2-6-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6043	Moteur type G. A. B. F. 45, 220 volts, 1.000 tours, 22,5 HP. (Enveloppe identique au type G. A. B. F. 45, 220 volts, 1.500 tours, 25 HP., autorisé le 11-2-30 CM n° 13E/5240.) Fabrication 504.558. Suivant plan 275.400.
12 6 1937	Idem.	13E/6048	Moteurs type A. F. G. 387 c.*, rotor en court-circuit, tensions de 110 à 600 volts, stator bobiné à 4, 6 ou 8 pôles. A 1.500 tours : 22 CV. \pm 25 %. A 1.000 tours : 15 CV. \pm 25 %. A 750 tours : 10 CV. \pm 25 %. (Enveloppe identique à celle du moteur agréé le 16-1-36 CM 13E/5845 sous la dénomination A. F. G. 387bis, qui sera désormais remplacée par celle de A. F. G. 387 c.) Suivant plan R. 11. 3.917.
15-7 1937	Société Anonyme Siemens, Dépt. : Siemens-Schukert, 116, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/6066	Moteur, forme rouleau pour bande transporteuse, type r. R. 1. 60/50-8, 715 tours, 6 KW., courant triphasé 220 volts, rotor en cage d'écureuil. Fabrication 4.480.405.N. Suivant plan D. 497 (ensemble). Schéma D. 498.

* Diverses réalisations, suivant voltages et vitesses, dans une même enveloppe antidéflagrante.

II. — MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
9 8 1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6079	Moteurs type A. F. G. 414 c.* rotor en court-circuit, tensions de 110 à 3.000 volts. A 1.500 tours : 32 CV. \pm 25 %. A 1.000 tours : 22 CV. \pm 25 %. A 750 tours : 16 CV. \pm 25 %. Fabrication 902.864. N° d'ordre : 39.333. Suivant plans : 518.701 (coupe longitudinale); 518.739 (coupe transversale).
25-9 1937	Constructions Electriques de Belgique, 31, rue des Colonies, Bruxelles.	13E/6098	Extension de l'agréation visant le moteur F. A. H. V. 6 a. : les moteurs de ce type (4,9 KW. pour 715 tours, 7,4 KW. pour 960 tours, 12,5 KW. pour 2.945 tours) peuvent être utilisés aux conditions reprises dans la CM 5988 du 13-1-37. Suiv. plan 802.142 (coupe longitudinale).
20-10-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6120	Moteurs A. F. G. 510 b.* asynchrones triphasés, rotor bobiné, sans dispositif de relevage des balais, tensions de 110 à 600 volts. A 1.500 tours : 42 CV. \pm 25 %. A 1.000 tours : 30 CV. \pm 25 %.

			A 750 tours : 24 CV. \pm 25 %. (Enveloppe identique à celle des moteurs type A. F. G. 51 agr�s le 23-12-35 CM n° 13E/5831.) Fabrication 904.107. N° d'ordre : 39.511. Suivant plans : 511.801 (coupe longitudinale); 511.803 (coupe transversale); 514.656 (dispositif spécial pour arrêt des poussières).
28-10 1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13B/5173	Moteurs type A. F. G. 48* asynchrone triphasé, à rotor en cage d'écureuil, destinés à la commande directe de ventilateurs souterrains (dispositif de fixation par colle-rette), tensions de 110 à 600 volts; vitesse : 1.500 tours par. min. Puissances réalisées : 38 CV. \pm 25 % (type AFG-48-2a). 53 CV. \pm 25 % (type AFG-48-3a). 72 CV. \pm 25 % (type AFG-48-4a). Fabrication 902.353. Suivant plans : 518.896 (coupe longitudinale); 518.983 (coupe transversale).

* Diverses réalisations, suivant voltages et vitesses, dans une même enveloppe antidéflagrante.

II. — MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
28-10-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6124	<p>Les moteurs visés par les décisions reprises ci-après, des types A. r. G. c., A. F. G. b. et A. F. G. d., pourront être pourvus soit du dispositif de refroidissement (radiateur) qui a été décrit dans les décisions antérieures et repris aux plans 520.818, 520.819, 520.820, 520.821, soit du nouveau dispositif 1937 repris aux plans 519.586 et 520.822 :</p> <p>13E/5705 du 24-8-1934; 13E/5735 du 28-1-1935; 13E/5851 du 25-12-1935; 13E/5916 du 23-6-1936; 13E/5921 du 26-6-1936; 13E/5923 du 27-7-1936; 13E/5922 du 28-7-1936; 13E/5925 du 28-7-1936; 13E/5981 du 13-1-1937; 13E/6005 du 25-2-1937.</p>
18-11-1937	Société Anonyme Siemens, Dép. Siemens/Schukert, 116, chauss. de Charleroi Bruxelles.	13E/6136	<p>Moteur type D. O. R. 1172-4*, rotor en court-circuit, courant triphasé, tensions de 220 à 380 volts, vitesse 1.460 tours par min., 26 KW. Moteur n° 4.509.536. Suivant plans : D. 523 (ensemble); D. 524 (schéma).</p>

30-9-1936	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5190	<p>Moteurs type A. F. G. 68* asynchrone triphasé, rotor en cage d'écureuil, vitesse au synchronisme 1.500 tours par min., tensions de 110 à 6.600 volts.</p> <p>Pour les tensions de 110 à 600 volts :</p> <p>AFG-68-2a : 118 CV. ± 25 %. AFG-68-3a : 150 CV. ± 25 %. AFG-68-4a : 200 CV. ± 25 %.</p> <p>Pour les tensions de 600 à 6.600 volts :</p> <p>AFG-68-2aht : 85 CV. ± 25 %. AFG-68-3aht : 105 CV. ± 25 %. AFG-68-4aht : 150 CV. ± 25 %.</p> <p>Moteur examiné : fabrication 902.352; n° d'ordre : 39.273. Suivant plans : 518.896 (coupe longitudinale); 522.421 (coupe transversale).</p>
-----------	--	----------	---

* Diverses réalisations, suivant voltages et vitesses, dans une même enveloppe antidéflagrante.

III. — APPAREILS DIVERS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
14-1-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5990	Les 2 panneaux blindés Reyrolle, dont les caractéristiques électriques sont les suivantes : EE ₁ : 200 amp., 500 à 6.600 volts, EE ₂ : 600 amp., 500 à 3.300 volts, doivent répondre en tous points à la description et aux plans du panneau Reyrolle type E. 2 autorisé le 9-12-32. CM n° 13E/5555.
15-1-1937	Société Anonyme Electricité et Electromécanique, 19-21, rue L. Crickx, Bruxelles.	13E/5989	Transformateur type T. T. H. A. G. 24, construit par la firme Merlin et Gérin, de Grenoble; tension primaire : 2.000 volts; tension secondaire : 230, 264,5 et 287,5 volts; puissance : 100 KVA. (Enveloppe à bain d'huile, pourvue d'empilages.) Appareil n° 11.663. Suivant plans : 183.182 (passe-câble armé avec coulée de masse); 183.219 (boîte à câble basse tension); 183.238 (boîte à câble haute tension); 183.529 (joint d'échappement, empilage); 183.569 (passe-câble avec coulée de masse); 183.563 (entrée de câble pour minima, appareil de contrôle).

2-2-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5997	Electro de frein type E. T. S. V., bobinage alimenté par du courant triphasé sous une des tensions courantes comprises entre 110 et 600 volts. Fabrication 809.430. N° d'ordre : 3.494. Suivant plan 6.F.59.
24-5-1937	Société Siemens, Dép. Siemens/Schukert, 116, chauss. de Charleroi, Bruxelles.	13E/6036	Boîte de dispersion type D. 481. Suivant plan D. 481.
9-6-1937	Société de Construction de Matériel Electrique, S.O.C.O.M.E., 45, avenue W.-Ceuppens, Bruxelles.	13E/6046	Interrupteur-disjoncteur type S. 107; courant normal : 300 amp.; tension maximum : 380 volts. Suivant plan n° 107.
19-10-1937	Société Anonyme Electricité et Electromécanique, 19-21, rue L. Crickx, Bruxelles.	13E/6102	Disjoncteur-inverseur avec prise de courant et ampèremètre type I. T. L. G. 100-200 amp., 750 volts (suivant destination de l'appareil, l'inverseur ou la prise de courant peut être supprimé). Enveloppe à bain d'huile, pourvue d'empilages. Appareil n° 13.407. Suivant plans C.III/9296 et C.III/9297.

III. — APPAREILS DIVERS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
28-10-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6127	Modifications de détail réalisées à l'enveloppe de la résistance à bain d'huile, type R. H. A. O./11 agréé le 28-1-35. CM n° 13E/5733. Suivant plan 461.209.
18-11-1937	Idem.	13E/6138	Modifications de détail réalisées au coffret agréé le 15-11-36 CM n° 13E/5960 : a) placement d'une ou deux entrées pour câble armé auxiliaire sur la paroi latérale droite du coffret; b) déplacement de 6 traversées isolées disposées dans la paroi inférieure. Suivant plans AE. 438.574.

IV. — LOCOMOTIVES ELECTRIQUES ET ACCESSOIRES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
18-1-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/5916	Autorisation de substitution de la fonte à l'acier coulé comme matière de l'enveloppe du controller ayant fait l'objet de la décision 13E/5606 du 21-6-35. N° fabrication : 559.724 (appareil réalisé avec enveloppe en fonte).

VI. — MATÉRIEL D'ÉCLAIRAGE SUJET OU NON A DÉPLACEMENTS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
26-2 1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13C/5269	Armature construite dans les mêmes principes que celle ayant fait l'objet de la décision 13C/5257 du 23-10-36, mais prévue pour ampoule lumineuse de 150 watts. Suivant plan SI-26.883. N. B. — La distance entre le sommet de l'ampoule et le fond voisin du globe ne peut être inférieur à 15 mm.

VII. — TÉLÉPHONES ET SIGNALISATION

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
7-5-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6025	Modifications de détail de l'interrupteur à bouton-poussoir autorisé le 28-6-32 CM n° 13E/5523. Suivant plan 27.941-SI.
12 6 1937	Idem.	13E/6047	a) Boîtier lumineux n° 105.451-l. Suivant plan 28.371-Si. b) Boîte de dérivation. Suivant plan 28.501-Si.
25 9 1937	Idem.	13E/6093	Téléphone à batterie locale avec magnéto d'appel (construction voisine du téléphone à batterie locale agréé le 22-10-32 CM n° 13E/5543). Appareil n° 105.771-l. Suivant plan 27.741-Si.
29 10-1937	Téléphones Le Las, 131, rue de Vaugirard, Paris.	13E/6130	Boîte de branchement. Suivant plan D. N. 12.462.

VII. — TÉLÉPHONE ET SIGNALISATION (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
24-11-1937	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6140	a) Boîtier pour signalisation électrique avec bouton-poussoir et voyant lumineux. Suivant plan 28.842-Si. b) Boîtier pour signalisation électrique avec bouton-poussoir et microphone. Suivant plan 28.741-Si.
7-12-1937	Idem.	13E/6149	Interrupteur à deux boutons-poussoirs. Suivant plan A. E. 436.878.
8-12-1937	Idem.	13E/6148	Interrupteur à bouton-poussoir simple. Suivant plan A. E. 437.506.

78

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

VIII. — VENTILATEURS A AIR COMPRIMÉ

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
11-3-1937	H. Korfmann, jr. à Witten (Ruhr), All.	13B/5150	Ventilateurs à commande électrique : Type E. S. 4 pour canars 400 mm. diam. Type E. S. 3 pour canars 300 mm. diam. Suivant plan n° 50.I.N.M.
6-7 1937	Société Belge d'Outillage Pneumatique, 90, rue Dobbelenberg, Haren (Bruxelles).	13B/5165	Turbo-ventilateurs type Victory pour canars de 300 et 600 mm. de diam. Suivant plans n°s 905-1 et 905-6.
28-10-1937	Société des Moteurs & François Réunis, Sclessin.	13B/5174	L'alliage « Zamak » peut être substitué au laiton dans la construction des ventilateurs aéro-turbine A. T. 300 et A. T. 400 ayant fait l'objet des décisions 13B/5125 du 14-2-36 et 13B/5142 du 14-10-36.
5-11-1937	Société Siemens, Dép. Siemens/Schukert, 116, chauss. de Charleroi, Bruxelles.	13B/5176	Appareil type B. L. V. 40 comportant un ventilateur Siemens-Betz B. L. V., 39.5/12, variante II, et un moteur électrique antidéflagrant Siemens type P. R. 60/6-2 agréé le 24-2-32 suivant décision 13E/5491, pour canar de 400 mm. diam. Suivant plans : D. 509 (ensemble); D. 510 (schéma).

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

79

X. — LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
12-6-1937	Les Ateliers Mécaniques, à Mariemont-Hayettes	13C/5287	La lampe alcaline type A autorisée le 15-1-29 par la CM 13C/5085 peut être réalisée suivant les variantes KG, KD, KCD et KC, lesquelles conservent toutes la seule et unique tête décrite dans la décision de 1929.

80

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

XIV. — EXPLOSEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
11-8-1937	Gewerkschaft Carl de Bochum, représenté en Belgique par H. Joris, 14, avenue des Celtes, Bruxelles.	13E/6078	Exploseur type « Carolus B-20 »; 20 amorces, 110 ohms, 1 amp.; dynamo à excitation compound. Appareil n° 7.120. Suivant plan 498.
27 8 1937	Zünderwerke Ernst Brün, A.G., Krefeld-Linn (All.).	13E/5484	Modifications de détail réalisées au type Z. E. B./5 K. : suppression de la vis centrale traversant le couvercle et immobilisant la magnéto; placement d'un ergot solide du mécanisme et logé dans une encoche pratiquée dans la face inférieure du couvercle.
30-9-1937	Flebus & Gérard, à Liège.	13E/5491	Exploseur type FOP, dynamo compound; résistance max. circuit : 140 ohms. Suivant plans : Ensemble : n° 1; Schéma : n° 52 I.N.M.
12-10 1937	Schaeffler, de Vienne, représenté par S. A. Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, à Bruxelles.	13E/5489	Exploseur Schaeffler type BDKMS-10 (15 mines); dynamo à excitation compound, long shunt; 1 amp. sous 70 ohms. Appareil n° 80.470. Suivant plans 6927/I, 6927/II et 6927/III.

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

81

XIV. — EXPLOSEURS (suite)

82

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
15-10-1937	Société Anonyme Siemens Dép. Siemens et Halske 116, chauss. de Charleroi, à Bruxelles.	13E/6103	Exploseur type E. S. m. z. 1 c. à dynamo à excitation compound, long shunt; 1 amp. sous 100 ohms. Appareil n° 05181. Suivant plans : T. 2085 (ensemble et coupes); T. 2086 (schéma au 1/2).
29 10-1937	Schaeffler, de Vienne, représenté par S. A. Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, à Bruxelles.	13D/5197	Exploseur Schaeffler type MNGS-10 mines à magnéto avec induit feuilleté en double ancre; 1 amp. sous 25 ohms. Appareil n° 81.947. Suivant plans 6928/I, 6928/II et 6928/III.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

IX. — LOCOMOTIVES DIESEL

Aucun type nouveau de locomotive n'a été reconnu au cours de cette année.

Une modification a été simplement admise pour une locomotive précédemment agréée au nom de la firme Marchak.

Voici le détail de cette modification :

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
12-6-1937	S. Marchak, 15, rue du Lombard, Bruxelles.	13E/6049	a) Nouvel emplacement de la bonbonne d'air comprimé de la loco Diesel-Deutz type M. L. H. 352 agréée le 6-9-33 13E/5652. Suivant plan 306.75.6 a. b) Les dispositifs de sécurité de cette machine repris au plan 451.843 sont également reproduits dans la notice D/80 F.

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES

83

V. — ETUDES DIVERSES

Réservoirs pour générateurs d'acétylène.

Ces essais, déjà amorcés en 1936, ont continué en 1937 à l'Institut à l'intervention de la Société l'Oxhydrique Internationale et sous le contrôle de l'Administration des Mines et de l'Inspection du Travail, l'Association des Propriétaires de récipients à gaz étant d'ailleurs représentée.

Les essais de 1936 avaient montré qu'à la pression de 50 grammes par cm^2 , l'échauffement local de l'acétylène amorce une dissociation plus ou moins poussée qui s'étend à toute la masse.

L'échauffement local est produit par un fil de tungstène placé près d'un fond du réservoir et porté à l'incandescence par le passage d'un courant alternatif à la tension de 220 volts.

En 1937, on a recherché comment se comporte un réservoir cylindrique sous l'effet de la décomposition de l'acétylène, la pression initiale de l'acétylène étant de 1 1/2 kg. (pression effective).

Trois réservoirs identiques, cylindriques en tôle soudée, à fonds bombés (longueur totale 1.139.5 m/m, diamètre intérieur 600 m/m) mais dont l'épaisseur de tôle est respectivement 3 m/m, 2 m/m, 1,5 m/m sont essayés successivement.

La déformation est pratiquement nulle pour le premier, sensible pour le second, très sensible pour le troisième.

L'épaisseur de 3 m/m semble donc à retenir pour des récipients de ce diamètre (1).

Essais sur une bourreuse au sable.

Sur suggestion d'un Ingénieur des Mines, un charbonnage de Charleroi nous avait demandé d'étudier le fonctionnement d'une bourreuse au sable, machine destinée à effectuer rapidement le bourrage des coups de mines.

Des machines de ce genre sont utilisées en Allemagne et, paraît-il, dans un charbonnage français.

L'appareil est très simple : un réservoir à sable de trois litres environ se termine à la base par une partie conique raccordée à un bout de tuyauterie ; à l'arrière, cette tuyauterie porte un robinet R et se raccorde au tuyau à air comprimé ; à l'avant, elle forme tuyère d'injection que l'on introduit dans le fourneau de mine à bourrer ; la partie terminale porte une couronne métallique C munie des orifices voulus pour la sortie de l'air et s'appuyant, pendant l'opération, sur le bord du trou de mine, formant ainsi prise de terre. Le croquis ci-dessous dispense de toute explication.

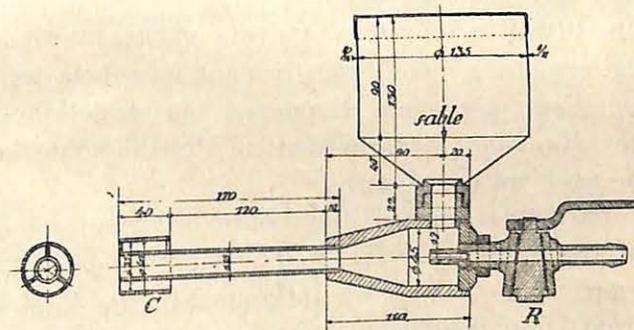


Fig. 18. — Bourreuse au sable.

(1) Voir dans les *Annales des Mines de Belgique* 1937, pp. 639 et suiv. le compte rendu détaillé de ces essais par M. Ancion, Ingénieur de l'« Oxhydrique Internationale ».

Voici un résumé des essais effectués à l'Institut :

1° La bourreuse est isolée sur un gâteau de paraffine de 10 cm. d'épaisseur.

Un conducteur la relie à une pointe de notre éclateur sphérique habituel. L'autre pointe est mise à la terre.

Lorsque la bourreuse est mise en fonctionnement, elle devient le siège de charges électriques capables d'assurer un flux continu d'étincelles entre les pointes de notre éclateur distantes de 10 m/m et même de 12 à 14 m/m en temps sec (ceci correspond à 15.000 volts au moins).

En même temps, le jet de sable est lumineux, tellement sont brillantes les étincelles qu'il véhicule.

Les étincelles cessent lorsque la bourreuse est reliée à un fil d'acier enroulé sur un montant de boisage sec en un point situé à 60 cm. du sol (pavement de ciment de notre salle d'essais).

Ce résultat négatif perdure même lorsque la distance entre les pointes de l'éclateur est réduite à 0,25 m/m.

Toute tension électrique disparaît également dès qu'on touche l'appareil de la main.

Un tuyau « exwatt » (tuyau garni intérieurement d'une armature métallique formant mise à la terre) décharge complètement l'appareil en fonctionnement : toutes étincelles disparaissent, si l'on alimente la bourreuse avec un tel tuyau.

Nous avons réuni la bourreuse isolée au sol uniquement par l'intermédiaire d'une amorce électrique basse tension; il n'y a pas eu inflammation de l'amorce, le courant étant insuffisant.

Par contre, on obtient aisément l'inflammation du grisou entre les pointes de l'éclateur.

2° La bourreuse repose sur de gros morceaux de charbon, comme il est indiqué au croquis ci-contre. La dé-

charge au sol par l'intermédiaire de l'éclateur se traduit par des étincelles de 2 m/m de longueur maximum.

Ces étincelles n'enflamment pas des mélanges d'air et de grisou oxygéné titrant $7 \frac{3}{4}$ et 11 % de méthane, même quand on renforce la capacité de la bourreuse en lui ajoutant, par montage en dérivation, la capacité d'un fil isolé tendu dans le laboratoire. On obtient, au contraire, inflammation du gaz d'éclairage, sans qu'il soit nécessaire d'accroître la capacité.

3° La bourreuse isolée sur de la paraffine, lance du sable dans un trou foré dans un bloc de grès disposé comme ci-contre. Dans le trou, se trouve un détonateur ne renfermant ni poudre ni amorce, ni charge fulminante. Il n'y a pas de charge électrique sur les fils du détonateur.

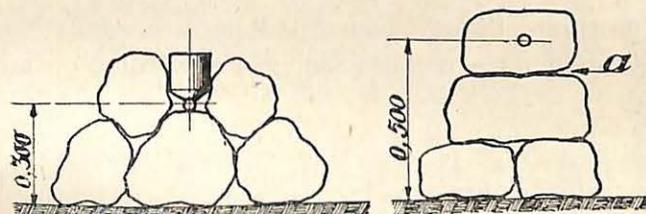


Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 19. — Bourreuse reposant sur blocs de charbon.

Fig. 20. — Bourreuse fonctionnant devant un trou ménagé dans un bloc de grès.

Lorsqu'on interpose en *a* une plaque de paraffine, on obtient, au contraire, des étincelles de 4 m/m à l'éclateur inséré entre les fils du détonateur et le sol.

On constate, de plus, que le jet de sable détruit l'isolant des conducteurs ainsi que la masselotte isolante fermant l'étui de cuivre.

Dans les mêmes conditions, la longueur des étincelles qu'on peut tirer de l'appareil est réduite à 1 1/2 m/m

environ. Ce fait est dû à ce que le sable rejeté du fourneau en nuage, neutralise partiellement et par contact, les charges électriques prenant naissance sur la bourreuse.

4° Les constatations de l'essai 3 se répètent lorsqu'on remplace le bloc de grès supérieur par un bloc de schiste.

On remarquera que dès que l'on touche l'appareil de la main ou qu'on le relie au sol par un fil, les étincelles disparaissent.

Il en est de même lorsque l'alimentation en air comprimé a lieu par l'intermédiaire d'un tube « exwatt » (avec dispositif de mise à la terre).

De même, la couronne du tuyau d'injection forme terre efficace.

En pratique, l'usage pourrait donc être admis à condition d'avoir un personnel soigneux sur lequel on puisse compter.

D'autre part, le jet dénude facilement les fils du détonateur, d'où cause possible de ratés.

Aussi, la Direction du charbonnage a préféré renoncer à l'emploi de l'appareil.

Etudes connexes aux dégagements instantanés

La porosité des charbons au grisou.

Nous avons donné dans le Rapport de l'année précédente les premiers résultats d'une étude que nous avons entreprise sur la diffusion du grisou.

Ces expériences nous avaient été inspirées par les mesures de débit grisouteux de certains chantiers en veine, débits bien supérieurs à la capacité d'adsorption

maximum pour le méthane, des couches dans lesquelles ces chantiers étaient activés. Certaines couches débitent beaucoup plus de grisou que la houille n'en peut contenir, même en tenant largement compte des quantités données par les cassures des épontes. Il faut conclure à la mobilité du grisou qui circule et se déplace dans nos veines. Cette conclusion n'offrait rien de surprenant; nous avons cité — et beaucoup d'autres auteurs — de nombreux cas de mobilité des masses grisouteuses, notamment par les failles et par d'autres cassures d'assez grandes dimensions. Mais le grisou circule dans la veine en raison de la porosité plus ou moins grande de celle-ci, due à la grande multitude de petites cassures disséminées souvent dans toute la masse du combustible. La houille, franchement imperméable en petit, est souvent extrêmement poreuse en grand, par suite de la fissuration quasi générale de sa masse.

On pouvait dès lors se demander s'il n'y avait aucune relation entre l'aptitude des couches aux dégagements instantanés et leur degré de porosité. Nous nous attendions à une telle relation, d'autant plus que les premiers essais de diffusion, conduits par M. Fripiat, semblaient indiquer que les couches à grande perméabilité observée n'étaient pas à dégagements instantanés.

Comme nous l'avons déjà dit, la suite de ces essais a été remise à M. Coppens dont l'outillage était plus approprié à ce genre de détermination. Voici brièvement rappelée la description du mode opératoire mis au point:

Les gaillettes de charbon étaient d'abord découpées en éprouvettes de dimensions $3 \times 8 \times 8$ cm. Ce travail préparatoire présentait souvent de grosses difficultés, surtout avec les charbons plus tendres. C'est ainsi que nous avons dû écarter plusieurs échantillons: certains se fissaient visiblement au découpage, d'autres se fragmen-

taient entièrement (1). Autant que possible, on exécutait deux éprouvettes, dont la large face (8×8 cm.) était respectivement parallèle à la stratification (elles sont marquées *a* dans les tableaux) ou perpendiculaires à la stratification (elles sont marquées *b* dans les tableaux).

On ne poursuivait que les échantillons ne présentant aucune cassure grossière.

Les éprouvettes ainsi retenues sont garnies de deux pièces métalliques m_1 et m_2 . Une fermeture étanche s'obtient de la façon suivante : les pièces métalliques légèrement chauffées sont enduites de résine (masse des électriciens) et appliquées sur l'éprouvette de charbon. Après refroidissement et durcissement de la résine, le tout est enduit de couches successives de syndetikon (colle isolante).

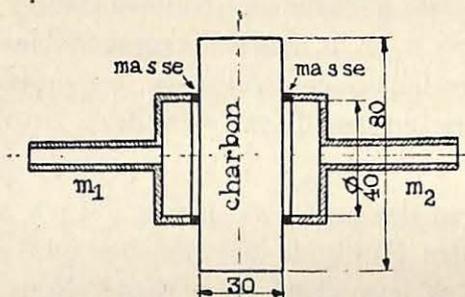


Fig. 21. — Placement de l'éprouvette de charbon à examiner.

Le principe du mode opératoire en lui-même est très simple : une des pièces métalliques, m_2 , est raccordée à une source de méthane pur (2). La pression de celui-ci peut être maintenue rigoureusement constante et réglée à diverses valeurs. L'autre pièce métallique est reliée à un appareillage maintenant un vide rigoureux à l'aide de silice refroidie à l'air liquide. Le méthane, qui, en un temps déter-

(1) Nous avons ainsi dû récuser les échantillons suivants :

N° 7 : Couche 19, Charbonnages du Grand-Hornu.

N° 8 : Veine n° 8 à 961 m., siège Crachet-Picquery, Charb. Belges.

N° 9 : Veine n° 4 à 900 m., siège Crachet-Picquery, Charb. Belges.

N° 11 : 11 Paumes à 975 m. du Charbonnage du Bois du Cazier à Marcinelle.

N° 21 : Couche n° 70 des Charbonnages de Beeringen.

(2) Le méthane est purifié par distillation fractionnée à basse température.

miné, a traversé l'éprouvette de charbon sous une pression motrice déterminée, peut ensuite être extrait de la silice et mesuré. Il va sans dire qu'avant chaque expérience, l'éprouvette de charbon est soigneusement vidée de tout gaz, en maintenant le vide sur les deux faces de l'éprouvette (1). D'autre part, l'expérience pour chaque pression est poursuivie jusqu'à constance du volume de méthane diffusé par unité de temps (cette constance est obtenue au bout de deux heures au plus).

L'ensemble de l'appareil est représenté schématiquement à la figure 22.

L'éprouvette garnie des deux pièces métalliques m_1 et m_2 est noyée dans de la masse. L'ensemble est alors immergé dans un thermostat à eau maintenant une température constante de 25 degrés.

L'extraction préliminaire se fait par un appareillage (non figuré) qui fait suite au robinet R_7 . Le robinet R_3 reste ouvert pendant cette opération; l'extraction préliminaire se fait ainsi sur les deux faces de l'éprouvette.

Dans la branche de dépression ($P = 0$), on remarque les deux condenseurs à silice S_1 et S_2 . Pendant l'expérience de diffusion, ceux-ci fonctionnent alternativement.

Dans la branche de pression, le méthane venant de la bonbonne, B, s'introduit dans l'appareil à travers la plaque poreuse p (cette plaque poreuse est imperméable au mercure). Le pointeau de précision R_6 de la bonbonne permet un réglage précis du débit de CH_4 et par suite de la pression motrice dans la branche de pression.

La pression motrice est lue au début de l'expérience au manomètre M.

Le maintien de cette pression par réglage du pointeau p est facilité par un compensateur dont voici la description :

Il se compose de deux branches b_1 et b_2 séparées par du mercure. La branche b_1 peut être isolée de l'appareil de diffusion par la fermeture du robinet R_5 . L'ensemble plonge dans une chemise d'eau (non figurée) maintenue à température constante. Le robinet R_5 , étant ouvert, supposons l'appareil rempli sous la pression P , lue au manomètre M. Soit t la température de l'eau dans la chemise du

(1) Cette extraction préliminaire demande plusieurs jours. Elle est poursuivie jusqu'à ce que le débit horaire des gaz encore contenus dans l'éprouvette soit réduit à un taux négligeable (soit moins de $0,5$ cm³ par heure). Le temps nécessaire à cette extraction varie de 2 à 10 jours

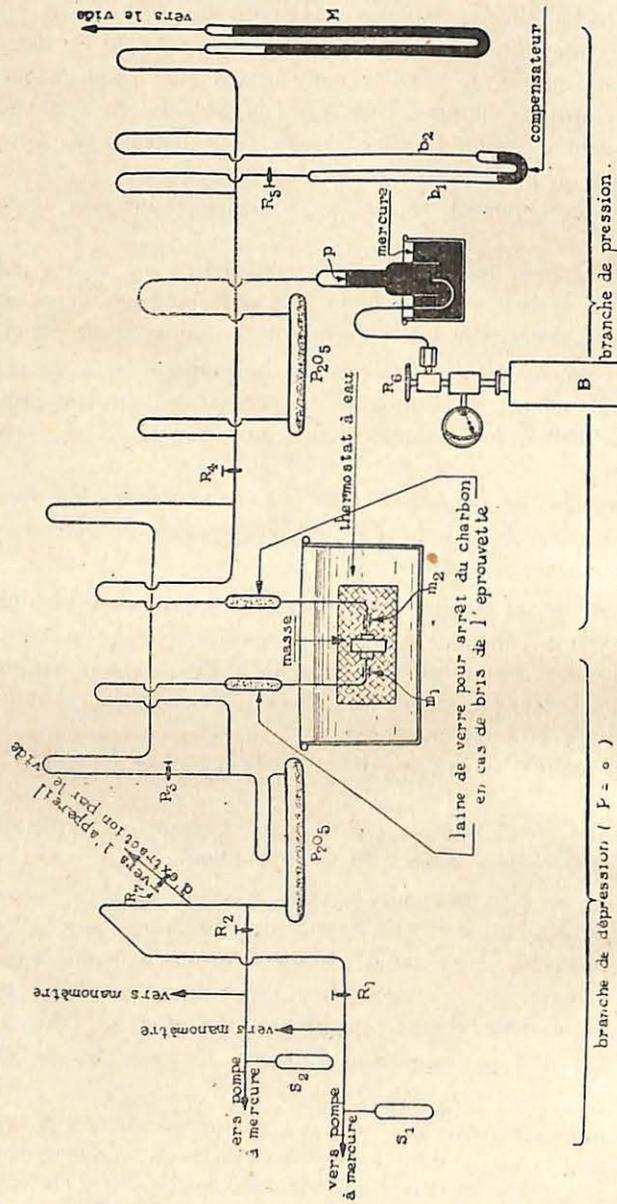


Fig. 22. -- Ensemble de l'appareil servant à mesurer la perméabilité des houilles au méthane.

compensateur. Le robinet R_5 étant ensuite fermé, il suffira, la température t étant maintenue constante, de régler l'ouverture du pointeau R_6 de façon à ce que pendant la diffusion le mercure dans les tubes b_1 et b_2 reste au même niveau. Le maintien de la pression P dans la branche de pression s'opère ainsi très facilement.

Quant aux trois pressions motrices mises en œuvre pour chaque éprouvette, elles étaient de 25, 50 et 75 mm. de mercure environ (1), ce qui nous permettait de tracer les courbes de diffusion du diagramme de la figure 23.

On pourrait, à première vue, objecter que ce sont là des pressions motrices bien faibles sans rapport aucun avec les différences de pression, en réalité inconnues et différentes dans chaque cas, pouvant exister entre deux endroits quelque peu distants des veines. Mais le but des essais n'étant autre que de comparer les degrés de porosité des divers échantillons, on pouvait se contenter de faibles pressions, qui, au surplus, permettent de travailler avec un outillage précis.

Le tableau I résume la plupart de nos essais. Les résultats ont été obtenus par interpolation pour les pressions de 20, 40 et 60 m/m à partir du diagramme de la figure 23 dont les courbes ont été tracées à l'aide des points expérimentaux.

On verra que les porosités trouvées sont généralement fort différentes, suivant que l'éprouvette est parallèle (a) ou perpendiculaire (b) à la stratification. Généralement le chiffre trouvé pour ces dernières est le plus élevé, ce qui s'explique aisément puisqu'alors le grisou circule suivant les lits de la couche.

A la suite des premiers essais, nous attendions trouver une relation entre l'aptitude des couches aux dégagements instantanés et leur degré de porosité. La comparaison des résultats précédents montre cependant que la dépendance attendue n'est pas générale et qu'elle est

(1) C'est-à-dire que d'un côté de l'éprouvette on maintenait le vide rigoureux, alors que l'autre côté était soumis aux pressions indiquées.

TABLEAU I

BASSIN	N° de l'échantillon	Indications d'origine	Eprouvette a) découpée suivant le plan de stratification b) découpée normale- ment au plan de stratification	Volumes réduits, en cm ³ de méthane diffusés par heure à travers la section de 12 cm ² , 57 sous les pressions ci-dessous en m/m de mercure		
				20	40	60
MONS	3	« 19° » au niveau 375 m., siège Espérance, Charbonnages du Hainaut à Hautrage (sans grisou).	a	53,0	154,0	249,0
			b	15,5	39,5	69,0
	4	« 19° » à 925 m., siège Nord du Rieu-du-Cœur des Charbonnages des Produits.	a	10,0	26,0	47,0
	2	« Brèze » (vallée) à l'étage de 246 m., siège n° 5 des Charbonnages de Homu et Wasmes.	a	32,5	87,5	172,0
	10	« Veine 4 Sud » à 1.000 m., siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.	a	53,5	116,0	189,5
			b	104,0	259,0	457,0
	1	« Gde Chevalière » à 560 m., siège Belle-Vue (Ferrand) des Charbonnages Unis de l'Ouest de Mons.	a	19,0	45,6	78,2
	5	« Pte Chevalière » à 925 m., siège Sainte-Catherine des Charb. des Chevalières et Gde Machine à Feu.	a	47,5	108,0	188,0
			b	97,0	228,0	398,0
	6	« Pte Chevalière » à 869 m., siège Sainte-Catherine des Charb. des Chevalières et Gde Machine à Feu.	a	81,0	200,0	344,0
		b	156,0	420,0	—	

BASSIN	N° de l'échantillon	Indication d'origine	Eprouvette a) découpée suivant le plan de stratification b) découpée normale- ment au plan de stratification	Volumes réduits, en cm ³ de méthane diffusés par heure à travers la section de 12 cm ² , 57 sous les pressions ci-dessous en m/m de mercure			
				20	40	60	
CENTRE	15	« St-Thomas » sous le niveau de 700 m., siège n° 2 des Charbonnages d'Anderlues.	a	117,0	264,0	437,0	
			b	260,0	720,0	—	
	14	« St-Léonard » à l'étage de 610 m., siège n° 2 des Charbonnages d'Anderlues.	a	95,0	227,0	399,0	
			b	420,0	—	—	
	15	« St-Auguste » au niveau de 700 m., siège n° 2 des Charbonnages d'Anderlues.	a	60,0	145,0	248,0	
			a'	67,0	165,0	305,0	
			b	155,0	316,0	584,0	
			b'	208,0	550,0	—	
	16	« St-Auguste » à 600 m., siège n° 5 des Charbonnages d'Anderlues.	a	5,5	12,0	20,0	
			b	20,5	50,5	88,0	
	17	« St-Lambert » à 600 m., siège n° 5 des Charbonnages d'Anderlues.	a	6,5	17,5	29,5	
			b	5,5	13,5	25,0	
	18	« St-Thomas » à 600 m., siège n° 3 des Charbonnages d'Anderlues.	a	36,0	85,0	136,5	
			b	68,0	159,5	279,0	
	LIEGE	19	Charbonnages d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng.	a	15,0	38,5	68,5
				b	5,5	12,5	21,5
	12	« Stenaye » entre 520 et 270 mètres, siège Fanny des Charb. d'Ougrée-Marhay.	a	66,0	153,0	284,0	
			b	76,0	193,0	349,0	
CAMPINE	20	« Couche 75 » des Charbonnages de Beeringen.	a	25,0	64,5	115,5	
			b	57,0	146,0	268,0	
	22	« Couche Cavallier » des Charb. de Beeringen.	a	0,8	1,2	1,7	
			b	14,5	39,5	73,5	
	23	« Veine B - 1,05 m. », Charbonnages André Dumont.	a	109,0	278,0	527,0	
		b	78,0	222,0	450,0		
24	« Veine H - 0,70 m. », Charbonnages André Dumont.	a	240,0	696,0	—		
		b	108,0	255,0	472,0		
25	« Veine O - 1,40 m. », Charbonnages André Dumont.	a	28,0	65,5	113,5		

DIVERS

BASSIN	No de l'échantillon	Indication d'origine	Eprouvette a) découpée suivant le plan de stratification b) découpée normale- ment au plan de stratification	Volumes réduits, en cm ³ de méthane diffusés par heure à travers la section de 12 cm ² ,57 sous les pressions ci-dessous en m/m de mercure		
				20	40	60
	1	Schiste prélevé à 80 cm. au-dessus du charbon de la Veine 3 Sud à 950 m., siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.	a	19,0	51,5	97,0
	2	Schiste prélevé au toit immédiatement au-dessus du charbon de la Veine 4 Sud à 1.000 m., siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.	a	3,5	8,0	14,0
	3	Schiste prélevé au mur, à 25 cm. en dessous du charbon de la Veine 4 Sud à 1.000 m., siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.	a	0,0	0,0	0,0

difficile à mettre en évidence. Car si les couches des échantillons 4, 1, 16 et 17 provenant de gisements à dégagements instantanés se montrent vraiment peu poreuses, d'autres couches sans dégagements instantanés (par ex. 19-22) présentent les mêmes caractères. D'autre part, Petite Chevalière, couche à dégagements instantanés, a donné (n^{os} 5 et 6) une porosité élevée.

Le graphique de la figure 23 montre la représentation des courbes de diffusion. On remarquera leur allure parabolique; l'accroissement des volumes de méthane

diffusés pour une même augmentation de la pression motrice croît assez rapidement au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'échelle des pressions.

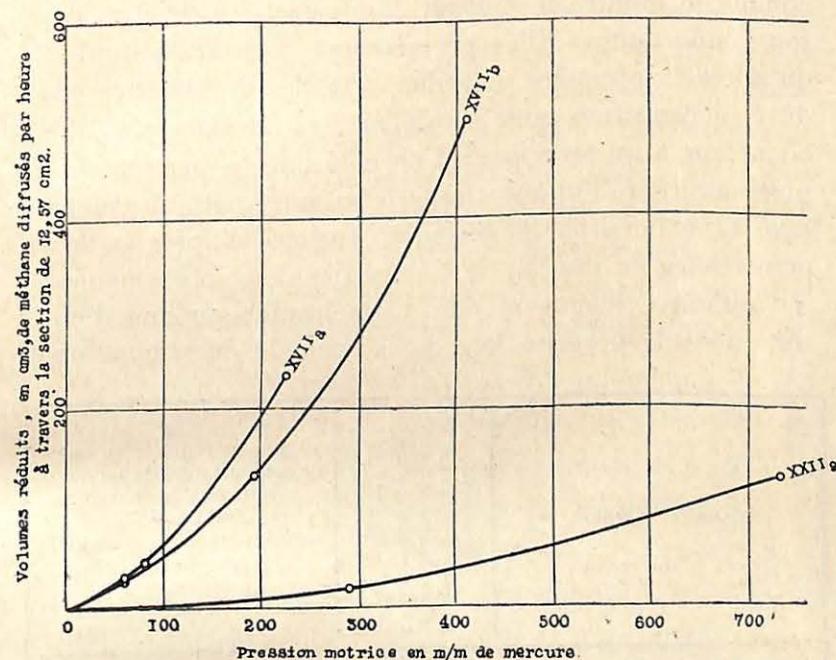


Fig. 24

Cette allure particulière des courbes de diffusion est bien mise en évidence au graphique de la figure 24 pour les charbons 17 et 22 pour lesquels les essais de diffusion ont été obtenus à une gamme de pressions motrices notablement plus étendue. Ceci montre qu'il est impossible de comparer des déterminations faites avec les mêmes différences de pression mais à un endroit différent de l'échelle de pression.

Dans une série d'essais de vérification, nous avons refait des déterminations sur des éprouvettes déjà utili-

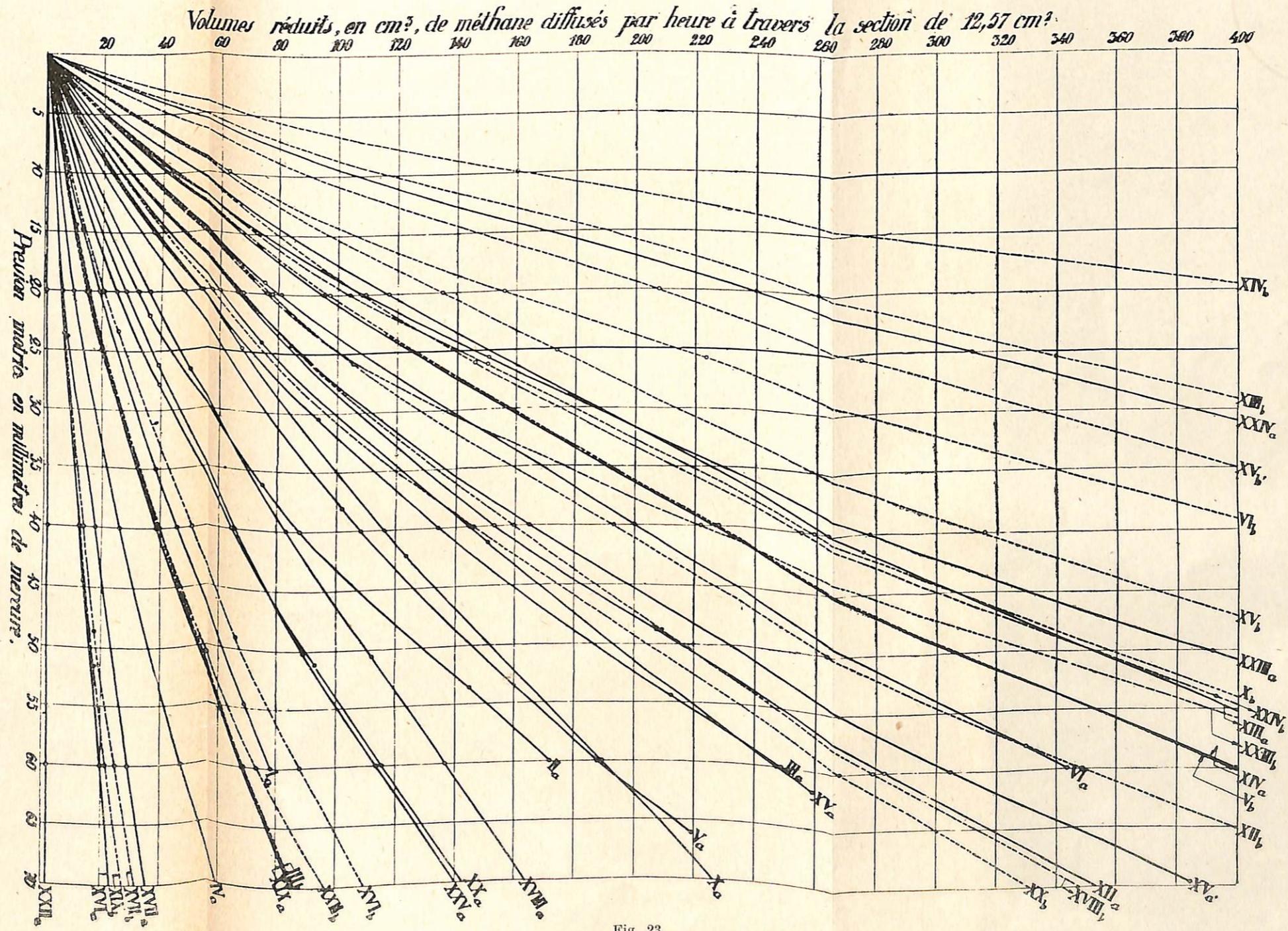


Fig. 23.

sées. Le but était de comparer les résultats des deux déterminations. Nous nous attendions certes à de légers écarts dus à une position tant soit peu différente des pièces métalliques m_1 et m_2 sur l'éprouvette. Mais, comme le montre le tableau ci-dessous, les divergences sont importantes. Elles proviennent sans doute du fait qu'après la première détermination, les éprouvettes ont dû être chauffées pour les débarrasser de la résine. Ce chauffage a pu provoquer d'un côté une fissuration supplémentaire de l'éprouvette et d'un autre côté un colmatage superficiel par la résine en fusion. D'après la prépondérance de l'un ou de l'autre des deux phénomènes, on obtient évidemment une augmentation ou une diminution de la porosité lors de la seconde détermination.

No de l'échantillon	Eprouvette a) découpée suivant le plan de stratification b) découpée normale- ment au plan de stratification	Volumes réduits, en cm ³ de méthane diffusés par heure à travers la section de 12 cm ² ,57 sous les pressions ci-dessous en m/m de mercure		
		20	40	60
16	1° détermination b	20,5	50,5	88,0
	2° détermination	81,0	208,0	386,0
18	1° détermination a	36,0	85,0	136,5
	2° détermination	38,0	104,0	190,0
19	1° détermination a	15,0	38,5	68,5
	2° détermination	12,5	33,5	59,5

Les résultats de tous nos essais semblent indiquer que la porosité que nous mesurons est un facteur peu stable et correspond non pas à un caractère général de la couche mais à une situation locale donnée et probablement variable.

Nous essaierons de nous en rendre compte par des essais faits dans une même couche et notamment avant et après tir d'ébranlement.

Essais de pulvérisation des houilles par dégazage brusque.

Depuis un certain temps déjà, l'Institut National des Mines a entrepris ces essais, dans le but de rechercher si un dégazage rapide du charbon suffit pour en provoquer la fragmentation, voire même la pulvérisation.

La discussion, en effet, reste toujours ouverte sur le point de savoir si dans les dégagements instantanés, la dislocation du massif est due ou à la tension des gaz contenus dans le charbon, ou à la tension des terrains, ou à l'action combinée de ces deux facteurs.

Jusqu'à ce jour, nous avons étudié uniquement l'effet de la tension gazeuse comme agent de pulvérisation.

A cette fin, plusieurs dispositifs expérimentaux ont été utilisés par M. l'Ingénieur principal Fripiat.

Nous les passerons en revue, en indiquant leurs caractéristiques et en signalant les constatations auxquelles ils ont donné lieu.

Disons d'abord d'une manière générale que nous nous sommes astreints jusqu'à ces derniers temps à n'utiliser que du charbon en morceaux ou en grains. Contrairement à ce qu'ont fait d'autres expérimentateurs, nous n'avons donc pas utilisé de la houille amenée à l'état pulvérulent par broyage puis agglomérée sous la presse hydraulique.

M. Coppens, docteur en sciences chimiques, attaché à l'Institut National des Mines, procéda aux premiers essais de dégazage.

Le dispositif utilisé consistait en une bombe d'acier A, d'une capacité de 1,7 litre environ (voir fig. 25) dans laquelle le charbon B se trouvait au contact du gaz sous pression.

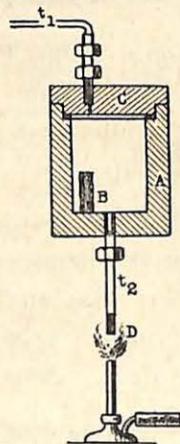


Fig. 25. — Bombe d'essai de dégazage brusque.

La bombe était pourvue de deux tubulures. L'une d'elles t_1 , fixée au couvercle C, servait à l'introduction du gaz sous pression; l'autre t_2 , fixée au fond, servait à la détente du gaz.

Avant la mise en marche de l'expérience, cette seconde tubulure était fermée par un bouchon de cire D.

Lorsque le charbon avait séjourné un temps suffisant au contact de l'atmosphère grisouteuse, on amenait sous la tubulure de détente un bec Bunsen. Quelques secondes plus tard, le bouchon de cire fondait et laissait le gaz s'échapper librement.

Les essais réalisés avec ce dispositif furent les suivants :

1° *Charbon de la couche Veine n° 2 Plat, Puits Sainte-Marguerite des Charbonnages de Ressaix :*

Charbon tendre. L'échantillon sous forme d'un morceau irrégulier, est resté pendant 3 h. 30 au contact du grisou, sous une pression de 120 kg.

Le dégazage n'entraîne aucune modification de la texture.

2° *Charbon de la couche Veine 4 Sud, Siège Grand Trait des Charbonnages Belges à Frameries :*

L'échantillon était un morceau régulier mesurant $100 \times 100 \times 30$ m/m. Il est resté pendant 3 h. 30 au contact du grisou sous pression de 97 kg.

La détente n'a produit aucune modification de la texture.

3° *Charbon en morceaux retirés des projections d'un dégagement instantané survenu dans un bouveau montant au Charbonnage de Ressaix :*

Le charbon était très friable; il s'écrasait sous la moindre pression des doigts.

La pression a été maintenue à 82 kg. pendant 6 h. 30. Le dégazage n'a entraîné aucune modification de l'échantillon, mais celui-ci placé dans une cuve à eau, dégazeait du gaz.

Reprenant ces recherches, nous avons d'abord utilisé une bombe cylindrique en acier fermée par une glace de 12 m/m d'épaisseur, serrée entre des joints de fibre.

Le fond portait une vanne qui servait successivement :
1° au dégazage par le vide de l'éprouvette de charbon;
2° à l'introduction de gaz sous pression.

Lorsque la saturation était terminée, on provoquait l'échappement rapide du gaz par la rupture de la glace frappée par un percuteur.

Ce procédé ne nous donna pas satisfaction parce que la glace se rompait irrégulièrement bien que la rupture fût préparée par une entaille circulaire où frappait le percuteur.

Après cet échec, nous avons fait usage de tubes Cardox, qui se prêtent fort bien à des essais à forte pression.

Ce procédé nous avait été indiqué par M. l'Ingénieur en chef des Mines Friedel, du Corps des Mines de France, qui l'avait utilisé en vue d'essais analogues aux nôtres.

Rappelons que le procédé Cardox est un procédé d'abattage qui consiste à fragmenter le massif à l'aide d'une détente brusque d'acide carbonique. Ce fluide est emmagasiné sous pression dans un tube d'acier qui renferme également une cartouche de chauffage amorcée d'un inflammateur électrique.

L'une des extrémités du tube est fermée par un disque d'acier. L'inflammation de la cartouche de chauffage provoque la dilatation brusque du gaz : la pression cisaille le disque d'acier et le gaz se détend brusquement dans le fourneau en fissurant le massif.

Une certaine quantité de charbon en grains placée à l'intérieur du tube subit donc d'abord la saturation par l'acide carbonique, puis la détente du gaz adsorbé.

A l'aide du tube Cardox, nous avons procédé à des essais sur un échantillon provenant de la couche Grande Chevalière des Charbonnages Unis de l'Ouest de Mons.

Cette couche est bien connue comme étant sujette à dégagements instantanés.

Les fils d'aménée avaient été prolongés (voir fig. 26) de manière à laisser sous la cartouche chauffante la place voulue pour le charbon. Celui-ci se présentait sous forme de morceaux prismatiques de $10 \times 8 \times 5$ m/m.

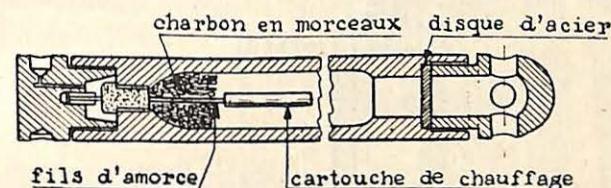


Fig. 26. — Bombe à essai utilisant un tube Cardox avec modification de la cartouche de chauffage.

Chaque fois, le charbon a été violemment projeté et retrouvé partiellement broyé, mais on n'aurait pu attribuer à la seule détente, la pulvérisation du charbon.

D'autre part, nous avons fait des essais à blanc, sans disque et sans acide carbonique, avec la seule cartouche chauffante et le charbon.

Nous avons obtenu des résultats analogues, le charbon était pulvérisé et en partie projeté, ce qui donne à croire que la cartouche chauffante était la cause de la pulvérisation.

Ce procédé expérimental ne nous ayant pas permis de départager le rôle joué dans la pulvérisation soit par la détente du gaz, soit par le choc résultant de l'explosion de la cartouche chauffante, nous avons fait usage d'une bombe de 2,25 litres constituée par un tube Cardox grand modèle, dont la tête d'allumage avait été remplacée par un bouchon fileté ordinaire (voir fig. 27).

Ce bouchon porte une vanne. Celle-ci sert à raccorder successivement l'appareil à une pompe à vide (pompe à huile) pour le dégazage du charbon, puis à une bonbonne d'acide carbonique ou de grisou sous pression.

Elle est utilisée également pour la détente à l'air libre du gaz enfermé dans la bombe.

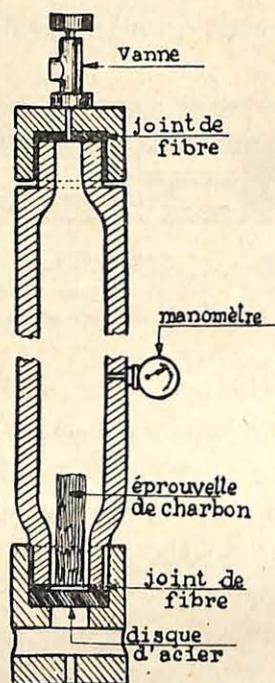


Fig. 27. — Bombe d'essai réalisée par un tube Cardox adapté.

Le charbon est essayé sous la forme d'éprouvette prismatique de section à peu près carrée, extraite d'un bloc fraîchement abattu.

Nous avons procédé à cinq essais dans les conditions suivantes :

1° *Charbon de la couche Saint-Lambert, Siège n° 3 du Charbonnage d'Anderlues :*

Eprouvette longueur 55 m/m; section: 32 × 25 millimètres.

Dégazage pendant 5 heures à l'aide de la pompe à huile.

Saturation par l'acide carbonique pendant 66 h., sous la pression de 45 kg/cm².

Le dégazage brusque ne donne lieu à aucune constatation spéciale, sauf que le charbon retiré de la bombe immédiatement après la détente, fait entendre un crépitement.

Placée sous l'eau, l'éprouvette libère des bulles de gaz.

2° *Charbon de la couche Deux Laies droit, couchant du puits Ferrand de l'Ouest de Mons.*

Eprouvette longueur 110 m/m; section : 28 × 28 millimètres.

Dégazage pendant 5 heures.

Saturation par du grisou naturel de la station pendant 7 h. 30 sous la pression de 90 kg/cm².

Le dégazage ne donne lieu à aucune constatation spéciale.

3° *Charbon de la couche Saint-Auguste, Siège n° 3 d'Anderlues.*

Eprouvette : longueur 40 m/m; section 28 × 28 millimètres.

Mêmes conditions que l'essai précédent; résultat également négatif.

4° *Charbon de la couche Saint-Auguste, Siège n° 3 d'Anderlues.*

Eprouvette de 60 m/m de longueur, section circulaire diam. 30 m/m; saturation par acide carbonique pendant 22 heures à la pression de 55 kg.

Le dégazage ne donne lieu à aucune constatation spéciale.

5° *Couche 2 Laies, Ouest de Mons.*

Cube de 12 m/m de côté. Saturation pendant 31 jours à l'aide d'acide carbonique, pression 43 kg.

Aucune modification du charbon au dégazage.

En résumé, le dégazage effectué dans les conditions indiquées ci-avant n'a entraîné aucune modification dans la texture du charbon.

Nous sommes enclins à penser que le dégazage n'aura d'effet que s'il se produit à la faveur d'une détente extrêmement rapide du gaz.

Interrompons ici notre exposé pour donner à nos lecteurs la note intéressante qu'a fournie, à la 4^e Conférence Internationale des Stations d'essais, sur les essais de M. Friedel, M. l'Inspecteur général des Mines Leprince-Ringuet.

Les expériences effectuées à Béthune à l'aide de tubes Cardox ont été entreprises à ma demande à l'issue de la communication de M. Audibert au Congrès des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie Appliquée de 1935, où celui-ci affirmait que la désintégration de la houille par la détente brusque des gaz contenus était impossible.

Elles ont été effectuées par M. Hauvet, Ingénieur de la Société Cardox, sous le contrôle de M. l'Ingénieur en chef Friedel.

Si les résultats de ces expériences n'ont pas encore été publiés, c'est qu'ils ne peuvent pas encore être considérés comme définitifs. Toutefois, ils sont loin d'être négatifs, ainsi qu'on va le voir.

Le dispositif employé est inspiré des constatations que j'avais faites au cours de mes expériences sur l'absorption de divers gaz par la houille — et notamment de l'acide carbonique sous pression — et de celle-ci que des dégagements instantanés de ce gaz se sont

produits dans le Gard, en galerie au charbon en ferme, à très faible distance d'un dégagement antérieur, bien que l'avancement ait été suspendu dans l'intervalle pendant des dizaines d'années et noyé seulement sous une pression d'eau de quelques atmosphères.

Il apparaissait donc indispensable, pour aboutir à une absorption convenable dans un délai acceptable, d'opérer sur des matériaux d'assez petite dimension.

D'autre part, il était également indispensable de provoquer une détente très brusque et il fallait éviter de broyer les matériaux au cours de cette détente sous une autre influence que celle du dégazage.

Les expériences ont donc été conduites de la manière suivante :

Dans une cartouche Cardox, on dispose dans des sachets de toile de tamis (en dernier lieu, du tamis métallique de 300), soit un morceau de charbon de l'ordre de 1 gramme, taillé en prisme, d'environ 6 à 8 mm. de côté, soit un poids de 2 à 4 grammes de charbon calibré (en dernier lieu, compris entre les tamis de 50 et 70).

L'explosif est porté par l'extrémité d'un tube central du côté de l'opercule, les sachets sont disposés à l'intérieur de ce tube, à l'autre extrémité, et de nombreux trous assurent la communication avec la partie annulaire.

Enfin, l'opercule a été pris d'épaisseur telle et la charge d'explosif calculée de manière que le tube puisse conserver la pression de 400 à 600 atmosphères et saute sous une charge de 1.000 atmosphères.

Le charbon ayant été placé dans le tube, on fait le vide, puis on charge d'acide carbonique; enfin, on fait sauter.

Une série d'essais ont établi que si la détonation était provoquée aussitôt après la mise en pression, on retrouvait presque toujours le charbon intact.

Si, au contraire, on maintient la pression pendant un temps suffisant, le charbon est retrouvé en partie ou en totalité broyé en morceaux de petites dimensions et en poussier si l'on est parti de charbon en morceaux, ou réduit à un calibre moindre si l'on est parti de charbon tamisé.

Toutefois, on s'est heurté ici à une difficulté tenant à ce que le tamisage lui-même broye le charbon et on a dû avoir recours à un tamisage mécanique poursuivi pendant un temps bien limité pour rendre cet effet relativement faible.

Malgré divers avatars, 21 expériences complètes ont pu être ainsi effectuées entre le début de janvier 1936 et la fin de février 1937. Douze d'entre elles ont porté sur des charbons taillés. Elles ont comporté un vide initial de 6 à 10 jours, puis un maintien sous pression de 6 à 7 jours en général, pression moyenne de 380 à 500 atmosphères, température moyenne de 22 à 32°, sauf pour 3 essais, l'un où la pression n'a été maintenue que pendant 3 1/2 heures sous 610 atmosphères, un second où elle n'a été maintenue que pendant 1 heure sous 500 atmosphères et un troisième où la décompression a été effectuée en 2 heures à la suite d'un raté de tir. Ces deux derniers ont laissé intacts ou peu s'en faut les échantillons des diverses houilles.

Pour les autres, les résultats ont été les suivants :

Houille d'Henriette de Marles (dure, flambante) : Aucune détérioration notable.

Houille d'Alfred de Liévin (grasse) : Dans 3 cas, pas de détérioration. Dans 7 cas, une partie demeurée intacte, le reste donnant des morceaux plus ou moins grossiers et de la poussière fine; dans un cas, une fragmentation descendant au-dessous du dixième de millimètre.

Houille de la Couche VII n° 1 de Bessèges (maigre) : Détérioration partielle ou totale, mais en grains assez grossiers dans 5 cas, totale comprenant du grenu et du très fin dans un cas.

Houille de la Couche Sale prime de Bessèges (maigre) : Détérioration partielle ou totale grossière dans 4 cas; totale avec grenu et fines dans 2 cas.

L'hétérogénéité des échantillons s'est manifestée dans la plupart de ces essais.

Neuf expériences ont été effectuées sur des grains tamisés, mais 5 seulement d'entre elles ont été suivies d'un tamisage mécanique de durée réglée; pour la dernière (n° 25), un raté d'explosion a conduit à faire la décompression en 1/2 heure.

Ces essais ont porté sur les charbons d'Alfred et de Sale prime du calibre initial et aucune trace n'a dépassé le tamis 100, ce qui donne une idée de l'effet de détérioration dû au tamisage.

En général, on n'a pas jugé utile de faire le vide préalable. La pression a été maintenue pendant 6, 7, 11 et 40 jours. C'est l'essai

de 40 jours qui a donné les plus fortes proportions de fines; les chiffres suivants donnent les moyennes pour les 2 houilles :

No de l'essai	Durée et conditions de pression et de température	Classement granulométrique Refus en % sur tamis n°				Perte du tamisage
		70	100	150	300	
21, 22	6-7 jours, 490 atm. 18°	92,8	6,40	0,50	0,06	0,24
24	11 jours, 100 atm. 60°	90,8	8,45	0,45	0,20	0,10
25	40 jours, 450 atm. 16°	78,5	16,20	3,70	1,80	—

Ces résultats paraissent bien montrer que même pour des grains de l'ordre de 0,2 mm., la saturation est excessivement lente à s'établir et que c'est à cette cause qu'il faut attribuer les échecs que l'on a eus jusqu'ici dans les tentatives de réaliser, sous l'effet de dégazage, une pulvérisation atteignant le degré de finesse qui s'observe dans certains dégagements instantanés, et qui est de l'ordre du 1/100 de millimètre pour la folle farine.

On remarquera que les résultats rapportés par M. Leprince-Ringuet, sans être entièrement concluants, semblent cependant à retenir.

Nous avons repris nos essais en nous efforçant de réaliser : des pressions plus élevées que celles dont nous avons fait usage, des durées de saturation plus longues, un dégazage plus rapide. Dans ce but, nous avons adopté finalement l'appareil représenté à la figure 28.

La bombe en acier A est fermée par un obturateur B maintenu en place par le couvercle C.

L'assemblage de la bombe et du couvercle se fait par un filetage D.

La surface d'appui de l'obturateur sur la bombe est conique (28° d'ouverture).

Le charbon, sous forme de cubes E de 10 ou 12 m/m de côté est placé dans un cylindre F (longueur 60 m/m, diamètre 35 m/m) à fonds amovibles reliés par une tige filetée et deux écrous.

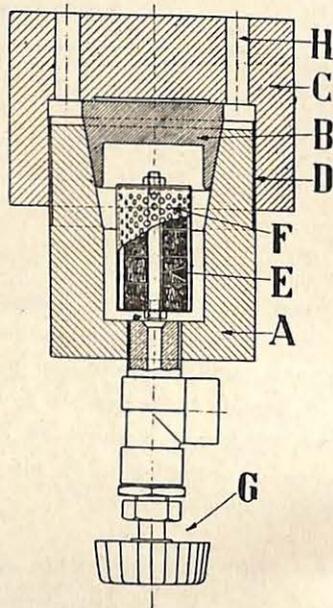


Fig. 28. — Dernier type de bombe à dégazage brusque.

Le cylindre F et ses fonds sont percés d'ouvertures circulaires de 3 m/m de diamètre (190 ouvertures).

Le charbon étant introduit, on procède à un serrage énergique du couvercle sur la bombe à l'aide d'un étau établi spécialement pour cet usage; on introduit le gaz sous pression par la vanne à pointe G.

Le tout est placé ensuite dans un bain d'huile, ce qui permet de vérifier l'étanchéité du joint pendant toute la durée de la saturation.

Pour effectuer le dégazage, on dévisse rapidement le couvercle; le gaz soulève l'obturateur et s'échappe, em-

pruntant les 6 ouvertures circulaires H ménagées à cette fin dans le couvercle.

La bombe a une capacité de 175 cm³ dont la plus grande partie est occupée par le cylindre perforé et l'échantillon de charbon.

Pour ces raisons, la chute de pression est extrêmement rapide.

Voici le résumé des résultats obtenus avec cet appareil.

Désignation des éprouvettes	Gaz utilisé	Durée de la saturation en jours	Pression en kg/cm ² au moment du dégazage
Couche 2 Laies des Charb. de l'Ouest de Mons : cubes de 12 mm. de côté . . .	grisou (1)	31	105
Couche Veine 4 Sud des Charb. Belges : cubes de 12 mm. de côté	id.	54	99
Couche St-Auguste des Charbonn. d'Anderlues : cubes de 12 mm. de côté	id.	30	92
Couche St-Lambert à Anderlues : cubes de 12 mm. de côté	id.	65	80
Couche Petite Chevalière (laie du mur) des Charb. de l'Ouest de Mons : cubes de 10 mm. de côté	id.	64	80

Aucun des échantillons n'a subi de modification de texture par la détente du gaz.

Seul, le charbon de la Veine 4 Sud a donné, après détente, un dégagement gazeux important. En 24 heures,

(1) Contenant 57 % de méthane et 43 % d'air normal

nous avons recueilli 350 cm³ de gaz pour 36,2 grammes de charbon. Ce gaz titrait 69,6 % de méthane, alors que le grisou envoyé sous pression dans la bombe en renfermait 57 %. Il s'est donc produit un enrichissement par désorption du charbon qui n'avait pas été dégazé avant l'expérience.

Pour les essais sur veine 4 Sud, St-Lambert 7 et Petite Chevalière, nous avons intentionnellement prolongé les temps de saturation.

Le charbon Petite Chevalière (couche réputée à dégagement instantané) faisait entendre dès sa sortie de la bombe, un crépitement caractéristique. Sur la cuve à eau, nous n'avons recueilli cependant, en 24 heures, que 165 cm³ de gaz à 60,4 % de méthane (qui s'était donc enrichi pendant son séjour dans la bombe).

Nous espérons terminer ces essais par quelques expériences à des pressions plus élevées et avec des temps de saturation plus longs encore.

Des essais réalisés jusqu'à ce jour, nous devons conclure que le dégazage rapide des charbons belges, sous une tension gazeuse nettement supérieure cependant à celle relevée dans les sondages, ne provoque pas la fissuration.

Peut-être obtiendrons-nous des résultats positifs en faisant agir simultanément une tension mécanique, ce qui correspond mieux à la situation réelle de la couche en place. Rappelons que dans l'étude faite des dégagements instantanés survenus en Belgique de 1926 à 1935, nous n'avons trouvé aucun cas où l'on puisse assurer que les contraintes du massif n'ont joué aucun rôle.

Nous comptons réaliser la tension de l'éprouvette par le dispositif représenté à la figure 29 et disposé à l'intérieur même de la bombe.

Ce dispositif comporte un ressort à boudin (a) exerçant par l'intermédiaire du plateau (b) une pression de l'ordre de 100 kg/cm² sur une éprouvette (c) de section carrée de 3 × 3 centimètres.

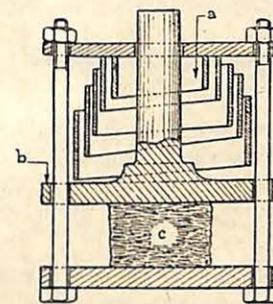


Fig. 29. — Dispositif de compression de l'éprouvette.

Rappelons que M. le Professeur Ruff de Breslau a procédé à des expériences de ce genre, mais avec des tensions gazeuses qui, à notre connaissance, n'ont pas dépassé 5 atmosphères par centimètre carré.

Nous nous proposons donc d'utiliser des pressions plus élevées (de l'ordre de 50 kg/cm² au moins) avec des charbons compacts.

Améliorations dans les tubes en caoutchouc avec dispositif de mise à la terre.

A la suite d'une circulaire ministérielle attirant l'attention sur l'utilité de ce genre de flexibles pour air comprimé, on nous a présenté quelques nouveaux types.

La firme Jenatzy-Leleux, usine de Sclessin, nous a soumis un nouveau type dans lequel le dispositif de mise à la terre est constitué par un fil de cuivre recuit, de 1 m/m de diamètre, enroulé en spirale à pas de 10 à

15 m/m autour de la double tresse qui entoure la première couche de gomme.

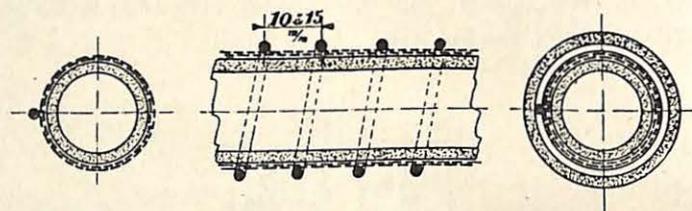


Fig. 30. — Tuyau exwatt n° 3 de la firme Jenatzky.

A gauche : tube boudiné (couche de gomme) et recouvert de la double tresse de coton. Au-dessus de celle-ci, le fil de cuivre que l'on voit enroulé en spirale au dessin central; à droite, coupe du tube terminé.

Cette façon de faire apporte une grande simplification à la fabrication ; en effet, le tube peut se fabriquer désormais à la boudineuse avec tissage immédiat de la double tresse de coton, ce qui donne un tube plus solide, plus constant et plus régulier (1).

Après enroulement du fil de cuivre, le tube est recouvert de la seconde couche de gomme et de l'emballage de revêtement extérieur.

Nous avons vérifié, ce qui était évident à priori, que la mise à la terre est parfaite, ce à quoi il fallait s'attendre puisque la résistance ohmique du fil au kilomètre étant de 22 ohms, cela donne, suivant le diamètre et le pas de l'hélice, des résistances ohmiques par mètre de tuyau de l'ordre de 0,10 à 0,20 ohm.

Nous avons constaté ensuite que la réfection d'un joint est aisée; il suffit de faire une coupe transversale à 2 ou 3 cm. de l'extrémité, en évitant, ce qui est facile, de couper le fil de cuivre; on a ainsi, dépassant la section, un fil de quelques centimètres facile à replier (car

(1) Au contraire, dans le type n° 2, après tissage, sur la tringle de fabrication de la garniture de cuivre, il fallait mettre à la main le ruban de la première couche de gomme, avant le tissage de la tresse au coton.

le métal est recuit) à l'intérieur du tube, de manière à le serrer contre le manchon (tube à gaz) du joint.

De plus, l'enroulement en spirale permet de tirer aisément un bout de fil supplémentaire si la chose était nécessaire.

Nous avons d'abord proscrit, par principe, tout système où la mise à la terre avait lieu par un fil dans l'épaisseur de la paroi du tube, parce que ce système n'est pas automatique et que la réalisation du joint offrait de grosses difficultés.

Mais dans le type n° 3 Exwatt Jenatzky, les inconvénients sont fortement diminués : on utilise un métal recuit plus souple, d'un diamètre faible (1 m/m) mais assez solide quand même; on l'enroule en spirale à pas réduit (maximum 15 m/m) de façon qu'il est aisé de tirer l'extrémité.

Il suffira donc d'instruire le personnel et l'opération étant simple, il est permis d'espérer que cette instruction sera efficace.

Cette fabrication peut être considérée comme bonne. Nous avons attiré l'attention du fabricant sur la régularité du pas de l'hélice, détail de fabrication qu'il est facile de régler.

Voici les dimensions que le fabricant donnera à ses divers tuyaux du type Exwatt n° 3 :

Dénomination.	Diam. intér. du tube	Diam. extér. du tube av. placem. du cond. métall.	Diam. extér. total
15x7	15	23	27
15x7	15	25	29
16x7	16	26	30
18x7	18	28	32
19x7	19	29	33
20x7	20	30	34
25x7	25	35	39
30x7	30	40	44

En terminant, je signalerai que ce type de tuyau se rapproche beaucoup de celui qui est réglementaire en Amérique pour le ravitaillement en essence des avions.

Tuyau à mise de terre présenté par la Société Industrielle du Caoutchouc, à Saventhem.

Cette firme nous a soumis un type de flexible en caoutchouc dont la figure 31 représente la composition.

De l'extérieur vers l'intérieur, on rencontre successivement :

- 1) une couche de caoutchouc rendue plus ou moins conductrice par une addition spéciale (graphite); son épaisseur est de 1 m/m environ.

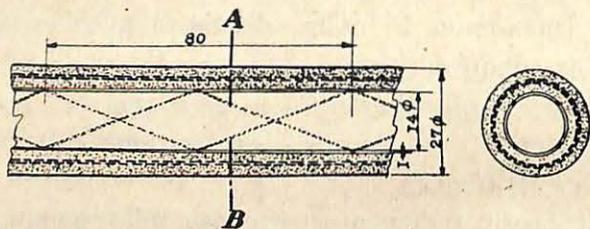


Fig. 31. — Flexible avec mise de terre de la S.I.C. à Saventhem.
A gauche, coupe longitudinale; à droite, coupe transversale.

Dans cette couche sont disposés en hélice et suivant un pas de 80 m/m environ, deux conducteurs composés chacun de 4 fils de cuivre étamé de 0,2 m/m de diamètre;

- 2) une couche de caoutchouc ordinaire;
- 3) une tresse de coton;
- 4) une couche de caoutchouc ordinaire;
- 5) une tresse de coton;
- 6) une couche de caoutchouc et l'emballage habituel.

Les diamètres extérieur et intérieur du tuyau sont respectivement de 27 et 13 m/m.

Résistance ohmique du tube. — Lorsqu'on utilise un ohmètre ordinaire dont la tension d'alimentation est de 1,5 volt, on trouve une résistance infinie.

On constate cependant qu'il est possible de fermer, à l'aide du tuyau; le circuit d'une lampe alimentée par une source soit de 110 soit de 220 volts, en enfonçant les conducteurs de courant dans le tube à l'aide de buselures métalliques (tubes à gaz) formant les joints habituels des tronçons de flexibles dans le fond.

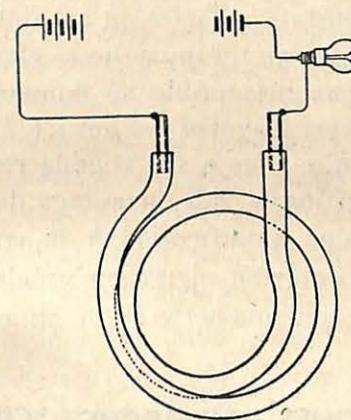


Fig. 32.

Ceci paraît d'abord une anomalie : le tuyau qui donnait une résistance infinie aux basses tensions, se comporte comme s'il avait une résistance presque nulle. Cela provient de ce que la conduction aux voltages industriels se fait principalement par la couche intérieure rendue conductrice.

Lorsque l'on fait usage d'appareils de mesure fonctionnant à des tensions croissantes, on constate que la conductibilité du tube est nulle ou à peu près tant que la tension appliquée aux deux extrémités du tuyau (le

tuyau ayant servi à nos essais avait 6 mètres) n'atteint pas 100 volts.

Lorsque l'on dépasse cette tension, la résistance ohmique diminue rapidement : elle est de 35 ohms pour 108 volts, 29 ohms pour 137 volts.

Comme les tensions mises en jeu par les décharges d'électricité statique sont très élevées, on pouvait prévoir l'efficacité du tube pour éliminer vers l'arrière les charges d'électricité statique prenant naissance lors d'une chasse d'air comprimé véhiculant des poussières.

Nous avons constaté en effet qu'un ajutage isolé placé à l'extrémité libre d'un tel tuyau ne se charge pas d'électricité et n'est pas susceptible de donner des étincelles lorsque le tuyau est traversé par un jet d'air comprimé.

Le tube tel qu'il nous a été soumis réalise donc une mise à la terre efficace. Il a l'avantage de ne demander, à l'emploi, aucune modification à la confection habituelle des joints, aucune opération préalable, la mise à la terre étant en quelque sorte automatique.

VI. — QUELQUES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

Appareil d'analyse pour l'oxyde de carbone.

Nous avons, jusqu'au début de 1937, utilisé uniquement l'appareil détecteur de Montluçon qui n'est qu'un appareil qualitatif, suffisant généralement pour l'usage pratique dans les mines, puisque toute trace d'oxyde de carbone indique que l'atmosphère n'est pas respirable.

Mais lorsqu'il s'agit d'avoir des valeurs quantitatives, il faut recourir à d'autres procédés.

M. Coppens a mis au point un appareil dont le principe est d'opérer — sur un catalyseur approprié (oxyde de cuivre couché sur du quartz) — une oxydation sélective

transformant l'oxyde de carbone en acide carbonique, sans laisser participer le méthane à la combustion.

Il faut opérer dans un four électrique à la température de 270°, bien entendu après avoir, au préalable, extrait tout l'acide carbonique qui se trouve dans le gaz à analyser.

Dans l'annexe I du présent rapport, M. Coppens donne le détail de la méthode.

Mode de gisement des grisous.

Poursuivant les études antérieures, M. Coppens a remis au Congrès de Chimie industrielle de Paris 1937 et à la 4^e Conférence internationale des Stations d'essai, une note résumant ses travaux sur le gisement des grisous dans nos couches.

Cette communication a soulevé un vif intérêt et, sur demande de M. l'Inspecteur général des Mines Leprince-Ringuet, M. Coppens a procédé à une série d'essais complémentaires ayant pour but de déterminer le volume des pores dans divers échantillons de houilles belges.

Les résultats de cette étude nous ont paru mériter l'objet d'une note spéciale que l'on trouvera dans l'annexe II du présent rapport. Retenons que le point de saturation observé dans les essais d'adsorption de grisou par nos houilles aux fortes pressions est obtenu avant obstruction totale du volume des pores et que la couche de grisou condensé se trouve dans nos houilles à une densité très voisine de celle du grisou liquide.

Préparation d'une étude spectrographique.

La première recherche en vue est de déterminer la cause du retard à l'inflammation du grisou par la connaissance des réactions intermédiaires prenant naissance

entre le stade initial $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ et le stade final $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Nous ne sommes pas les premiers attelés à cette recherche; l'intention de M. Coppens est de procéder par étapes simples en fractionnant le problème.

C'est dans ce but de subdiviser le problème que M. Coppens pense s'attaquer d'abord à l'étude analytique d'une inflammation de poussières.

Donnons-lui la parole :

L'étude se diviserait en deux parties pouvant être menées parallèlement.

PREMIERE PARTIE. — ETUDE SPECTROGRAPHIQUE

But poursuivi. — L'inflamateur Godbert permet une certaine classification des poussières au point de vue de leur inflammabilité par le taux de stérilité amenant la non-inflammation de la poussière.

Une classification scientifique pourrait être obtenue par l'analyse des flammes d'explosion des poussières inflammables. Tel serait le but initial de l'étude.

L'appareil se composera en principe d'un inflamateur Godbert (du modèle courant). L'axe du tube d'inflammation sera dans le prolongement de l'axe optique du spectrographe.

De cette façon, la flamme sera prise de front.

Prévisions. — La combustion d'une particule de charbon dans une explosion de poussières est un phénomène infiniment complexe.

On peut, par la pensée, dissocier les divers phénomènes qui se passent en réalité simultanément et s'influencent les uns les autres :

a) Echauffement de la particule de charbon sous la flamme primaire (flamme d'explosif, coup de grisou);

b) Distillation de matières volatiles :

α) CH_4 , C_2H_6 et autres carbures saturés et non saturés;

β) les précédentes, plus de l'hydrogène provenant d'une pyrolyse plus accentuée si la flamme primaire a une température élevée ou si la particule est très ténue ou le charbon plus gras;

c) Dissociation des produits de distillation.

Ex. : $\text{CH}_4 \rightarrow -\text{CH}_2- + 2\text{H}$.

d) Oxydation (explosive) des produits de la dissociation.

On peut s'attendre à des spectrogrammes d'une complexité telle que quelques expériences isolées n'apprendront rien.

C'est grâce à la multiplication des essais que l'on verra apparaître certaines particularités et des différences, sinon qualitatives, du moins quantitatives.

On pourra également suivre la progression de l'inflammation en prenant le spectre de la flamme non de front (flamme globale), comme plus haut, mais en disposant le spectrographe perpendiculairement à l'axe de l'inflamateur.

On prendra les spectres de la flamme au sortir du four, puis à des distances croissantes du four.

SECONDE PARTIE. — ETUDE DES GAZ EMIS PAR LES PARTICULES DE CHARBON SOUS L'EFFET D'UNE FLAMME PRIMAIRE

But poursuivi. — Le premier stade d'une inflammation de poussières est manifestement une distillation produisant entre autres du CH_4 et de l'hydrogène.

Etant donné la différence des retards à l'inflammation du CH_4 et du H_2 , il est évident que si une flamme donnée n'arrive qu'à faire distiller du CH_4 d'une poussière donnée, le phénomène pourra ne pas aboutir à une inflammation secondaire (coup de poussière proprement dit), alors que dans le cas d'élimination d'hydrogène, l'inflammation secondaire suivra instantanément.

On peut donc se demander si l'inflammabilité d'une poussière ne dépend pas simplement de la facilité avec laquelle un effet thermique primaire donné amène la pyrolyse avec apparition de H_2 . Si tel est le cas, une classification des charbons au point de vue de l'inflammabilité devra se faire d'après ce que l'on pourrait appeler « l'indice d'hydrogène » (nombre de cm^3 de H_2 apparaissant sous un court effet thermique donné).

Mode opératoire. — Principe : La poussière est lancée en absence d'O₂ à travers un tube chauffé (inflammateur Godbert) par une masse de gaz inerte (argon). On recueille et analyse les gaz de distillation.

Après tout ce travail préparatoire, mais probablement parallèlement, M. Coppens fera l'étude spectrophotographique de réactions intermédiaires entre CH₄ et CO₂, à l'aide d'un tube de quartz chauffé, traversé par un faisceau de lumière continue. De la nature des bandes d'adsorption, on pourra déduire l'allure de la dissociation du méthane.

Ce programme est vaste, il a déjà été abordé par divers expérimentateurs avec des variantes et notamment par Bone (Safety in Mines Research Board).

VII. — PROPAGANDE DE LA SECURITE

Cette propagande a été particulièrement active cette année. L'organisation des visites éducatives spéciales pour les agents des lampisteries et pour les bouteux des mines de 3^e catégorie a été particulièrement chargée.

Rappelons quelques chiffres :

Six journées ont été consacrées aux agents de lampisteries (243 participants dont un ingénieur).

Huit journées ont été réservées aux bouteux (324 participants dont 29 ingénieurs) des mines de 3^e catégorie.

Chaque participant a reçu une notice complète, spécialement rédigée en vue de ces visites.

Ces visites éducatives spéciales n'ont pas supprimé d'ailleurs les visites habituelles qui ont été intercalées entre les premières.

Nous en donnons la liste ci-dessous :

Dates 1937	Nombre de visiteurs	Noms et qualité des visiteurs.
17-3	28	Elèves-ingénieurs de l'Université de Louvain, M. Demeure, Professeur.
31-3	25	MM. les Députés Debersé, Bodart, Van Buggenhoudt, M. Ketels et un groupe de propagandistes et journalistes.
6-4	27	Elèves-ingénieurs de l'Université de Liège, M. Denoël, Inspecteur général des Mines et Professeur à l'Université, M. Guérin, Ingénieur principal des Mines.
19-4	123	Préposés aux lampisteries des charbonnages.
26-4		
3-5		
10-5	5	Elèves de l'Ecole des Mineurs de Montegnée (se sont joints à une visite de lampistes).
3-5		
13-5	6	MM. Ranordy, Consul de Pologne, Abrassart, Moïny, Legrand, Dehasse et Deharvengt, Ingénieurs.
20-5	12	Elèves-ingénieurs de l'Ecole des Mines de Mons, M. Brison, Professeur.
24-5	37	Préposés aux lampisteries des charbonnages.
26-5	1	M. Demonque, Ingénieur-adjoint aux Mines de Potasse d'Alsace.
31-5	41	Préposés aux lampisteries.
7-6	42	Ingénieurs, conducteurs, bouteux.
10-6	20	Membres de la Section de Mons de la Société Chimique de Belgique.
14-6	46	Ingénieurs, conducteurs, bouteux.
15-6	38	Elèves-mineurs Section des Mines des Aumôniers du travail à Boussu, MM. Pera et Harmel, Professeurs.
21-6	43	Ingénieurs, conducteurs, bouteux.
22-6	57	Elèves des Ecoles industrielles d'Anderlues, Fontaine-l'Evêque, Châtelet, Gilly et Quaregnon.

Dates 1937	Nombre de visiteurs	Noms et qualité des visiteurs.
28-6	160	Ingénieurs, conducteurs, boute-feux (Le 5-7 : M. Beghin, Secrétaire du F. N. R. S.)
5-7		
10-7		
12-7		
15-7	18	Directeur de l'Institut St-Joseph, 2 professeurs et 15 élèves.
17-7	34	Ingénieurs, conducteurs, boute-feux.
27-7	5	Elèves-ingénieurs de l'Ecole des Mines de Paris.
24-8	1	M. Meslin, Elève-ingénieur des Mines de Saint-Etienne.
14-9	46	Membres de la IV ^e Conférence internationale des Directeurs des Stations minières d'essai, Membres du Conseil d'Administration de l'I. N. M. et quelques personnalités de l'industrie charbonnière belge.
15-9	33	Suite de la visite du 14-9.
23-10	16	Membres du Groupement général des Explosifs.
10-11	35	Membres de l'Amicale des Inspecteurs de la Prévoyance sociale.
21-12	21	Délégués de la Centrale des mineurs du Borinage et leurs invités français.

Tracts de propagande.

I. Nous avons fait paraître en 1937 une nouvelle édition du tract sur la détection et l'analyse du grisou, dans les deux langues nationales.

Ces brochures ne sont pas encore suffisamment demandées, comme le montre le tableau suivant :

BROCHURES SUR LA DETECTION DU GRISOU EN 1937

	Distribuées gratuitement	Vendues
Brochures flamandes	45	181
Brochures françaises	300	155

II. La 2^e édition française d'« Un mot aux boute-feux » étant épuisée, nous avons remanié et complété le texte de manière à introduire les connaissances nécessaires sur les explosifs antigrisouteux et sur les détonateurs à temps.

Les croquis ont été remplacés par d'autres plus clairs et plus soignés.

La 3^e édition française a paru en août 1937. Le tableau suivant indique le mouvement de ces brochures.

UN MOT AUX BOUTEFEUX en 1937

	Distribuées gratuitement	Vendues
<i>Brochures françaises</i> (sans règlement) :		
Edition 1933	77	350
Edition 1937	159	1.623
<i>Brochures françaises</i> (avec règlements) :		
Edition 1933	32	125
Edition 1937	152	911
<i>Brochures flamandes</i> (sans règlement) :		
Edition 1931	580	110
<i>Brochures flamandes</i> (avec règlements) :		
Edition 1931	274	162

L'édition flamande n'étant pas épuisée, nous n'avons pas cru pouvoir, en août, amorcer une nouvelle édition. Mais devant la demande faite par les charbonnages de

Campine, après la parution de l'édition française d'août 1937, nous n'avons pas hésité à l'entreprendre, d'autant plus que les importantes améliorations rendaient désirables que le nouveau texte soit mis le plus tôt possible à la disposition des boutefeux de langue flamande.

Cette édition est sortie de presse. Plusieurs centaines d'exemplaires sont dès à présent distribués ou vendus.

Campagne en faveur de la création de services de sécurité par les mines elles-mêmes.

Après avoir observé ce qui se passe dans d'autres pays, après de nombreuses lectures, et des réflexions mûries, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il faut créer dans nos mines, un esprit de la sécurité, une mentalité spéciale, un goût de l'observation qui unisse dans un même élan tous ceux qui concourent à la production de nos mines et cela en dehors des prescriptions réglementaires, arrivées à un degré de saturation tel que l'on ne peut plus en attendre grand rendement.

La seule façon pratique est de créer à chaque mine un service de la sécurité, proportionné à l'importance de l'exploitation et dont le personnel sera chargé de toutes les recherches, observations, statistiques, etc. concernant la sécurité des travaux. Ce service facilitera la tâche des agents de la production en les déchargeant des préoccupations pour lesquelles ils n'ont pas la tranquillité d'esprit voulue; il jouera un rôle éducatif prépondérant et l'on peut assurer par les résultats obtenus à l'étranger, dans les mines d'Etat du Limbourg hollandais notamment, qu'il en résultera une diminution notable, principalement des petits accidents journaliers dont la totalisation représente une lourde rançon du travail minier.

Encouragé par M. le Directeur général des Mines, nous avons eu l'honneur de développer ces idées le 25-5-1937 devant MM. les Directeurs-gérants des charbonnages à la Fédération des Associations charbonnières.

Cette causerie dut être répétée devant les Associations charbonnières à Charleroi (Charleroi et Centre réunis, le 17-6), à Mons (6-7), à Liège (8-7), à Hasselt (15-7).

Les discussions qui eurent lieu à ces séances furent fructueuses, provoquant des précisions sur certains points, des explications complémentaires sur le caractère privé des services de sécurité, qui rencontreront certainement tous les concours des délégués à l'Inspection, des Ingénieurs des Mines, des ouvriers, des services de la production.

L'initiative a rencontré auprès des exploitants un accueil favorable; la causerie fut polycopiée et adressée aux Associations charbonnières et à tous les charbonnages.

Plusieurs charbonnages s'étaient déjà engagés dans cette voie, d'autres y sont entrés résolument et l'on pourrait citer plusieurs initiatives récentes.

Lorsque ces organismes auront fonctionné quelque temps, ils confieront eux-mêmes une coordination nécessaire à un organisme spécial d'information qui augmentera encore l'effet des efforts individuels.

Collaboration avec les stations étrangères.

La collaboration avec nos collègues étrangers et notamment l'échange de rapports trimestriels, s'est continuée avec des résultats très utiles, notamment avec le Bureau of Mines (Etats-Unis), le Safety in Mines Research Board (Grande-Bretagne), la Station d'essais

de Montluçon (France), les Versuchsstücke de Derne-Dortmund, de Freiberg, de Beuthen, la Versuchsgrube de Gelsenkirchen (Allemagne), la Station polonaise de Mikolow, les Stations tchécoslovaques de Moravska-Ostrava et de Brüx.

Comme nous l'avons dit au début de ce rapport, nous avons eu, de plus, l'honneur et le plaisir de recevoir en Belgique des délégations de tous ces organismes à l'occasion de la 4^e Conférence internationale des Directeurs de Stations d'essais.

Pâturages, avril 1938.

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1937

ANNEXE I

La détermination quantitative de traces d'oxyde de carbone dans l'air des mines

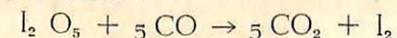
par L. COPPENS.

Docteur en Sciences, Attaché à l'Institut.

Il existe de nombreuses méthodes, dont d'excellentes, pour la détection qualitative de traces d'oxyde de carbone dans l'atmosphère des mines. Dans la pratique courante, ces méthodes qualitatives peuvent être considérées comme suffisantes, la prudence commandant l'interdiction de toute voie ou chantier dont l'air, par suite d'un commencement d'incendie, renferme de l'oxyde de carbone, quelle qu'en soit la teneur; une simple détermination qualitative impose donc la décision à prendre.

Il en est tout autrement lorsqu'on se propose de suivre l'évolution de l'atmosphère d'un chantier sinistré, qu'on a dû isoler du reste de l'exploitation par un serrement. Vu les pertes énormes causées par l'immobilisation d'une partie souvent importante de la mine, il importe de suivre de près la décroissance et la fin de l'incendie par de nombreuses analyses quantitatives de l'atmosphère isolée derrière le barrage. De multiples déterminations quantitatives de l'oxyde de carbone sont alors de rigueur. C'est ce qui nous a amené à rechercher la méthode quantitative faisant l'objet de la présente note.

Une des nombreuses méthodes quantitatives renseignées dans la littérature consiste dans la combustion de l'oxyde de carbone à l'aide de pentoxyde d'iode :



L'air à analyser, préalablement débarrassé d'anhydride carbonique, passe sur le pentoxyde chauffé vers 140°. On déduit la teneur de l'oxyde de carbone du dosage de l'iode par voie colorimétrique, ou bien on titre l'anhydride carbonique après absorption dans de la baryte; dans un laboratoire disposant des basses températures, on peut isoler directement l'anhydride carbonique provenant de la combustion et en mesurer le volume.

Nous avons essayé cette dernière méthode. Malheureusement, la tension de dissociation du pentoxyde aux températures mises en œuvre est importante (1). L'iode ainsi libéré attaque la graisse des robinets et le mercure des pompes d'extraction. Ces inconvénients rendent évidemment la méthode inapplicable.

Nous avons essayé ensuite un catalyseur binaire déjà utilisé par Schmidt (2). Ce catalyseur est formé de grains de quartz recouverts d'oxyde de cuivre. Le quartz adsorbe énergiquement l'oxyde de carbone, alors que l'oxyde de cuivre provoque une forte condensation superficielle de l'oxygène. Il en résulte localement une concentration des corps réagissants telle que, vers 260°, en absence d'eau, la combustion de l'oxyde de carbone est intégrale.

Les bons résultats que nous a donnés l'emploi du couple quartz-oxyde de cuivre nous a décidé de publier ci-dessous le mode opératoire que nous avons finalement adopté.

PREMIERE PARTIE. — DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

A. — Principe.

Le gaz à examiner, soigneusement débarrassé de l'anhydride carbonique (3), circule, après dessiccation, à plusieurs reprises sur le catalyseur chauffé vers 260°. Un condenseur, refroidi à l'air liquide et placé dans le circuit, arrête l'anhydride carbonique provenant de la combustion de l'oxyde de carbone. Après la combustion, on extrait les gaz des canalisations. Finalement, on laisse s'évaporer l'anhydride

(1) Il va sans dire que la dissociation du pentoxyde avec libération d'iode rend assez illusoire la détermination de l'oxyde de carbone par la voie colorimétrique citée plus haut.

(2) « Zeitschrift für Angew. Chem. », 1931, n° 8, p. 152.

(3) Il est évident qu'opérant sur un échantillon débarrassé de l'anhydride carbonique, on doit tenir compte dans les calculs finaux de la teneur de l'anhydride carbonique éliminé.

carbonique dont on mesure le volume après extraction. Dans le cas où le gaz à examiner renferme également des traces d'hydrocarbures se condensant sans tension résiduelle à -190° (ex. C₂H₆), on obtient le volume de l'anhydride carbonique par différence après absorption à la potasse caustique.

Si l'on tient compte des poids respectifs des litres normaux de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, le volume de l'oxyde de carbone brûlé est finalement donné par la relation :

$$\text{CO brûlé (en cm}^3\text{)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ mesuré (en cm}^3\text{)}}{0.99594} \quad (1)$$

B. — Description de l'appareil.

La cloche à mercure A, reposant sur la cuve à mercure C, a une contenance d'environ 500 cm³; elle sert à l'introduction du gaz préalablement débarrassé de l'anhydride carbonique. Le tube T, garni de pentoxyde de phosphore, est destiné à la dessiccation des gaz. Le tube K renferme le catalyseur et est chauffé vers 260° à l'aide d'un petit four tubulaire en aluminium (2).

Par le robinet R₃, les canalisations sont en communication avec un dispositif, non représenté, permettant de faire rapidement le vide complet dans l'appareil; ce dispositif comprend une pompe à huile et une ampoule à charbon actif, refroidie à l'air liquide. La pression dans l'appareil est suivie au manomètre M.

(1) Les poids des litres normaux du CO et du CO₂ étant

$$L_{\text{CO}} = 1,2504 \text{ gr.}$$

$$L_{\text{CO}_2} = 1,9769 \text{ gr.}$$

on obtient les volumes moléculaires normaux suivants :

$$V_{\text{CO}} = 28/1,2504 = 22,393 \text{ litres.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 44/1,9769 = 22,257 \text{ litres.}$$

Il en résulte que 22,257 cm³ de CO₂ correspondent à 22,393 cm³ de CO.

(2) La préparation du catalyseur est fort simple : le quartz en grains de 1 à 2 m/m de diamètre, est lavé d'abord à l'acide nitrique bouillant et finalement à l'eau chaude. On prend 90 gr. de quartz ainsi préparé qu'on humecte dans une capsule en porcelaine avec quelques centimètres cubes d'eau contenant 0,191 gr. de Cu(NO₃)₂ 6 aq. On chauffe ensuite en remuant continuellement la masse à l'aide d'une baguette de verre. Après dessiccation, le chauffage est encore poursuivi jusque noircissement des grains. Le tout est ensuite porté au four vers 400° pour transformation intégrale du nitrate en oxyde.

Les parties recourbées des canalisations, r_1 , r_2 et r_3 , assurent une certaine élasticité à l'ensemble. La partie inférieure du tube r_3 peut être plongée dans de l'air liquide et sert ainsi de condenseur pour l'anhydride carbonique de la combustion; cet anhydride carbonique est ultérieurement soutiré par la pompe à mercure P.

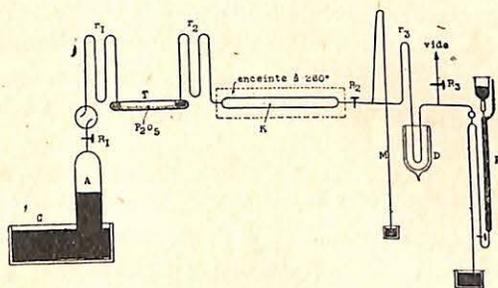


Fig. 33. — Appareil pour la détermination de traces d'oxyde de carbone.

C. — Description du mode opératoire.

L'appareil est d'abord soigneusement vidé à l'aide du dispositif faisant suite au robinet R_3 . On ferme alors ce dernier robinet et l'on introduit l'échantillon à analyser dans la cloche A; étant donné la précision obtenue, un échantillon de 300 à 400 cm^3 suffit dans la plupart des cas. Entretemps, le four électrique entourant le tube de catalyse a été porté à la température de 260° environ et la partie du tube r_3 faisant office de condenseur est plongée dans l'air liquide. Ouvrant alors légèrement le robinet R_1 on laisse pénétrer lentement le gaz dans l'appareil. Pendant ce temps, la pompe P est mise en marche. Dès qu'elle a soutiré environ la moitié du volume gazeux initialement mis en œuvre, cette fraction est transvasée à nouveau dans la cloche A et de là dans l'appareil. On peut ainsi faire passer le gaz à plusieurs reprises sur le catalyseur. Au bout de 5 à 6 reprises, la combustion de l'oxyde de carbone est complète et l'anhydride carbonique produit est condensé intégralement dans la partie inférieure du tube r_3 .

Ouvrant alors le robinet R_3 , on soutire entièrement la phase gazeuse de l'appareil. Finalement, après fermeture des robinets R_2 et R_3 , on laisse le condensat du tube r_3 s'évaporer; l'anhydride carbonique de la combustion (et éventuellement l'éthane) sont ensuite

extraits par la pompe P. Le volume de cet anhydride carbonique est mesuré et l'on vérifie l'absence d'éthane par absorption à la potasse caustique.

SECONDE PARTIE. — VERIFICATION DE LA METHODE

Le volume de l'oxyde carbone étant déduit du volume de l'anhydride carbonique isolé, il importait avant tout de vérifier si, dans les conditions opératoires, le méthane lui-même, et surtout l'éthane, éventuellement présent, ne sont pas brûlés, du moins partiellement. Nous avons donc fait des essais avec des mélanges air-méthane et air-éthane. Dans les conditions opératoires indiquées plus haut (température du catalyseur inférieure à 300°), on n'a pu mettre en évidence la moindre formation de CO_2 .

Ce point étant acquis, nous avons examiné le degré de précision de la méthode à l'aide de mélanges air-CO soigneusement préparés. Le tableau ci-dessous résume ces essais.

No de l'essai	Température du catalyseur	Volume en cm^3 du mélange Air-O mis en œuvre	CO en cm^3			CO en %		
			mis en œuvre	retrouvé	Δ	mis en œuvre	retrouvé	Δ
1	262°	536,8	0,121	0,137	+0,016	0,023	0,028	+0,003
2	262°	269,9	0,115	0,121	+0,008	0,042	0,045	+0,003
3	260°	269,8	0,138	0,134	-0,004	0,051	0,050	-0,001
4	264°	272,1	0,320	0,305	-0,015	0,118	0,112	-0,006
5	262°	268,8	0,592	0,600	+0,008	0,220	0,223	+0,003
6	265°	267,9	0,659	0,646	-0,013	0,246	0,241	-0,005
7	262°	265,9	1,114	1,092	-0,022	0,419	0,411	-0,008
8	266°	267,1	1,490	1,474	-0,016	0,558	0,552	-0,006
9	267°	269,7	2,654	2,611	-0,023	0,977	0,968	-0,009

On remarquera que le volume des échantillons mis en œuvre est très faible. Nous nous mettions ainsi intentionnellement dans des conditions défavorables au point de vue de la précision à obtenir.

On remarquera que néanmoins le degré de précision obtenu est supérieur à ce qui peut être demandé dans la plupart des cas. Il suffirait d'ailleurs, pour des teneurs en CO encore plus faibles, de doubler, voire tripler le volume gazeux soumis à l'examen; on aboutirait ainsi à une précision quasi absolue.

RESUME

Nous avons mis au point une méthode de détermination quantitative de l'oxyde de carbone dans l'air des mines. La méthode consiste dans la combustion intégrale et exclusive du gaz toxique sur un catalyseur binaire formé de grains de quartz recouverts de très faibles quantités d'oxyde de cuivre.

L'anhydride carbonique provenant de la combustion est isolé en recourant aux méthodes de condensation à basse température; la mesure de son volume donne ainsi directement le taux de l'oxyde de carbone.

Les essais de vérification auxquels nous avons soumis la méthode montrent que, même en partant d'un échantillon de très faible volume, on obtient une précision dépassant largement ce qui peut être exigé dans les cas usuels.

Compléments à l'étude sur la nature du gisement des grisous

par L. COPPENS,

Docteur en Sciences, Attaché à l'Institut.

Dans un mémoire, annexé au Rapport sur les travaux de 1936, nous avons résumé l'ensemble des travaux que nous avons consacrés à l'étude du gisement des grisous (1); afin de permettre la critique de nos résultats, nous avons publié les données détaillées de nos expériences.

M. Leprince-Ringuet, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, s'est livré à un examen critique approfondi de la partie de mes travaux qui ont trait à la fixation du méthane par les houilles sous pression élevée. Il m'a fait l'honneur de résumer ses observations dans une communication présentée à la IV^e Conférence des Stations d'essais, à Pâturages (2).

(1) « Etudes sur le gisement des grisous. Le pouvoir adsorbant comparé de diverses houilles ». *Bulletin de la Société Chimique de Belgique*, Tome 44, 1935, pp. 215-248.

« Considérations sur l'adsorption du grisou par les houilles. Le gisement du grisou dans les couches de houille ». *Annales des Mines de Belgique*, Tome 32, 1931, pp. 192-221.

« Le pouvoir adsorbant comparé de diverses houilles belges ». *Annales des Mines de Belgique*, Tome 35, 1934, pp. 107-149.

« L'adsorption du méthane par les houilles sous pression élevée ». *Annales des Mines de Belgique*, Tome 37, 1936, pp. 173-219.

« Etudes sur la nature du gisement des grisous ». *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, pp. 137-208.

(2) IV^e Conférence Internationale des Directeurs de Stations Minières d'essais, tenue en Belgique, 13-20 septembre 1937.

Voici comment s'exprime M. Leprince-Ringuet :

Les expériences très soigneuses effectuées par M. Coppens ont abouti à des résultats bien curieux :

1°) Elles ont montré d'une façon indiscutable que la quantité de grisou retenue par la houille à une température donnée et sous des pressions variables, calculées comme on l'a toujours fait jusqu'ici en prenant, pour le volume réellement occupé par la houille en particules très fines, le volume déduit de la méthode du flacon dans l'alcool, croissait jusqu'à une certaine pression voisine de 80 atmosphères pour décroître ensuite.

Il est difficile de concevoir que la quantité réelle retenue aille en décroissant quand la pression augmente. Cependant, il y a lieu d'observer que le cas se produit dans la dissolution d'un solide dans un liquide lorsque le volume V' de la solution est supérieur au volume V des corps en présence.

C'est ainsi que pour NH_4Cl à $18^{\circ},5$, dont la solubilité est de 27 gr. 2 par 100 gr. d'eau, à la pression atmosphérique, et seulement de 25 gr. 8 sous 500 atmosphères, on a sous la pression atmosphérique

$$K = \frac{V - V'}{V} = -1,595 \cdot 10^{-2}; \text{ le contraire se produit avec NaCl,}$$

dont la solubilité croît de 26,4 % à 27 % entre 1 à 500 atmosphères, $K = 3,055 \cdot 10^{-2}$ est positif.

Dans le cas d'un ensemble houille-méthane, K est bien entendu positif, mais l'un des corps est gazeux; il n'est pas évident que les choses ne se passent pas comme dans le cas de NH_4Cl .

C'est un point qu'il y aurait à étudier à la lumière des lois de la thermodynamique.

Quoi qu'il en soit, si l'on n'admet pas que la quantité retenue diminue quand la pression croît, il faut trouver une explication aux résultats de l'expérience.

M. Coppens a cherché cette explication dans le phénomène d'adsorption en admettant que le méthane retenu par la houille forme une couche à très grande densité, densité qu'il a supposée constante; l'existence de cette pellicule de méthane accroîtrait le volume réellement occupé par l'ensemble houille-gaz de telle manière que dans le récipient d'expérience, l'espace extérieur à cet ensemble serait diminué à proportion de la quantité de méthane retenue.

Le gaz retenu étant déterminé par différence se trouverait augmenté d'autant. M. Coppens a constaté qu'en admettant pour densité de la pellicule de méthane la valeur uniforme de 0,492, on arrivait à une quantité retenue limite, atteinte vers 130 atmosphères, et cette limite correspond dans son hypothèse au remplissage des pores de la houille par le gaz adsorbé.

2°) Cette correction faite, à la température de 20° , un charbon flambant retiendrait au maximum de 18 à 24 m^3 de grisou par tonne selon son état de pureté, un charbon gras, 24 à 27 m^3 , un anthracite, 30 à 32 m^3 .

Cette seconde constatation est non moins troublante. On sait, en effet, que les dégagements de grisou atteignent en général leur maximum dans les gisements gras et flambants, et que ce dégagement se stabilise aux environs de 30 m^3 par tonne sur des espaces considérables et pendant des temps d'exploitation très longs. Il est donc logique d'admettre qu'un gisement grisouteux pris dans sa masse et vierge peut contenir sensiblement plus de gaz que ne l'indiquent les calculs de M. Coppens. Celui-ci envisage l'intervention des terrains encaissants, dont il doit faire actuellement l'étude. Il est exact que, si, comme il le pense, ces terrains peuvent contenir quelques centaines de litres à la tonne, ce sont plusieurs mètres cubes qui s'ajoutent au gisement propre du gaz dans la houille exploitée, puisque ces terrains représentent de 10 à 30 fois en volume, donc de 20 à 60 fois en poids la quantité de houille.

On peut ajouter que dans ces terrains encaissants se trouvent en général un assez grand nombre de petites veines inexploitable, ce qui peut relever d'une façon très notable, pour l'ensemble d'un gisement, les chiffres résultant de la considération de la houille exploitée seule.

Ayant procédé moi-même entre 1900 et 1902, avec des moyens malheureusement un peu rudimentaires, à des expériences analogues à celles de M. Coppens (mais dont les plus sûres ont été obtenues avec l'acide carbonique) et ayant eu à tenir compte des mêmes difficultés expérimentales, dont la principale était la durée nécessaire pour atteindre l'état d'équilibre, j'ai jugé utile de me livrer à un travail de comparaison aussi complet que possible et que facilitaient les données détaillées publiées par M. Coppens entre les différents résultats obtenus par lui.

Les écarts entre les charbons plus ou moins humides, entre les différents lots de charbons, apparaissent en sens divers et doivent être attribués par conséquent principalement à des causes échappant aux données de l'expérience, sinon à des erreurs expérimentales.

Mais ces écarts sont assez faibles pour que l'on puisse englober tous les chiffres obtenus dans des moyennes qui sont données dans la dernière colonne du tableau II.

La courbe $(p \cdot \frac{V}{V_m})$ correspondante est extrêmement régulière (fig. 35 hors texte), sauf pour le point à 341° du charbon IIbis qui est manifestement erroné.

3°) J'ai calculé, suivant la même méthode, les valeurs de n ($= \frac{E_1}{E}$ de M. Coppens) pour les différentes séries de mesures qui leur ont été consacrées.

Ces valeurs sont données ci-après :

TABLEAU III

Séries :	3	2	5	4	6	7	moyennes pondérées
Pressions $n =$							
20 . . .	18,86	19,49	18,47	18,73	18,68	—	18,76
35 . . .	34,07	34,74	34,74	34,77	34,14	—	34,43
50 . . .	50,47	49,96	51,31	50,37	50,51	—	50,37
65 . . .	66,80	67,35	68,48	67,36	67,64	—	67,67
80 . . .	85,05	85,57	85,42	85,14	85,30	84,88	85,26
105 . . .	116,13	116,75	116,31	116,40	115,99	117,76	116,40
130 . . .	148,32	—	148,07	148,14	147,80	149,25	148,16
160 . . .	185,18	—	184,74	184,94	184,73	186,35	184,89
190 . . .	—	—	—	218,32	218,13	218,45	218,23

Ces valeurs de n présentent quelques divergences d'ordre expérimental. Pour en calculer la moyenne pondérée, j'ai rétabli comme

suit la concordance entre les valeurs de chaque série et les déterminations de V correspondantes conformément aux indications ci-après :

Série	3	2	5	4	6	7
Tableaux	9	12	14-15	16	18-19-20	22

Au delà, on a les valeurs de n de M. Coppens, savoir :

δ	$n =$
239,7	265,16
285,2	297,40
340,7	328,42
380,9	348,03

4°) Cela fait, cherchons de quelle manière la courbe (pV) peut être redressée.

La formule proposée par M. Coppens consiste à calculer :

$$W = \frac{V}{1 - \frac{n\Delta}{\delta}}$$

δ étant la densité supposée du méthane condensé par adsorption, j'écrirai simplement :

$$W = \frac{V}{1 - an} \quad \text{ou} \quad \frac{W}{V_m} = \frac{V}{V_m} \frac{1}{1 - an} \quad (1)$$

Si on prend la valeur $a = \frac{1.48}{1.000}$, qui correspond sensiblement aux calculs de M. Coppens, on obtient une courbe qui se rapproche beaucoup de l'horizontale entre $p = 130$ et $p = 381$ atm. abs., tout en présentant une dépression anormale non négligeable (fig. 35 hors texte).

Si on diminue a , on a une courbe descendante, ce qui n'est pas acceptable.

Si on augmente a , les irrégularités de la courbe s'exagèrent. Par exemple, pour $a = \frac{1,70}{1.000}$, la courbe est montante, mais ses irrégularités

gularités au delà de $p = 190$ atm. sont peu satisfaisantes.

On peut chercher un correctif autre.

En effet, il n'est pas très satisfaisant pour l'esprit que le terme δ soit constant quelle que soit la pression extérieure; δ devrait plutôt augmenter avec p . En augmentant δ , on diminue a ; on aurait donc

une courbe qui, partant par exemple de la courbe où $a = \frac{1,70}{1,000}$

aux faibles pressions, rattrape la courbe où $a = \frac{1,48}{1,000}$ aux fortes pressions.

Ce qui laisse penser que $\delta = 0,492$ n'est pas le maximum de δ , c'est que la courbe des densités du méthane liquide sous la pression atmosphérique a une allure exponentielle et que, pour autant qu'on puisse l'extrapoler, elle doit conduire pour le zéro absolu à un chiffre voisin de 0,54.

Or, à cette valeur correspondrait $a = \frac{1,55}{1,000}$, soit pour $p = 581$ atm. $W = 1,095$ environ, tandis que pour 80 atm., on aurait un chiffre supérieur à 1,125; la courbe serait nettement descendante.

5°) Sans chercher pour le moment si la formule suivante a une explication physique, cherchons simplement à corriger la courbe

$$\left(p \cdot \frac{V}{V_m}\right) \text{ en écrivant : } \frac{W}{V_m} = \frac{V}{V_m} + bn \quad (2)$$

Le tracé de cette courbe pour différentes valeurs de b est donné sur la figure 35.

On voit que si, pour $b = 1,77$, on a une limite semblable à celle déterminée par M. Coppens, mais un peu plus régulière; si l'on fait $b = 2,40$ par exemple, on obtient une courbe ascendante d'une très grande régularité, qui conduirait à des valeurs de W très notablement supérieures au chiffre limite trouvé par M. Coppens.

En conservant l'hypothèse de l'adsorption, il est facile de justifier le terme b .

L'hypothèse de M. Coppens revient à dire que la masse charbon-

gaz s'accroît du volume $\frac{W\Delta}{\delta}$ tant qu'il reste des vides à combler.

On peut aussi bien imaginer que la masse occupe tout de suite le volume libre bV_m et sous une densité variable, et que par conséquent le volume du gaz extérieur, mesuré sous la pression atmosphérique, diminue de bnV_m .

6°) Pour que l'une des formules (1) ou (2) soit acceptable pour rendre compte de ce qui se passe dans le massif, il faut que le vide occupé par le méthane ne dépasse pas le volume des pores de la houille. Or, celui-ci est égal, selon la méthode expérimentale suivie,

à la différence $\frac{1}{d} - \frac{1}{d'}$ du volume occupé par la houille en roche et du volume de poussière de houille non occupé par l'alcool.

Par exemple, avec $a = \frac{1,48}{1,000}$ et pour $V_m = 22,45$ (houille Ilbis), ce volume est de :

$$\frac{1,48}{1,000} \times \frac{12,06}{1,000} \times 22,45 = \frac{40}{1,000}$$

Autrement dit, la densité en roche de cette houille doit être au plus être égale à :

$$d = \frac{d'}{1 + \frac{40 d'}{1,000}}$$

avec $d' = 1,375$, soit 1,30.

Avec $b = 2,40$, on a un volume occupé de :

$$\frac{2,40}{1,000} \times 22,45 = \frac{53,8}{1,000}$$

et la densité ne doit pas dépasser :

$$\frac{d'}{1 + \frac{53,8 d'}{1,000}} = 1,28,$$

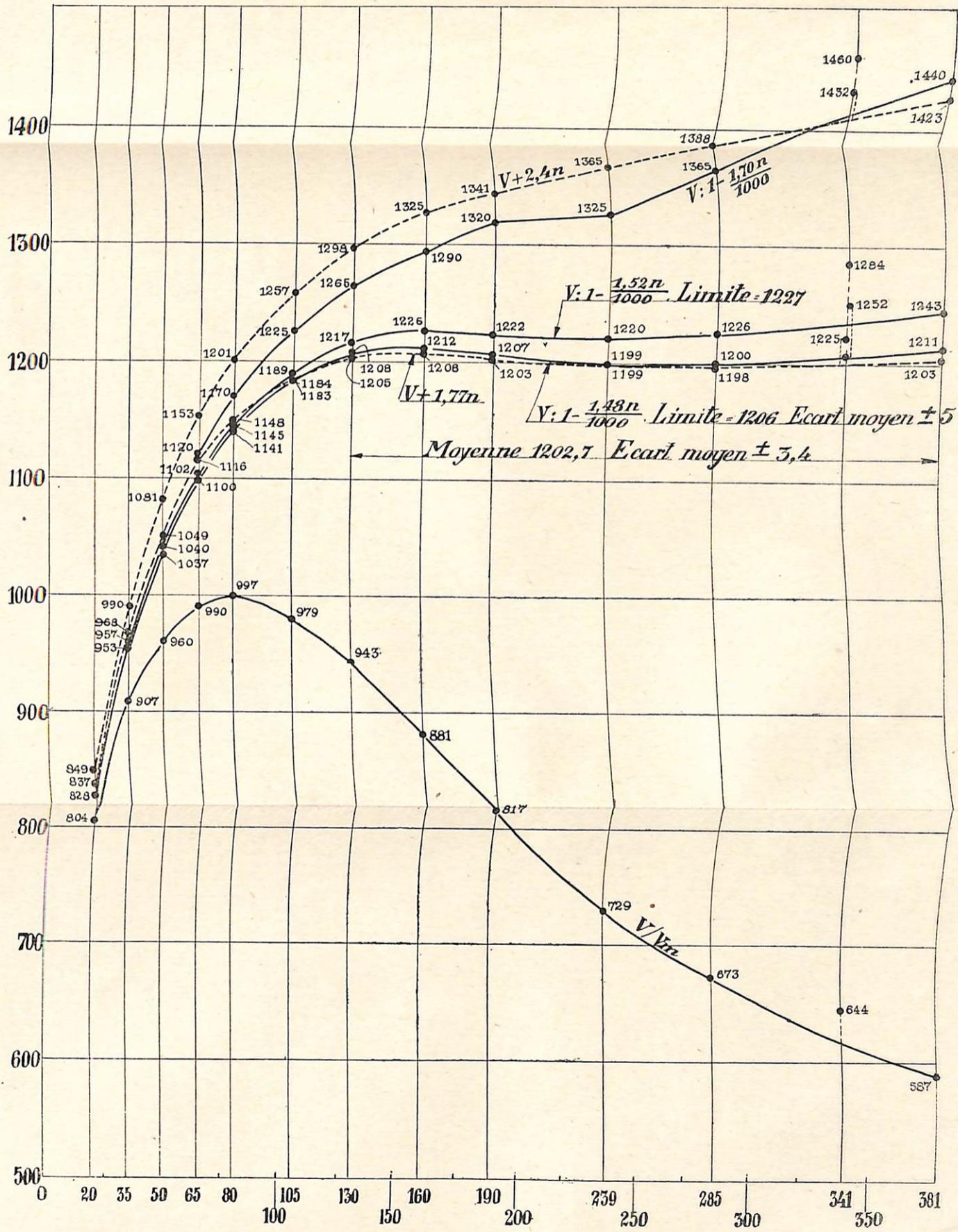


Fig. 35.

tout ceci sans tenir compte de l'accroissement de la densité qui résulte de la pression dans le massif.

Ces conditions sont nécessaires pour que l'une ou l'autre hypothèse soit admissible.

7°) Les résultats obtenus par M. Coppens ne sont pas exclusifs de la théorie de la dissolution. Il suffit d'admettre que celle-ci s'accompagne d'une augmentation du volume de la masse de houille. Si cet accroissement était proportionnel à la quantité de gaz dissoute, on retomberait sur la relation (1) de M. Coppens, mais en donnant au coefficient une valeur indépendante du volume des pores de la houille.

Par contre, la formule (2) ne se justifierait pas.

En résumé, une présomption en faveur de l'hypothèse de l'adsorption résulte des expériences de M. Coppens pour autant que les volumes libres de la houille calculés par la comparaison des densités ne seront pas supérieurs à ceux auxquels conduit la formule de M. Coppens ou la formule (2) que j'ai examinée. Mais elle ne rend pas nécessaire, dans ce dernier cas, l'existence d'une limite aussi basse que celle trouvée par M. Coppens et permettrait d'expliquer aisément les teneurs moyennes des gisements les plus grisouteux.

L'hypothèse de la dissolution n'est pas incompatible avec les résultats obtenus par M. Coppens, mais pour conserver une courbe ascendante régulière, il est nécessaire de supposer que les différents résultats des expériences aux pressions supérieures à 190 atm. présentent quelques irrégularités.

Après avoir refait les longs calculs établis par M. Leprince-Ringuet, j'ai complété mes expériences par des déterminations du volume des pores de quelques échantillons de houille. Je résumerai ici les conclusions qui s'imposent.

§ 1. — La correction des isothermes expérimentales.

Un premier point mis en question est la formule de correction de mes isothermes expérimentales.

Je rappelle tout d'abord que les isothermes expérimentales (isothermes apparentes) ont été calculées par la relation :

$$V_i = V_1 - E_i \quad (\text{relation I}) \quad (1)$$

(1) *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, pp. 168.

V_i est le volume de CH_4 , en cm^3 réduits, apparemment fixé sous la pression P_i par la masse de houille mise en œuvre;

V_1 est le volume de CH_4 , en cm^3 réduits, présent, sous la pression P_i , dans la bombe d'adsorption contenant la masse de charbon mise en œuvre. Il est évident que ce volume V_1 est la somme du volume de méthane adsorbé et du volume de méthane contenu dans l'espace libre offert à la phase gazeuse (espace nuisible de l'appareil, vides entre les grains de charbon, vides intermicellaires);

E_i est le volume de CH_4 , en cm^3 réduits, contenu sous la pression P_i dans l'espace libre E offert à la phase gazeuse au cours de la détermination du volume V_1 . Ce volume E_i a été déterminé expérimentalement après avoir remplacé le charbon par un cylindre en laiton reproduisant exactement le volume réel de la masse de charbon mise en œuvre.

On obtient ainsi des isothermes dont l'allure est indiquée à la figure 56.

L'allure anormale des isothermes expérimentales trouve son explication dans le fait que, au cours de la détermination du volume E_i , l'espace libre offert à la phase gazeuse n'a pas été fidèlement reproduit.

En effet, par suite de l'adsorption du méthane à la surface des micelles, cet espace libre se trouve amputé d'un certain volume que nous désignerons par b .

Il est donc évident, comme je l'ai montré dans mes publications antérieures, que la formule de correction aura la forme suivante :

$$W_i = V_i + b \frac{E_i}{E} \quad (\text{relation II}) \quad (1)$$

C'est d'ailleurs la formule préconisée par M. Leprince-Ringuet.

W_i est le volume de méthane, en cm^3 réduits, réellement adsorbé sous la pression P_i par la masse de charbon mise en œuvre;

V_i est tiré de la relation I;

$\frac{E_i}{E}$ est le volume réduit du méthane, en cm^3 réduits, contenu sous la pression P_i dans un espace de 1 cm^3 .

(1) *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, p. 190.

Volumes de CH₄, en cm³ réduits, apparemment fixés
par gramme de charbon sec..

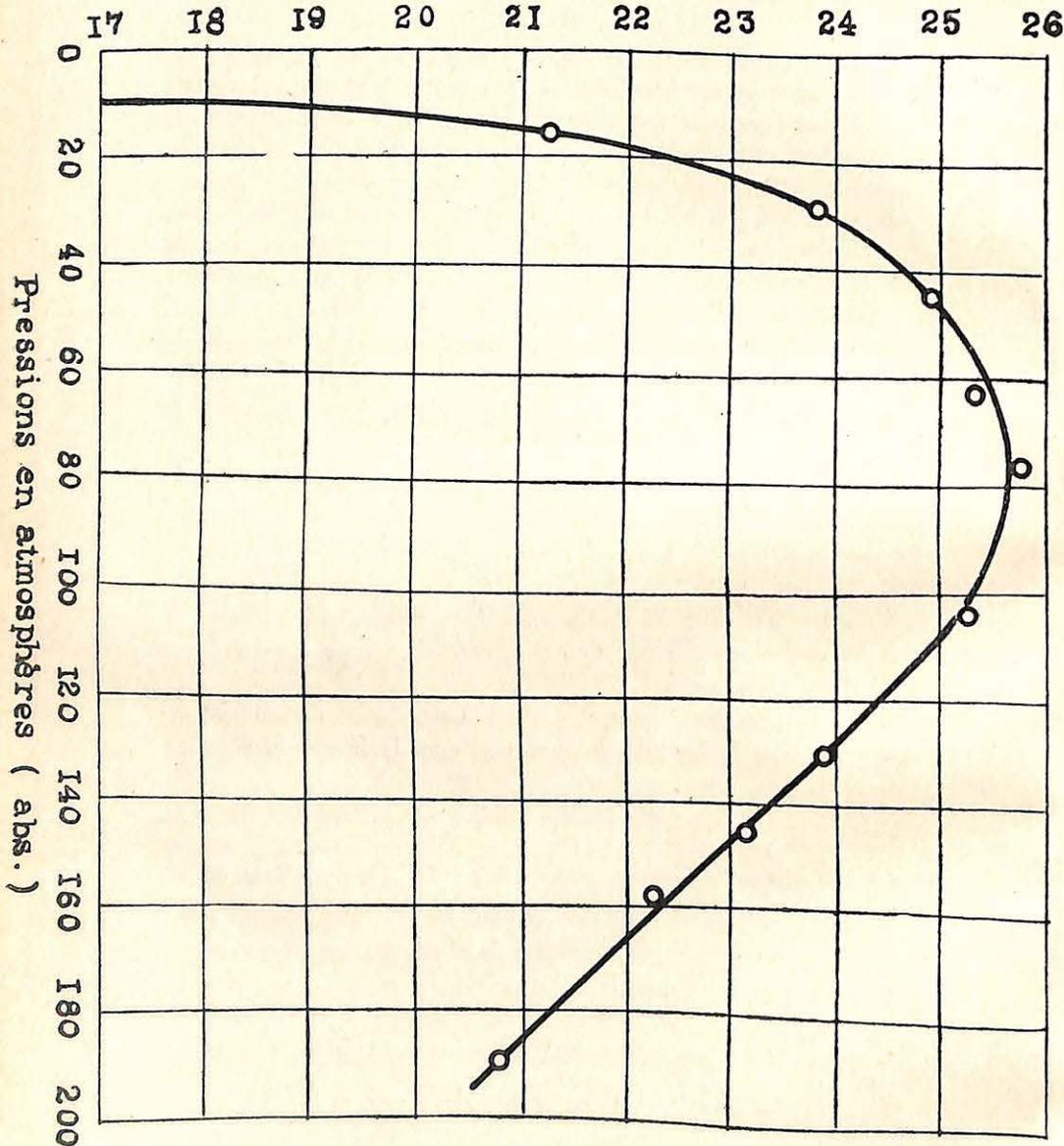


Fig. 36.

Il s'agit de trouver la grandeur de b :

a) Dans la méthode de calcul que nous avons adoptée jusqu'à présent, nous avons admis que l'espace libre offert à la phase gazeuse est amputée du volume des molécules de méthane adsorbées. Le volume b est donc une variable qui est fonction de la grandeur même de l'adsorption :

$$b_i = \frac{W_i \times 0.7168}{1.000} \times \frac{1}{\delta} \quad (\text{relation III})$$

0.7168 est le poids du litre normal de CH₄;

δ est la densité de la couche de méthane adsorbée à la saturation.

Nous avons adopté pour δ la valeur constante de 0.492, tirée de l'isotherme du charbon IIbis (1).

Combinant les relations 2 et 3, on obtient ainsi la formule de correction que nous avons employée jusqu'ici :

$$W_i = V_i \left[\frac{1}{1 - \frac{0.0007168}{\delta} \times \frac{E_i}{E}} \right] \quad (\text{relation IV})$$

On verra dans la suite (voir c) que la formule conduit à une légère inexactitude.

b) M. Leprince-Ringuet fait remarquer qu'en donnant dans la relation II à b une valeur constante, on obtient des isothermes beaucoup plus régulières que celles corrigées par la relation IV. Il attribue au facteur b la valeur empirique, très élevée, de 2.4. De cette façon, mes résultats expérimentaux lui donnent une courbe de « très grande régularité ». Ce qui plus est, la valeur limite de l'adsorption se trouve notablement accrue au point que le désaccord entre mes expériences et les mesures de débit grisouteux des couches se trouve éliminé.

Nous verrons dans la suite que l'attribution d'une valeur constante à b se justifie réellement et trouve une interprétation physique très concrète, mais nous croyons qu'aucune des deux considérations émises plus haut puisse justifier la valeur très élevée adoptée pour b . Le fait que la valeur de 2.4 conduit à une courbe très régulière ne constitue pas même une présomption. M. Leprince-Ringuet a d'ailleurs fort bien mis en évidence les petites irrégularités, inévitables.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, p. 195.

dont sont entachées chacune des courbes isolées (1). Il est évident qu'en donnant au terme correctif des valeurs de plus en plus grandes, ces erreurs expérimentales finissent par disparaître.

Quant au désaccord apparent entre les volumes maxima de l'adsorption et les mesures de débit grisouteux, les motifs en ont déjà été donnés antérieurement. Les isothermes d'adsorption indiquent le volume maximum de méthane qu'une houille donnée peut retenir. Les mesures de débit grisouteux donnent un volume de méthane souvent supérieur, ce dernier provenant non seulement du charbon extrait auquel la mesure a été rapportée, mais également du charbon qui se trouve en avant du front de taille, de même que des roches encaissantes et des veinettes contenues dans celles-ci. Il n'est donc point nécessaire de recourir, assez arbitrairement d'ailleurs, à une valeur exagérée du facteur b pour éliminer un désaccord plus apparent que réel entre mes résultats et les mesures du débit grisouteux.

c) En réalité, la constance du terme b pour un charbon donné trouve sa justification dans le fait que l'espace libre offert à la phase gazeuse se trouve diminué non seulement du volume propre des molécules adsorbées (relation IV), mais du volume total de la région d'adsorption. En effet, toute molécule pénétrant dans la région d'adsorption doit être considérée comme adsorbée. Le terme b est donc le volume de la région d'adsorption, constant pour un charbon donné.

Cherchons la valeur de b dans le cas du charbon IIbis. Nous adopterons une représentation graphique légèrement différente (fig. 37). En ordonnées, nous porterons le poids en grammes de méthane fixé apparemment par gramme de charbon sec et, en abscisses, nous mettrons les densités de la phase gazeuse.

(1) Je rappelle ici que la principale cause d'erreurs dans les expériences d'adsorption résulte des manomètres métalliques dont on est bien obligé de se servir. Les manomètres de précision que nous avons utilisés étaient étalonnés par nous à la balance hydrostatique. Les corrections à appliquer étant connues, nous disposions donc d'appareils parfaitement exacts. Toutefois, une cause d'erreurs (ou plutôt d'imprécision) qu'il est impossible d'éliminer est la suivante. A la balance hydrostatique les manomètres prennent automatiquement leur position exacte d'équilibre, par suite du mouvement pendulaire imprimé au tube ressort par la charge d'étalonnage. Ce mouvement faisant défaut lors d'une mesure faite avec un gaz, il peut en résulter une légère erreur qu'il est difficile d'éliminer complètement.

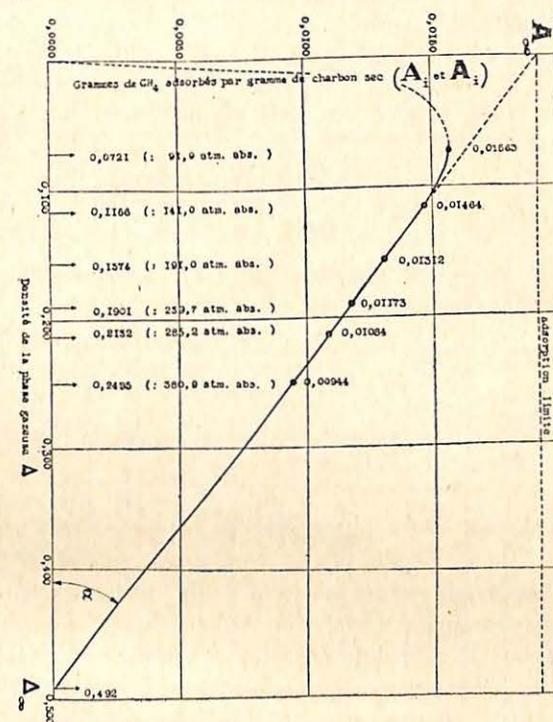


Fig. 37.

TABLEAU IV

Pression de la phase gazeuse en atmosphères absolues	Densité de la phase gazeuse	CH ₄ apparemment adsorbé par gramme de houille	
		cm ³	gr.
91,9	0,0721	21,81	0,01563
141,0	0,1166	20,45	0,01464
191,0	0,1574	18,51	0,01312
259,7	0,1901	16,57	0,01173
285,2	0,2132	15,12	0,01084
380,9	0,2495	13,18	0,00944

CHARBON II bis
Même origine que charbon II mais prélevé à un autre endroit de la couche.
Analyse immédiate sur charbon sec :
M. V. = 18,53%
Cendres = 1,99%

CHARBON III
Grande Veine d'Oupeye au siège Millimort des Charbonnages d'Abbooz et Bonne-Fort-Hareng.
Analyse immédiate sur charbon sec :
M. V. = 7,36%
Cendres = 3,45%

CHARBON II
Veine 4 Sud à 950 m. au siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.
Analyse immédiate sur charbon sec :
M. V. = 20,05%
Cendres = 1,91%

CHARBON I
Couche 31 des Charbonnages de Limbourg-Meuse.
Analyse immédiate sur charbon sec :
M. V. = 30,96%
Cendres = 10,28%

Phase gazeuse d'équilibre	CH ₄ apparemment fixé par gramme de charbon sec		CH ₄ réellement fixé par gramme de charbon sec								
	en cm ³	en cm ³	en cm ³	en cm ³							
Press. $\frac{E}{E'}$	en atm.	absolues	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
Δ (densité)	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
S (cm ² /gr)	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
A ∞ Δ	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
b (cm ³ /gr)	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
a) par applicat. de l'ancienne formule	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
b) par applicat. de la formule $\Delta i = a i + b \Delta$	en cm ³	réduits	en cm ³	en cm ³							
					en cm ³	en cm ³					
Isotherme I Echantillon à 1,42% d'eau	18,72	17,62	0,0126	12,44	0,00892	12,77	0,00915	12,77	0,00915	12,96	12,96
	37,21	36,42	0,0261	14,14	0,01014	14,93	0,01070	14,93	0,01070	15,21	15,21
	55,17	56,31	0,0404	15,27	0,01095	16,63	0,01192	16,63	0,01192	17,92	17,84
	72,14	75,98	0,0545	15,63	0,01120	17,58	0,01260	17,58	0,01260	18,84	18,74
	86,61	93,70	0,0672	15,54	0,01114	17,99	0,01290	17,99	0,01290	19,99	19,84
	101,62	112,41	0,0806	15,33	0,01099	18,33	0,01314	18,33	0,01314	21,33	21,24
	112,57	122,57	0,0807	17,39	0,01247	18,44	0,01322	18,44	0,01322	23,44	23,34
	93,87	98,87	0,0673	17,74	0,01272	18,50	0,01326	18,50	0,01326	24,50	24,40
	72,08	75,91	0,0544	17,88	0,01282	18,50	0,01326	18,50	0,01326	25,50	25,40
	54,97	56,08	0,0402	17,57	0,01259	18,14	0,01372	18,14	0,01372	26,14	26,04
37,19	36,40	0,0261	16,66	0,01194	17,60	0,01262	17,60	0,01262	26,60	26,50	
18,72	17,62	0,0126	14,82	0,01062	15,21	0,01090	15,21	0,01090	26,90	26,80	
Isotherme I Echantillon à 1,42% d'eau	175,62	202,89	0,1454	12,81	0,00918	18,18	0,01303	18,18	0,01303	30,18	30,08
	159,59	184,70	0,1324	13,30	0,00953	18,19	0,01304	18,19	0,01304	31,19	31,09
	144,55	166,47	0,1193	13,89	0,00996	18,33	0,01314	18,33	0,01314	32,33	32,23
	129,95	148,26	0,1063	14,50	0,01039	18,50	0,01326	18,50	0,01326	33,50	33,40
	115,78	130,35	0,0934	14,94	0,01071	18,44	0,01322	18,44	0,01322	34,44	34,34
	101,62	112,41	0,0806	15,33	0,01099	18,33	0,01314	18,33	0,01314	35,33	35,23
	86,61	93,70	0,0672	15,54	0,01114	17,99	0,01290	17,99	0,01290	36,29	36,19
	72,14	75,98	0,0545	15,63	0,01120	17,58	0,01260	17,58	0,01260	37,26	37,16
	55,17	56,31	0,0404	15,27	0,01095	16,63	0,01192	16,63	0,01192	38,23	38,13
	37,21	36,42	0,0261	14,14	0,01014	14,93	0,01070	14,93	0,01070	39,20	39,10
Isotherme I Echantillon à 2,85% d'eau	18,19	16,93	0,0121	19,83	0,01421	20,33	0,01457	20,33	0,01457	24,02	24,02
	32,33	31,33	0,0225	22,62	0,01621	23,76	0,01699	23,76	0,01699	26,02	26,02
	47,78	48,02	0,0344	23,86	0,01710	25,66	0,01839	25,66	0,01839	27,46	27,46
	62,86	65,18	0,0467	24,52	0,01758	27,10	0,01943	27,10	0,01943	28,54	28,54
	77,69	82,54	0,0592	24,83	0,01780	28,23	0,02024	28,23	0,02024	29,77	29,77
	105,08	116,10	0,0832	25,56	0,01760	29,57	0,02120	29,57	0,02120	30,77	30,77
	132,13	150,54	0,1079	23,47	0,01682	30,06	0,02155	30,06	0,02155	30,75	30,75
	150,64	185,25	0,1328	21,79	0,01662	29,84	0,02139	29,84	0,02139	30,75	30,75
	160,45	185,25	0,1328	22,34	0,01601	30,60	0,02193	30,60	0,02193	30,75	30,75
	192,18	220,42	0,1580	20,74	0,01487	30,55	0,02190	30,55	0,02190	30,79	30,79
Isotherme II Echantillon à 0,01% d'eau	18,40	17,14	0,0123	21,05	0,01509	21,59	0,01548	21,59	0,01548	25,15	25,15
	32,35	31,35	0,0225	23,71	0,01700	24,84	0,01781	24,84	0,01781	27,05	27,05
	47,69	47,93	0,0344	24,86	0,01782	26,13	0,01916	26,13	0,01916	28,17	28,17
	62,62	64,90	0,0465	25,21	0,01807	27,05	0,01966	27,05	0,01966	29,17	29,17
	77,63	82,47	0,0591	25,57	0,01833	29,06	0,02083	29,06	0,02083	30,17	30,17
	105,08	116,10	0,0832	25,15	0,01803	30,27	0,02170	30,27	0,02170	30,44	30,44
	132,21	150,64	0,1080	23,88	0,01712	30,60	0,02204	30,60	0,02204	30,75	30,75
	150,64	185,25	0,1328	22,34	0,01601	30,60	0,02193	30,60	0,02193	30,75	30,75
	160,45	185,25	0,1328	22,84	0,01601	30,60	0,02193	30,60	0,02193	30,75	30,75
	192,18	220,42	0,1580	20,74	0,01487	30,55	0,02190	30,55	0,02190	30,79	30,79
Isotherme III Echantillon à 1,56% d'eau	18,51	17,26	0,0124	19,86	0,01424	20,38	0,01461	20,38	0,01461	24,01	24,01
	32,66	31,66	0,0227	22,60	0,01620	23,69	0,01698	23,69	0,01698	26,01	26,01
	47,78	48,03	0,0344	23,83	0,01708	25,62	0,01836	25,62	0,01836	27,95	27,95
	62,88	65,21	0,0467	24,29	0,01741	26,84	0,01924	26,84	0,01924	29,18	29,18
	77,67	82,51	0,0591	24,65	0,01767	28,02	0,02029	28,02	0,02029	30,31	30,31
	105,03	116,04	0,0832	24,37	0,01747	29,33	0,02102	29,33	0,02102	30,52	30,52
	132,01	150,39	0,1078	23,22	0,01644	29,74	0,02132	29,74	0,02132	30,58	30,58
	150,64	185,25	0,1328	22,76	0,01650	29,81	0,02137	29,81	0,02137	30,58	30,58
	160,51	185,33	0,1328	20,22	0,01449	29,75	0,02133	29,75	0,02133	30,58	30,58
	191,77	219,96	0,1577	20,22	0,01449	29,75	0,02133	29,75	0,02133	30,97	30,97
Isotherme III Echantillon à 0,05% d'eau	17,27	16,04	0,0115	15,04	0,01078	15,40	0,01104	15,40	0,01104	19,63	19,63
	32,33	31,33	0,0225	18,95	0,01358	20,33	0,01457	20,33	0,01457	22,65	22,65
	46,54	46,59	0,0334	19,03	0,01436	22,69	0,01626	22,69	0,01626	24,96	24,96
	55,97	56,30	0,0376	19,51	0,01498	23,67	0,01697	23,67	0,01697	26,98	26,98
	75,97	80,30	0,0576	19,74	0,01415	23,69	0,01698	23,69	0,01698	28,91	28,91
	103,56	114,52	0,0821	19,03	0,01364	24,32	0,01743	24,32	0,01743	30,46	30,46
	130,78	149,10	0,1069	17,82	0,01277	24,37	0,01747	24,37	0,01747	31,53	31,53
	159,53	184,40	0,1322	16,45	0,01179	24,22	0,01736	24,22	0,01736	32,47	32,47
	191,86	220,33	0,1579	16,45	0,01179	24,22	0,01736	24,22	0,01736	32,47	32,47
	Isotherme III Echantillon à 0,25% d'eau	91,9	100,65	0,0721	21,81	0,01563	23,56	0,01832	23,56	0,01832	26,73
141,0		152,60	0,1166	20,43	0,01464	26,77	0,01919	26,77	0,01919	28,77	28,77
191,0		219,59	0,1574	18,31	0,01312	26,92	0,01930	26,92	0,01930	29,87	29,87
239,7		265,16	0,1901	16,37	0,01173	26,67	0,01912	26,67	0,01912	30,72	30,72
285,2		297,40	0,2132	15,12	0,01084	26,69	0,01913	26,69	0,01913	31,73	31,73
380,9		348,03	0,2495	13,18	0,00944	26,74	0,01917	26,74	0,01917	32,76	32,76

On remarquera de suite qu'avec ce nouveau mode de représentation, la relation II devient :

$$\mathbf{A}_1 = A_1 + b' \Delta \quad (\text{relation V})$$

\mathbf{A}_1 est le poids, en grammes, de CH_4 réellement fixé par gramme de charbon sec

$$\left(= \frac{W_1 \times 0,7168}{1.000 \times \text{poids charbon mis en œuvre}} \right);$$

A_1 est le poids, en grammes, de CH_4 apparemment fixé par gramme de charbon sec

$$\left(= \frac{V_1 \times 0,7168}{1.000 \times \text{poids charbon mis en œuvre}} \right);$$

b' est le volume, par gramme de charbon sec, de la région d'adsorption accessible au méthane (1);

Δ est la densité de la phase gazeuse $\left(= \frac{E_1 \times 0,7168}{E \times 1.000} \right)$.

α) Le diagramme montre qu'au delà du maximum apparent, les divers points se trouvent sur une droite qui coupe l'axe des abscisses au point $\Delta\infty$. A ce point, l'adsorption apparente est nulle et la densité de la phase gazeuse se confond avec la densité de la région d'adsorption. On remarquera sur le diagramme que cette densité est égale à 0,492, précisément celle que nous avons trouvée antérieurement pour le charbon IIbis (2).

β) Le prolongement de la partie linéaire de l'isotherme apparente coupe l'axe des coordonnées en un point $\mathbf{A}\infty$. Von Antropoff a démontré d'une façon indiscutable que ce point indique l'adsorption réelle maximum (3).

(1) b' est le volume total de la région d'adsorption dans le cas de charbon absolument sec. Dans le cas de charbon partiellement humide, b' ne représente que le volume de la région d'adsorption non occupé par les molécules d'eau.

(2) Voir *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, p. 195.

(3) Afin de ne pas allonger le texte, je renvoie pour la démonstration, assez longue, à la communication originale déjà citée de von Antropoff. Malheureusement la lecture de cette communication est rendue ardue par de très nombreuses erreurs d'impression.

En se rapportant au diagramme, on trouve :

$$\mathbf{A}\infty = 0,0192 \text{ gr. de } \text{CH}_4, \text{ soit } \frac{0,0192 \times 1.000}{0,7168} = 27,06 \text{ cm}^3$$

contre 26,8 cm³, limite que nous avons trouvée antérieurement par l'application de la relation IV.

γ) Connaissant $\mathbf{A}\infty$ et $\Delta\infty$, on peut calculer le volume b' de la région d'adsorption :

$$\text{volume} = \frac{\text{masse}}{\text{densité}}$$

$$b' = \frac{\mathbf{A}\infty}{\Delta\infty} = \frac{0,0192}{0,492} = 0,039 \text{ cm}^3/\text{gramme}$$

Faisons remarquer que le volume b' a pour valeur celle de la tangente de l'angle que fait la droite $\mathbf{A}\infty \Delta\infty$ avec l'axe des abscisses :

$$b' = \text{tg } \alpha$$

δ) Puisque la couche adsorbée est monomoléculaire, on obtiendra la surface d'adsorption S , par gramme de charbon, en divisant le volume b' par le diamètre de la molécule de CH_4 :

$$S = \frac{b'}{2,6 \times 10^{-8}} = \frac{\text{tg } \alpha}{2,6 \times 10^{-8}} = 15 \cdot 10^5 \text{ cm}^2/\text{gramme}$$

soit 15 Ha. au kilogramme de houille.

* * *

Cela étant, nous avons résumé dans le tableau V les résultats tels que nous les avons calculés antérieurement par l'application de la relation IV, et ceux auxquels conduisent les considérations que nous venons de développer.

Les colonnes 1, 2 et 3 donnent respectivement la pression de la phase gazeuse, la valeur de E_1/E et la densité de la phase gazeuse. Les colonnes 4 et 5 résument les résultats expérimentaux, non corrigés, en centimètres cubes et en grammes par gramme de charbon sec.

La colonne 6 donne les valeurs typiques de l'adsorption de chacun des charbons étudiés : $\mathbf{A}\infty$ (= adsorption réelle limite), $\Delta\infty$, b' et S . Ces valeurs ont été relevées sur un diagramme soigneusement

tracé. On remarquera que ces données manquent pour l'isotherme IV du charbon I et de l'isotherme I du charbon II; dans ces essais, la pression n'avait pas été poussée assez loin pour justifier une extrapolation linéaire.

En ce qui concerne les valeurs de Δ_{∞} , densité limite de la phase adsorbée, on remarquera que ces valeurs sont comprises entre 0,460 et 0,492. Quant au volume, b' , de la région d'adsorption, il varie de 0,05 cm³ (= 0,02924 cm³) à 0,05 cm³ (= 0,04556 cm³) au gramme; nous aurons l'occasion de revenir sur ce point.

La surface d'adsorption, S, comme il était prévu, est une fonction croissante du degré d'évolution des charbons expérimentés. Comme nous avons calculé la surface d'adsorption accessible au méthane, cette surface varie quelque peu pour chacun des échantillons suivant le degré d'humidité (1).

	Matières volatiles du charbon sec	Surface d'adsorption en Ha. au Kgr.
Charbon I . .	30,96 %	Echant. à 1,42 % d'eau 11,2 Ha.
Charbon II . .	20,05 %	Echant. à 0,27 % d'eau 15,9 Ha. Echant. à 0,05 % d'eau 14,0 Ha.
Charbon IIbis . .	18,55 %	Echant. à 0,25 % d'eau 15,0 Ha.
Charbon III . .	7,36 %	Echant. à 2,85 % d'eau 17,3 Ha. Echant. à 0,01 % d'eau 17,5 Ha. Echant. à 1,56 % d'eau 17,0 Ha.

Les colonnes 7 et 8 du tableau donnent respectivement en cm³ et en gramme par gramme de charbon, les valeurs de l'adsorption calculées par la relation IV. Les valeurs, plus exactes, obtenues par

(1) Pour le charbon III, il y a une petite irrégularité sur laquelle nous avons déjà attiré l'attention antérieurement. (*Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, p. 204.) « L'isotherme du charbon à 2,85 % d'eau se trouve au-dessus de celle relative à 1,56 %. En réalité, pour des teneurs croissantes en eau, l'influence de l'humidité cesse de se faire sentir une fois que le charbon est saturé d'eau. L'eau en excès ajoutée n'a alors plus d'autre effet que de mouiller le charbon. Les deux isothermes inférieurs du charbon III devraient se confondre et les écarts résultent en réalité d'erreurs d'observation inévitables. »

l'application de la relation V sont données dans les colonnes 9 et 10. On remarquera combien les écarts sont faibles. Ils sont dus non tant à la forme différente de la formule de correction utilisée (voir au charbon IIbis) qu'au fait qu'antérieurement, nous avons utilisé une valeur de δ constante (= 0,492), alors que, dans les présents calculs, chaque valeur de la densité limite varie quelque peu. C'est ainsi que les écarts sont maxima pour l'isotherme I du premier charbon : la valeur de δ employée antérieurement était de 0,492, alors que l'extrapolation graphique donne à Δ_{∞} la valeur de 0,460.

La conclusion de tout ceci est fort simple : le mode de correction que nous venons de développer conduit à des résultats plus précis parce qu'il tient mieux compte de la diminution de l'espace libre offert à la phase gazeuse : cet espace doit être amputé non seulement du volume propre des molécules de méthane adsorbées, mais de tout le volume de la région d'adsorption. Toutefois, les écarts avec les calculs antérieurs sont très faibles. Plus particulièrement, en ce qui concerne les valeurs limites de l'adsorption, ces valeurs se confondent pratiquement avec celles données antérieurement; de toute façon, à la température de 20°, l'état de saturation des houilles pour le méthane est atteint dès les 120 atmosphères.

§ 2. — Le volume des pores de la houille.

Une autre question soulevée par M. Leprince-Ringuet est de savoir si le volume occupé par le méthane adsorbé est réellement inférieur au volume des pores de la houille. S'il n'en était pas ainsi, les hypothèses que nous avons formulées seraient, en effet, assez ébranlées. C'est ce qui nous a décidé d'effectuer une série de déterminations du volume des pores de la houille.

Le volume des pores est égal à la différence du volume apparent de la houille et de son volume réel. En représentant par d_a et d_r respectivement les densités apparente et réelle, l'on aura :

$$\text{Volume des pores} = \frac{1}{d_a} - \frac{1}{d_r}$$

La densité réelle est déduite de la mesure de l'alcool déplacé par une masse donnée de charbon en poudre, passant le tamis de 5.200 mailles au cm². Parmi les nombreux liquides densimétriques que nous avons utilisés, l'alcool s'est révélé donner la plus forte densité; il provoque un fort gonflement de la masse du charbon, indice d'un écartement énergétique des micelles constitutives.

Quant à la densité apparente, elle a été déduite du volume de mercure déplacé par des gaillettes de charbon non crevassées de 300 à 400 grammes environ; le mercure ne pénètre nullement dans la masse du combustible, à tel point que les gaillettes utilisées gardent rigoureusement le même poids avant et après les déterminations.

On trouvera résumées dans le tableau VI les données des 16 déterminations qui nous avons ainsi faites.

TABLEAU VI

Indication d'origines du charbon	No du charbon	Analyse sur charbon sec		Densités		Volume des pores en cm ³ au kg.
		M. V. M. %	Cendr. %	réelle d _r	apparente d _a	
Charb. d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng	1	7,47	4,11	1,498	1,585	55,51
Couche 19° à 925 m., siège Nord du Rieu-du-Cœur des Produits et Nord du Rieu-du-Cœur	2	17,85	8,98	1,484	1,578	51,82
Couche Stenaye entre 320 et 270 m., siège Many des Charb. de Marihaye	3	18,81	3,05	1,575	1,282	52,75
Veine 4 Sud à 1.000 m., siège Grand-Trait des Charb. Belges :						
a) prélevé à la costresse.	4	19,19	1,75	1,558	1,220	83,50
b) prélevé à 10 m.	5	19,45	2,66	1,566	1,259	75,03
c) prélevé à 20 m.	6	18,89	2,55	1,560	1,254	62,14
d) prélevé à 30 m.	7	19,08	2,25	1,569	1,266	59,43
Couche St-Thomas à 600 m., siège n° 5 des Charb. d'Anderlues	8	20,46	1,97	1,570	1,236	79,15
Couche 75 des Charb. de Beeringen	9	21,70	18,85	1,504	1,411	43,83
Couche St-Lambert à 600 m., siège n° 3 des Charb. d'Anderlues	10	21,94	1,76	1,539	1,264	44,50

Indications d'origine du charbon	No du charbon	Analyse sur charbon sec		Densités		Volume des pores en cm ³ au kg.
		M. V. M. %	Cendr. %	réelle d _r	apparente d _a	
Couche St-Thomas à 700 m., siège n° 2 des Charb. d'Anderlues	11	22,01	5,55	1,575	1,251	71,05
Couche H - 0 ^m ,70, Charb. André Dumont	12	22,57	1,88	1,544	1,255	66,99
Couche St-Auguste à 600 m., siège n° 5 des Charb. d'Anderlues	13	25,90	2,07	1,552	1,254	46,68
Couche B - 1 ^m ,05, Charb. André Dumont	14	28,19	1,94	1,528	1,220	66,66
Couche Cavalier des Charb. de Beeringen	15	51,89	1,24	1,552	1,190	100,70
Couche Brèze (vallée) à 246 m., siège n° 5 des Charb. de Hornu et Wasmes	16	52,65	2,65	1,540	1,256	62,78

On remarquera que, même en tenant compte de la partie minérale, il n'y a aucune relation simple entre les volumes des pores d'un charbon donné et son degré d'évolution indiqué par les teneurs en matières volatiles. Se plaçant au point de vue physico-chimique, on pourrait s'attendre à une certaine variation du volume des pores en fonction du degré d'évolution des houilles, mais il est évident que cette relation doit être brouillée complètement par les compressions différentes exercées sur la masse du combustible par les terrains encaissants.

A ce sujet, les échantillons 4, 5, 6 et 7 sont très significatifs : les teneurs en matières volatiles sont pratiquement les mêmes. Quant aux volumes des pores, ils décroissent régulièrement au fur et à mesure qu'augmente la distance à la costresse, et ici ce ne sont certainement pas les teneurs en cendres, légèrement différentes, qui peuvent être la cause de la gradation régulièrement descendante. La cause semble plutôt devoir être recherchée dans un état de compres-

sion de la veine croissant avec la distance à la costresse. Si cette manière de voir est exacte, la compression d'une veine à des endroits différents pourrait être suivie à l'aide de la mesure des densités réelles et apparentes (1).

Quant à la compression du volume des pores des diverses houilles avec les volumes maxima de méthane adsorbé, elle ne fait apparaître aucune contradiction.

Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous les ordres de grandeur maxima de l'adsorption pour divers charbons à teneur en matières volatiles décroissantes. En regard de ces chiffres, on trouvera l'ordre de grandeur du volume de la région d'adsorption telle qu'elle est renseignée au tableau V. Dans la dernière colonne, nous donnons, d'après le tableau VI, les diverses valeurs du volume des pores pour des échantillons dont les teneurs en matières volatiles ne s'écartent pas de ± 1 % de celles indiquées à la colonne 2.

TABLEAU VII

N° du charbon soumis aux essais d'adsorption	M. V. % sur charbon sec	Ordre de grandeur maximum de l'adsorption en litres par kg. de houille	Ordre de grandeur du volume occupé par le méthane à l'état adsorbé dans 1 k. de houille (cf. tableau V)	Volumes des pores de 1 kg. de houille
I	50,96	19	29	cm ³ 100,70
II	20,05	24	36	83,30 - 75,03
IIbis	18,53	27	39	59,43 - 79,13 51,82 - 52,75 83,30 - 75,03
III	7,36	30	44	62,14 - 59,43 55,51

On voit que le volume disponible dépasse largement le volume requis dans chaque cas pour la région d'adsorption.

Faisons remarquer pour finir que les volumes que nous avons déterminés pour les pores doivent s'écarter quelque peu des volumes

(1) Ceci suppose évidemment que la détente partielle de la masse après extraction soit faible par rapport aux différences recherchées.

réels en veine. En effet, l'état de compression des couches dans les terrains encaissants entraîne nécessairement un rapprochement des micelles constitutives. De ce fait, le volume des pores tend à diminuer en veine. Par contre, si le charbon est fortement chargé de gaz, la pression de la phase gazeuse réagit en sens inverse en dilatant l'ensemble de la masse et en comprimant quelque peu chaque micelle individuelle (1). Ce facteur tend ainsi vers l'accroissement du volume des pores. Les volumes que nous avons déterminés pour les pores ne peuvent donc être considérés que comme un ordre de grandeur.

Conclusion.

Nous pouvons donc conclure que les calculs et les déterminations complémentaires auxquels nous nous sommes livrés confirment nos vues antérieures.

Toutes nos expériences s'interprètent très facilement en admettant que le gisement du grisou consiste en une simple adsorption de ses constituants à la surface du substratum micellaire des houilles. Certes, comme le dit M. Leprince-Ringuet, nos résultats ne sont pas exclusifs de l'hypothèse de la dissolution. Il ne saurait en être autrement, vu

(1) Cette compression des micelles, ainsi que me l'ont fait remarquer MM. Audibert et Cheradame, peut avoir causé une légère erreur dans nos expériences. En effet, en remplaçant par un cylindre en métal de même volume le charbon ayant servi aux essais, comme il y a une différence de compressibilité entre le métal et le charbon, les résultats expérimentaux se trouvent affectés d'une erreur dont il n'a pas été tenu compte. Cette erreur toutefois ne peut être appréciable.

Le coefficient de compressibilité $\left(-\frac{1}{v} \frac{\Delta v}{\Delta p} \right)$ du laiton est un peu

inférieur à 10^{-6} . Celui des houilles est en réalité inconnu et il n'y a pas de corps quelque peu apparenté à la houille pour lequel le coefficient de compressibilité ait été déterminé.

De toute façon, en attribuant à priori au coefficient de compressibilité de la houille une valeur double de celle du laiton, on arrive, pour un volume de 60 cm³, à une erreur de l'ordre de 0,012 cm³

$$\Delta v_{\text{houille}} - \Delta v_{\text{laiton}} = 0,024 \text{ cm}^3 - 0,012 \text{ cm}^3 = 0,012 \text{ cm}^3.$$

Ceci constitue une erreur relative de $0,012/60 = 0,0002$ absolument négligeable.

la similitude qualitative des deux phénomènes. Nous avons insisté nous-même à plusieurs reprises sur ce point (1).

Toutefois, les phénomènes de dissolution des gaz dans les solides, véritable pénétration des molécules du gaz entre les molécules du solide, sont inconnus aux températures ordinaires. On a donc quelque peine à admettre que la houille seule puisse jouir du privilège de dissoudre non seulement le méthane, mais tous les gaz (2).

D'autre part, la structure colloïdale des combustibles fossiles suggère déjà *a priori* l'hypothèse de l'adsorption. Les houilles sont, en effet, formées d'innombrables agrégats moléculaires, les micelles, laissant entre eux d'assez larges vides qui créent dans la masse du combustible une infinité de pores submicroscopiques accessibles aux molécules gazeuses. Les houilles développent ainsi une énorme surface qui est le siège de condensation des termes constitutifs du grisou.

Cette macro-dissolution ou adsorption fournit l'interprétation et permet la coordination aisée de nos travaux. C'est ainsi que nous avons pu pressentir la loi expérimentale des variations du pouvoir de fixation des divers types de houille. Ces variations sont fonction de la grandeur de la surface active et du caractère non saturé de

(1) *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, pp. 142-143.

« Si l'on se place à l'échelle des dimensions moléculaires, il n'y a pas de différence qualitative : les deux phénomènes résultent de la mise en œuvre des mêmes forces de cohésion et la dissolution n'est qu'un cas limite d'adsorption.

Dans l'adsorption, les forces de cohésion s'exercent entre les molécules du gaz et celles du corps agrégé qui sont à la surface immédiate de contact avec le gaz.

Dans la dissolution, les mêmes forces de cohésion entre les molécules du gaz et celles du corps agrégé doivent être assez grandes pour faire échec aux cohésions des molécules du corps agrégé pour leurs semblables, ce qui permet aux molécules du gaz de s'insérer entre les molécules du corps agrégé, et de se répandre parmi elles à la faveur de la diffusion.

Dans la dissolution, la surface virtuelle de contact est la surface totale de toutes les molécules du corps agrégé.

Dans l'adsorption, la surface virtuelle de contact est beaucoup plus petite. Pour rendre compte d'une fixation importante du gaz, il faut donc admettre l'existence d'une surface interne énorme de pores accessible par diffusion gazeuse à travers ces pores. »

(2) Nos expériences ont montré en effet que tous les gaz indistinctement sont absorbés dans une certaine mesure par les houilles.

cette dernière (1). On peut de même expliquer la similitude profonde des combustibles fossiles et des adsorbants types, similitude qui se manifeste dans les déplacements d'équilibre sous l'influence des variations de température ou de composition de la phase gazeuse. Dans l'étude du facteur pression, nous avons pu interpréter l'allure paradoxale des isothermes : celles-ci ont pu être redressées en tenant compte du volume de la région d'adsorption. Nous avons montré que ce volume est inférieur au volume total des pores.

P. S. — Il m'est agréable de reproduire ici l'intervention de M. Crussard à la IV^e Conférence Internationale des Directeurs des Stations Minières d'essais, Pâturages, septembre 1937 :

Je pense avec M. Coppens que la constitution colloïdale des houilles est un des facteurs essentiels de leur capacité à fixer et retenir le méthane.

Je rappelle, dans cet ordre de faits, les travaux d'Adge et Hubertus, publiés dans les « Braunkohlenarchiv ».

D'après ces travaux, les flambants seraient constitués par des micelles assez volumineuses, mais laissant entre elles peu d'intervalles libres.

L'évolution d'un flambant vers un gras aurait surtout pour effet la rétraction individuelle de chaque micelle, sans modification importante du volume, d'où augmentation des vides intermicellaires.

Au contraire, le passage progressif des gras aux maigres s'accompagnerait d'une diminution de ces vides entre micelles. Cette manière de voir éclaire bien les variations de densité, de dureté et de comportement en présence des peptiseurs comme la pyridine.

S'il en est bien ainsi, la quantité de gaz (ou plus généralement de fluide) que peut retenir un fragment de houille met en jeu simultanément plusieurs mécanismes :

- 1) Une pénétration à l'intérieur des micelles : ce qu'on pourrait appeler l'absorption intramicellaire;*
- 2) Une fixation à la surface des micelles : ce serait l'adsorption micellaire;*
- 3) Une occupation des vides entre micelles : ce serait l'absorption intermicellaire.*

(1) *Annales des Mines de Belgique*, Tome 38, 1937, pp. 184-185.

Quand on passe des flambants aux gras, on assisterait donc à une diminution de l'adsorption micellaire, à une augmentation de l'absorption intermicellaire et probablement à une diminution de l'absorption intramicellaire.

Mais qu'arrive-t-il quand on passe des gras aux maigres? Ici, la surface active ne change pas sensiblement d'importance et le fait principal visible est la diminution du vide entre micelles. Et cependant, au total, comme M. Coppens l'a montré, la quantité de gaz retenu augmente.

Ce fait me paraît gros de conséquence. On n'échappe donc pas à l'idée d'une modification chimique de la surface, par perte de fonctions terminales, soit par décarboxylation, soit par anhydri-sation, soit par cétonisation.

C'est, sous une forme rajeunie, l'ancienne idée de Marcusson, idée qui doit être profondément justifiée.

Une autre remarque me paraît devoir être faite. Si l'on se reporte au graphique de la communication de M. Coppens, on voit un petit nombre de points aberrants (durain, cannel-coal) qui prolongent l'arc de courbe des basses volatilités. On peut dire qu'aux teneurs assez faibles en matières volatiles, en fait jusque 20-25 %, les points représentatifs des houilles sont sur un tronçon commun, tandis qu'au delà de ces teneurs, il y a une bifurcation d'une part vers les houilles et lignites ordinaires, d'autre part vers les durains et les cannels.

Dans bien des propriétés des houilles, on retrouve cette bifurcation, notamment dans l'agglutination, l'action vis-à-vis des oxydants, etc.

C'est pourquoi, malgré le très petit nombre d'observations de M. Coppens dans ce sens, il paraît intéressant de signaler le fait.

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1937

ANNEXE III

**Recherches sur l'inflammation du grisou
par le filament
des lampes électriques à poste fixe**

Note de M. J. FRIPIAT,
Ingénieur principal des Mines, Attaché à l'Institut.

Ces recherches ont été entreprises dans le but de vérifier l'efficacité des dispositifs de sécurité imaginés par certains constructeurs et ayant pour objet de supprimer l'alimentation d'une lampe électrique à incandescence dans le cas d'avarie au globe de protection.

Pour situer immédiatement la question, rappelons d'abord les prescriptions relatives à l'éclairage électrique à poste fixe. Elles font l'objet des articles 213, 214 et 215 de l'Instruction ministérielle du 30 septembre 1919 réglant l'emploi de l'électricité dans les dépendances souterraines des mines, articles ainsi libellés :

Article 213. — Les lampes à incandescence à ampoules hermétiques sont seules admises. Elles doivent être enfermées, y compris leurs douilles, dans des globes de verre épais, à joints également hermétiques; ces globes doivent être protégés par un treillis métallique.

Article 214. — La tension maximum entre conducteurs de phases ou de polarités différentes est fixée à 110 volts. Cette limitation n'est pas applicable aux lampes raccordées à des installations d'électromoteurs à courant continu ne dépassant pas 500 volts.

Article 215. — Dans les travaux de sonçage des puits, la tension peut être fixée à 250 volts dans les circuits d'alimentation des lampes suspendues isolées ou réunies en groupes ou bouquets.

Ces lampes ou groupes de lampes doivent être enfermées dans des lanternes solides à joints hermétiques, protégées contre les chocs par des barres ou toute autre garniture métallique. Les joints d'attache des conducteurs électriques doivent se trouver à l'intérieur de ces lanternes et être soustraits à tout effort de traction.

En résumé, le règlement exige l'herméticité des assemblages et la protection du globe contre les chocs extérieurs.

Ajoutons que, conformément à l'article 248 de la même instruction, les appareils destinés aux endroits où un afflux de grisou est à craindre doivent en plus être antidéflagrants, c'est-à-dire conçus de telle manière qu'une explosion interne d'un mélange grisouteux ne puisse se propager à l'atmosphère ambiante.

La réalisation d'une armature de protection pour lampe électrique à incandescence qui soit en conformité avec les prescriptions de la Police des Mines n'est pas chose insurmontable. Actuellement, neuf armatures répondant à toutes les conditions réglementaires ont fait l'objet d'un arrêté d'agrément sur proposition de l'Institut National des Mines.

Néanmoins, le globe de protection reste toujours un point faible de l'armature à cause de sa résistance insuffisante vis-à-vis des chocs mécaniques extérieurs, et l'on conçoit aisément que, dans bien des cas, la rupture du globe sera accompagnée de celle de l'ampoule, d'où mise à nu du filament incandescent au sein même d'une atmosphère qui peut être inflammable.

C'est pour parer au risque d'inflammation résultant de la rupture simultanée du globe et de l'ampoule que certains constructeurs ont imaginé des dispositifs ayant pour office de couper le courant d'allumage dès que le globe subit une avarie grave.

Fonctionnement d'un dispositif de sécurité.

Rappelons d'abord qu'une lampe à incandescence est constituée par un filament — généralement de tungstène — disposé dans une ampoule hermétique en verre mince. Celle-ci peut être à atmosphère raréfiée réalisant un vide très poussé ou bien renfermer un gaz inerte tel que l'azote ou l'argon.

Supposons donc qu'une ampoule vienne à être brisée au sein d'une atmosphère inflammable. Il y aura ou non inflammation sui-

vant la température du filament au moment où il sera atteint par le mélange.

Ajoutons qu'il y aura cependant un décalage entre la rupture de l'ampoule et l'inflammation du mélange grisouteux. En effet, ou bien l'ampoule est vide, alors l'afflux violent du mélange sur le filament tend à le refroidir et l'inflammation ne se produit qu'après une durée de contact suffisante pour compenser l'effet de refroidissement; ou bien l'ampoule renferme un gaz inerte qui retarde l'arrivée du grisou sur le filament.

Par conséquent, si on interrompt le courant d'alimentation un temps suffisamment court après le bris de l'ampoule, il pourra ne pas y avoir inflammation.

Nous ferons remarquer dès maintenant que l'inflammation du mélange grisouteux peut encore se produire après la suppression du courant d'alimentation, car le filament ne se refroidit pas instantanément. (Ce refroidissement sera d'autant plus rapide que le diamètre du filament est plus petit.)

Les expérimentateurs du Safety in Mines Research Board ont même constaté qu'avec certaines ampoules de lampes portatives, il y avait encore inflammation alors même que la suppression du courant se faisait un temps très court avant le bris de l'ampoule.

Dans ce cas, il est difficile d'imaginer un dispositif de sécurité réellement efficace, puisque l'interruption du courant est réglée par la destruction du globe de protection et lui est donc postérieure.

Il nous a donc paru intéressant de mesurer expérimentalement le décalage maximum à prévoir entre la rupture d'une ampoule et la suppression du courant d'alimentation pour qu'il n'y ait pas inflammation de l'atmosphère ambiante.

Ces recherches, exécutées à la demande des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, ont porté uniquement sur des ampoules alimentées sous des tensions de 110 ou 150 volts.

Mais avant d'aborder cet exposé, nous résumerons d'abord succinctement les résultats expérimentaux obtenus par MM. Alsopp et Thomas, du Safety in Mines Research Board, dans une recherche identique à la nôtre, mais visant les lampes électriques portatives.

Expériences du Safety in Mines Research Board.

Ces expériences ont fait l'objet du bulletin n° 80 du S.M.R.B. paru en 1935.

Il s'agissait de vérifier l'efficacité de certains dispositifs imaginés en vue de couper le courant d'alimentation d'une lampe portative dès que le verre de protection et l'ampoule sont brisés.

Les expérimentateurs anglais mesurèrent d'abord ce qu'ils appellent le délai minimum, c'est-à-dire les décalages les plus faibles entre le bris de l'ampoule et l'interruption du courant pour lesquels il y a inflammation du grisou.

Les résultats de leurs recherches sont indiqués dans le tableau I.

TABLEAU I

Type d'ampoule	Tension en volts	Courant en ampères	Délai minimum en seconde
A vide	2	1,00	+ 0,03
id.	4	0,75	+ 0,02
A remplissage gazeux .	4	0,75	+ 0,07
id.	4	1,00	+ 0,09
id.	6	0,75	+ 0,12
id.	6	1,00	+ 0,08
id.	12	3,00	— 0,12

Les résultats marqués d'un signe + ont été obtenus au cours d'expériences pour lesquelles le courant a été interrompu après la rupture de l'ampoule. Le signe — correspond au cas où l'interruption du courant précède le bris de l'ampoule.

On voit que les ampoules à remplissage gazeux à 4 et 6 volts sont les plus sûres, parce qu'elles conduisent aux délais positifs les plus longs. Pour ces lampes, les dispositifs automatiques d'interruption du courant présentent le maximum d'efficacité.

Pour les ampoules à 12 volts et 3 ampères, pour qu'il n'y ait pas inflammation du grisou, le courant devrait être coupé 0,12 seconde au moins avant la rupture de l'ampoule.

Les expérimentateurs anglais recherchèrent ensuite dans quelles conditions de température un filament de tungstène de 0,1 mm. de diamètre enflamme un mélange d'air et de méthane.

Voici les conclusions essentielles de leurs recherches :

Lorsque la température est de 1.100°, l'inflammation se produit après une minute ou même plus, par suite de la fusion du filament, mais le simple contact du fil chaud avec le mélange n'entraîne pas l'explosion.

Lorsque la température atteint 1.200°, l'inflammation se produit même s'il n'y a pas fusion du filament.

Pour cette température, le temps qui s'écoule entre la mise en contact du filament avec le mélange et l'inflammation est de 2 secondes environ.

Les expérimentateurs anglais établirent alors, à l'aide d'un dispositif expérimental qu'il serait trop long de décrire, la courbe de refroidissement du filament de lampes de différents types et calculèrent, pour chacun d'eux, le temps après lequel il revient à la température de 1.200°, ce temps étant compté à partir de l'interruption du courant d'allumage.

L'inflammation du grisou sera d'autant plus difficile que cette période de refroidissement est plus courte.

Dans le tableau II, nous avons transcrit les résultats les plus intéressants.

TABLEAU II

Caractéristiques de l'ampoule			Température normale du filament en degrés centigrades	Période de refroidisse- ment jusqu'à 1200° C en seconde
Type	Tension en volts	Intensité en ampère		
A vide	2	1,00	1.960	0,16
id.	4	0,75	1.950	0,28
A rempliss. gazeux .	4	0,75	2.160	0,13
id.	4	1,00	2.250	0,17
id.	6	0,75	2.150	0,14
id.	6	1,00	2.250	0,22
id.	6	3,00	2.250	0,48
id.	6	4,80	2.250	0,92
id.	6	6,90	2.300	1,20
id.	12,1	3,00	2.550	0,65
id.	12,1	6,90	2.250	1,66
id.	110	0,53	2.150	0,16
id.	110	0,54	2.150	0,13
id.	110	0,25	1.870	0,15

On voit que la période de refroidissement d'un filament est d'autant plus grande que l'intensité du courant est plus élevée.

Bien qu'ils n'aient pas mesuré le délai minimum des lampes à 110 volts, les expérimentateurs ont recherché leurs courbes de refroidissement.

On voit que leur période de refroidissement est plus courte que celle de lampes à basse tension, alors que l'énergie consommée par les premières (volts \times ampères) est plus élevée.

Passons maintenant aux recherches effectuées à l'Institut National des Mines.

Dispositif expérimental utilisé à l'Institut National des Mines.

Le dispositif expérimental utilisé à l'Institut National des Mines était composé des appareils suivants :

- 1) Un pendule commandant trois interrupteurs ayant pour office de fermer, suivant un décalage bien défini dans le temps, les circuits de 3 électro-aimants alimentés par du courant continu à 110 volts;
- 2) Un appareil brisant l'ampoule au sein d'une atmosphère grise inflammable;
- 3) Un oscillographe électromagnétique à 3 boucles enregistrant les diverses phases de l'expérience.

Le pendule (voir fig. 38) est constitué par une barre métallique A portant à son extrémité inférieure un balourd B métallique également et pesant 6 kgs. La tige est calée par son extrémité supérieure sur un axe horizontal tournant dans des coussinets que supporte une charpente légère en cornières.

Sur cet axe sont calées, par vis de pression, 3 buselures C creusées latéralement d'une échancrure et servant d'arrêt à 3 autres buselures D identiques, mais non solidaires de l'axe.

Sur chaque buselure D est fixée une tige métallique E portant une lame de bronze F isolée et repliée en équerre double.

Avant l'expérience, le pendule est maintenu à une certaine distance de sa position d'équilibre par un électro-aimant G excité par du courant continu à 110 volts.

Lorsqu'on ouvre le circuit de cet électro, le pendule se met en mouvement et permet aux trois lames de bronze de s'enfoncer successivement chacune dans deux godets H contenant du mercure et de fermer ainsi les circuits de 3 électros.

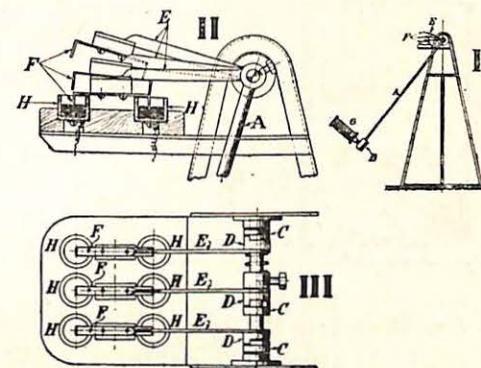


Fig. 38. — Dispositions du pendule.

I : vue schématique en élévation; II et III : vue agrandie en élévation et en plan des trois contacts successifs.

Lorsque le pendule revient à sa position de départ, un aide referme le circuit d'excitation de l'électro et applique contre le noyau le balourd du pendule qui est immobilisé à nouveau.

Le pendule, au cours de son oscillation complète, ferme donc successivement et passagèrement :

- 1°) un électro qui soulève le volet cachant la source lumineuse de l'oscillographe;
- 2°) un électro qui actionne le dispositif brisant le verre de l'ampoule;
- 3°) un électro qui interrompt le circuit du filament de l'ampoule.

Le premier électro fonctionne toujours au même point de la course du pendule. Les deux autres, au contraire, peuvent fonctionner avec écart de temps réglable par le décalage plus ou moins grand des deux interrupteurs du pendule.

Le dispositif provoquant le bris de l'ampoule a été réalisé en deux variantes. La première est représentée à la figure 39.

L'ampoule A est vissée dans un socket fixé sur la paroi intérieure de la caisse métallique B d'une capacité de 12 litres (hauteur : 300 mm.; longueur et largeur : 200 mm.).

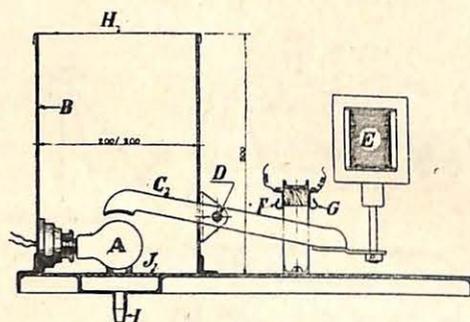


Fig. 39. — Dispositif brisant l'ampoule.

Le levier C en fer plat de 15×24 mm., mobile autour d'un axe horizontal D, est attaché par son extrémité droite au noyau mobile d'un électro E.

Le circuit de cet électro passe par un des interrupteurs commandés par le pendule.

Lorsque l'électro est excité, son noyau est attiré vers le haut et actionne le levier dont l'extrémité gauche vient frapper l'ampoule et la brise.

Continuant sa course, le levier entre ensuite en contact avec les 2 lames élastiques F et G et ferme un circuit auxiliaire passant par l'une des boucles de l'oscillographe et alimenté par un petit accumulateur.

Les lames sont disposées de telle sorte que la fermeture du circuit auxiliaire se produit lorsque l'extrémité gauche du levier s'est déplacée de 10 mm. après avoir frappé l'ampoule. A ce moment, le verre est certainement brisé.

La caisse est fermée vers le haut par une feuille de papier H et reçoit le grisou par la tubulure I et le fond perforé J.

La seconde variante fait l'objet de la figure 40.

L'ampoule A est frappée par la barre cylindrique B tombant en chute libre et guidée par la buselure C.

Avant l'expérience, la barre est maintenue à l'extrémité supérieure de sa course par une lame d'acier D attachée au noyau mobile de l'électro E.

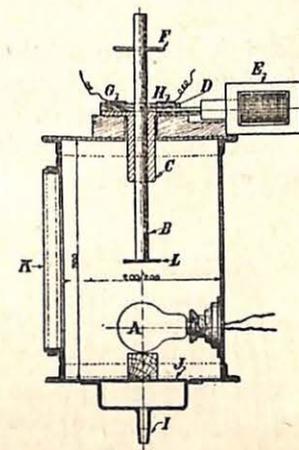


Fig. 40. — Autre dispositif de rupture de l'ampoule.

Le circuit enregistrant la rupture de l'ampoule est fermé par la tige d'arrêt F venant s'appuyer sur les 2 lames G et H. Cette fermeture se produit, comme dans la première variante, lorsque la tige est tombée de 10 mm. environ après avoir touché le verre de l'ampoule.

Le grisou arrive par la tubulure I et le fond perforé J. La caisse est fermée vers l'avant par une feuille de papier K.

Au cours de nos essais, nous avons été amenés à placer un disque horizontal L au bas de la tige, lequel eut pour effet de pulvériser entièrement ou à peu près le verre de l'ampoule.

Enfin, nous avons aussi augmenté l'énergie du choc en surchargeant la barre cylindrique d'un balourd.

Pour enregistrer le bris de l'ampoule, nous avons adopté le même procédé. En réalité, cet enregistrement se fait avec un certain retard, correspondant au temps qui s'écoule entre le moment où l'organe de rupture touche le verre et celui où il atteint la fin de sa course.

Nous avons étalonné ce retard à l'aide de l'oscillographe et pour chaque type de lampe; il varie de 10 à 30 millisecondes.

Cet étalonnage nous a permis de corriger en conséquence les résultats expérimentaux indiqués au paragraphe suivant.

Le relais qui commande l'alimentation de l'ampoule, et dont l'excitation est réglée également par le pendule, est représenté à la figure 41.

Il consiste en un électro A analogue à celui qui commande la rupture de l'ampoule. Le noyau mobile B supporte un blochet de bois C sur lequel sont fixées deux lames en bronze D et E auxquelles sont connectés deux conducteurs souples et isolés faisant partie du circuit d'alimentation de l'ampoule.

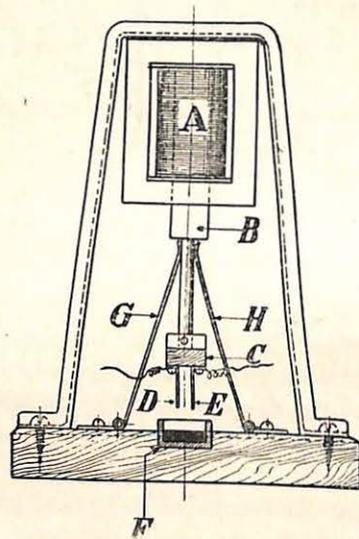


Fig. 41. — Relais commandant l'alimentation de l'ampoule.

Normalement, les 2 lames plongent dans un godet F renfermant du mercure.

Lorsque l'enroulement est excité, les 2 lames sortent du godet et le courant est interrompu.

Pour éviter que, par suite des oscillations du pendule, l'électro ne soit à nouveau désexcité et ne renvoie du courant dans le filament, la descente du noyau est enrayée par deux taquets G et H à charnières qui se rabattent l'un vers l'autre par leur propre poids dès que le noyau a atteint l'extrémité supérieure de sa course.

L'oscillographe servant à enregistrer les phases de l'expérience, ne présente aucune particularité.

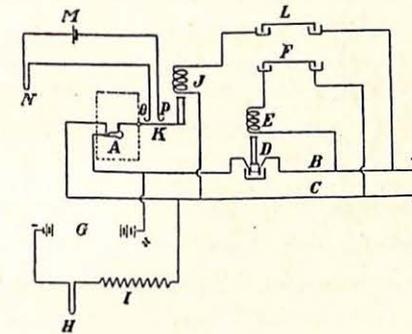


Fig. 42. — Connexions des divers circuits.

Les appareils que nous venons de décrire sont connectés entre eux d'après le schéma figure 42, dans lequel on reconnaîtra les circuits suivants :

Circuit d'alimentation de l'ampoule.

L'ampoule A reçoit le courant continu par les 2 conducteurs B et C. Le conducteur B est coupé par l'interrupteur D actionné par l'électro E.

La fermeture du circuit d'excitation de cet électro est réglée par l'interrupteur F solidaire du pendule.

Circuit d'enregistrement du courant passant dans le filament.

Ce circuit est connecté en dérivation au circuit d'alimentation de l'ampoule; il comporte une batterie G d'accumulateurs de 20 volts, la boucle H de l'oscillographe et une résistance I limitant le courant.

On remarquera que la batterie est mise en opposition par rapport à la source de courant continu.

La boucle de l'oscillographe enregistre donc un courant de charge de la batterie lorsque l'ampoule est alimentée et un courant de décharge (donc de sens opposé) lorsque le courant d'alimentation est interrompu, à condition cependant que le filament ne soit pas coupé, sinon la boucle revient à sa position d'équilibre correspondant à un courant nul.

Ce circuit enregistre donc à la fois l'interruption du courant d'allumage et éventuellement la rupture du filament.

Circuit commandant la rupture de l'ampoule.

Ce circuit, dérivé également sur le circuit d'alimentation de l'ampoule, comporte l'électro J qui attire le levier K frappant l'ampoule et l'interrupteur L solidaire du pendule.

Circuit d'enregistrement de la rupture de l'ampoule.

Ce circuit comprend un petit accumulateur M, la boucle N de l'oscillographe et deux lames élastiques O et P que vient toucher le levier K après rupture de l'ampoule.

Circuit d'enregistrement du temps.

Celui-ci n'est pas représenté au schéma; il est réalisé par la troisième boucle de l'oscillographe, laquelle est connectée au réseau alternatif à 50 périodes et fournit une échelle du temps, l'intervalle entre deux sommets consécutifs de la sinusoïde correspondant à une durée de 20 millisecondes.

Pour chaque expérience, nous avons relevé un oscillogramme. Nous avons constaté, en effet, que même avec un décalage constant des interrupteurs solidaires du pendule, on n'observait pas toujours le même intervalle de temps entre la rupture du verre et l'interruption du courant d'allumage.

Vraisemblablement, cet intervalle est affecté par le degré de résistance du verre.

La figure 43 ci-dessous reproduit un de nos oscillogrammes.

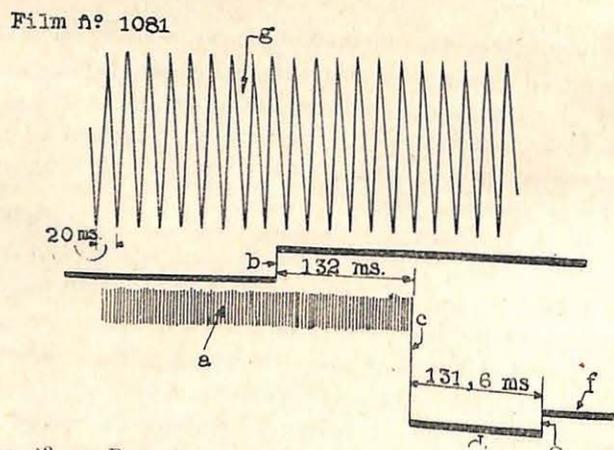


Fig. 43. — Reproduction d'un enregistrement à l'oscillographe.

La ligne sinueuse *a* représente le courant passant par le filament (les sinuosités correspondent au passage des lames du collecteur sous les balais de la dynamo fournissant le courant).

La ligne *b* correspond à la fermeture du circuit d'enregistrement de la rupture du verre (cette fermeture est faite par le levier même qui frappe l'ampoule).

La ligne verticale *c* correspond à l'interruption du courant d'allumage de l'ampoule.

La ligne horizontale *d* représente le courant de décharge de la batterie par le filament encore indemne de l'ampoule.

La ligne verticale *e* correspond à la cessation de ce courant de décharge, soit à la rupture du filament.

La ligne *f* correspond à la position d'équilibre de la boucle inférieure de l'oscillographe.

Enfin, la ligne sinueuse *g* représente la tension du réseau à courant alternatif. La distance entre deux pointes consécutives correspond à une durée de 20 millisecondes.

L'interruption du courant d'allumage est survenue 132 millisecondes après la rupture du verre et la rupture du filament 131,6 millisecondes plus tard.

Dans certaines expériences, nous avons enregistré en outre l'inflammation du grisou.

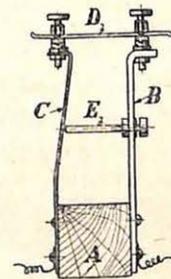


Fig. 44. — Interrupteur enregistrant l'inflammation de grisou.

A cette fin, nous avons introduit dans le circuit d'enregistrement de la sinusoïde un interrupteur très simple, représenté à la figure 44.

Sur un bloc de bois *A* sont fixées deux lames *B* et *C*, la première étant rigide et la seconde élastique.

Un fil de coton nitré D, fixé aux deux lames par des pinces, amène la lame élastique au contact d'une tige E fixée à la lame rigide.

L'appareil se place dans la caisse métallique où se fait la rupture de l'ampoule et les deux lames sont rattachées par deux conducteurs au circuit de la boucle de l'oscillographe enregistrant la sinusoïde du réseau.

Lorsqu'une inflammation se produit, le fil de coton nitré brûle vivement et libère la lame élastique. Le circuit est coupé et l'inscription de la sinusoïde sur le film est interrompue.

Résultats d'expériences.

Nos essais ont porté uniquement sur des ampoules de la firme Philips, et tout spécialement sur des types convenant particulièrement pour l'éclairage des tailles et consommant, sous la tension de 110 volts, les uns 15 watts, les autres 25 watts.

A titre de comparaison, nous avons fait aussi quelques essais sur des ampoules à 130 volts de consommation plus élevée (34 et 52 watts).

La source d'alimentation a toujours été une dynamo à courant continu.

Pour chaque série d'expériences, nous indiquons les caractéristiques de l'organe produisant la rupture du verre.

Il convient de noter d'une façon tout à fait générale que l'interruption du courant passant dans le filament a toujours été faite postérieurement à la rupture de l'ampoule.

Quelques essais préliminaires non mentionnés ci-après avaient montré, en effet, dès le début de nos recherches, qu'il n'était pas nécessaire de couper le courant avant la rupture de l'ampoule pour éviter l'inflammation.

Pour la simplification du langage, nous désignerons par « décalage » le temps écoulé entre le bris de l'ampoule et la coupure du courant d'alimentation.

Rappelons que, pour chaque expérience, ce décalage a été enregistré à l'oscillographe.

Ampoule type Arga, 110 volts, 25 watts.

Filament spiralé; longueur : 215 mm.; diamètre : 24 microns.

Remplissage gazeux : argon.

Organe de rupture : levier fer plat de 24 mm. d'épaisseur actionné par électro.

N° de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats + inflammation O pas d'inflammat.
1	8,50	250	+
2	9,50	181	+
3	10,00	166	+
4	9,50	158	O
5	10,00	155	O
6	9,75	155	O
7	9,50	148	O
8	9,50	140	+
9	9,50	135	O
10	9,50	134	O
11	10,00	111	O
12	9,50	95	O
13	9,00	85	O
14	9,00	77	O
15	8,75	43	O

Pour aucun de ces essais, le filament n'a été coupé.

Le décalage minimum ayant donné l'inflammation est de 140 millisecondes. Pour des décalages supérieurs, il n'y a pas toujours eu inflammation. Cette anomalie est due au fait que le bris de l'ampoule n'a pas toujours été suffisant. C'est pour cette raison que nous avons modifié le dispositif de rupture, en substituant au levier actionné par électro une barre cylindrique plus ou moins alourdie tombant en chute libre.

Lorsqu'une partie du verre de l'ampoule reste en place, l'afflux de grisou sur le filament est plus ou moins gêné et l'inflammation ne se produit pas d'une façon régulière, surtout quand le décalage est voisin de ceux qui ne donnent pas à coup sûr l'inflammation.

Cette influence du verre resté en place cesse évidemment pour les décalages importants.

Type Arga, 110 volts, 15 watts, spécial.

Filament spiralé.

Remplissage gazeux : argon, à pression dépassant, à chaud, 1 atmosphère.

Organe de rupture : barre cylindrique avec disque tombant en chute libre, poids de 650 grs.

No de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats : inflammation pas d'inflammation + O	Observations
16	8,50	159	+	Verre complètement détruit. Filament non coupé.
17	8,00	155	O	Fragment de verre resté en place. Filam. non coupé.
18	8,50	142	+	Verre complètement détruit. Filament coupé.
19	7,50	134	O	Idem.
20	8,75	107	O	Verre complètement détruit. Filament non coupé.
21	8,00	104	+	Idem.
22	8,25	67	+	Idem.
23	8,00	38	O	Idem.
24	8,25	35	O	Fragment de verre resté en place. Filament coupé.
25	7,75	25	O	Verre complètement détruit. Filament non coupé.

Ces résultats sont irréguliers, tout comme ceux obtenus avec les lampes Arga 25 watts. Ces derniers semblent démontrer, en effet, que le décalage peut atteindre 135 millisecondes sans qu'il y ait inflammation.

Avec les lampes Arga 15 watts, moins dangereuses cependant parce que moins puissantes, un décalage de 67 millisecondes occasionne encore l'explosion du mélange grisouteux.

Cette opposition entre les constatations expérimentales et ce qu'on pourrait logiquement prévoir est due à ce que le dispositif de rupture a été changé.

Incontestablement, l'énergie du choc joue un rôle important et, en l'augmentant, on accentue la pulvérisation du verre et on accélère la séparation des fragments.

Or, à ce point de vue, les deux dispositifs de rupture utilisés sont fort différents.

A l'aide de l'oscillographe, nous avons mesuré la vitesse moyenne de l'organe de choc à partir du moment où il entre en contact avec le verre.

Pour la barre tombant en chute libre, cette vitesse est le triple environ de celle du levier et la masse est plus grande.

Pour les essais 16, 18, 20 et 21, nous avons enregistré le moment auquel se produit l'inflammation du grisou et avons trouvé respectivement 195, 198, 187 et 181 millisecondes, temps comptés à partir de l'interruption du courant passant dans le filament.

Ces inflammations se sont donc produites pendant la période de refroidissement du filament.

Les essais que nous venons de commenter montrent qu'avec les lampes type Arga, il est difficile de réaliser un dispositif de sûreté vraiment efficace, c'est-à-dire capable d'interrompre en temps opportun l'alimentation de l'ampoule.

Type Arlita, 110 volts, 15 watts.

Filament spiralé; ampoule à vide, type normal.

Organe de rupture : barre cylindrique avec disque tombant en chute libre, poids de 650 grs.

No de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats : + inflammation O pas d'inflammation
26	8,00	148	O
27	8,50	138	O
28	8,00	137	+
29	8,00	134	O
30	8,00	133	O
31	7,75	130	O
32	9,00	130	O
33	8,50	126	O
34	8,75	125	O
35	8,25	122	O

Pour chaque essai, le filament a été coupé et le verre complètement pulvérisé.

Aucune inflammation n'a été enregistrée tant que le décalage n'a pas dépassé 134 millisecondes. Les essais 26 et 27 ont même dépassé ce décalage sans donner lieu à inflammation.

Type Arlita, 110 volts, 25 watts.

Filament spiralé; ampoule à vide, type normal.

No de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats : + inflammation O pas d'inflammation
Organe de rupture : levier fer plat de 24 mm. d'épaisseur actionné par électro.			
36	8,25	145	+
37	8,00	134	+
38	8,00	117	O
Organe de rupture : barre cylindrique avec disque tombant en chute libre, poids de 650 grs.			
39	9,00	132	+
40	8,25	131	O
41	8,25	130	+
42	8,25	128	+
43	9,00	121	O
44	9,00	117	+
45	8,75	99	O
46	9,00	96	O
47	8,25	91	O
48	8,25	91	O
Organe de rupture : barre cylindrique avec disque tombant en chute libre, poids total de 1.350 grs.			
49	9,00	108	O
50	9,00	101	+
51	9,00	101	O
52	8,00	98	O
53	8,75	85	O
54	8,25	82	O

Pour chaque essai, le filament a été coupé et le verre entièrement pulvérisé.

Le décalage le plus faible ayant donné l'inflammation est de 101 millisecondes.

Si on compare les résultats obtenus avec les deux types Arlita 15 watts et 25 watts et pour un même dispositif de rupture (barre cylindrique de 650 grs), les lampes à 15 watts paraissent les moins dangereuses.

Le décalage minimum ayant donné l'inflammation est de 137 millisecondes pour les lampes de 15 watts et de 117 millisecondes pour les lampes de 25 watts, ce qui est tout à fait rationnel, puisque les lampes 25 watts sont pourvues d'un filament plus gros, donc de refroidissement plus lent.

Enfin, les lampes Arlita, surtout le type 15 watts, se prêtent mieux que les lampes Arga à la réalisation d'une armature de sûreté.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, nous avons, à titre de comparaison, procédé à quelques essais avec les lampes Super Arlita 130 volts à 34 et 52 watts.

Super Arlita, 130 volts, 34 watts.

Filament doublement spiralé.

Remplissage gazeux : argon, type normal.

No de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats : + inflammation O pas d'inflammation	Observations
Organe de rupture : barre cylindrique tombant en chute libre, poids de 460 grs.				
55	10,50	252	+	La moitié du verre est restée intacte.
56	10,25	200	O	Idem.
57	10,00	198	+	Idem.
58	9,25	151	O	Verre complètement pulvérisé.
59	10,00	150	O	Verre brisé uniquement à l'endroit touché par la barre.
60	10,00	147	O	Un quart seulement de la surface du verre est détruite.
61	9,25	135	+	Verre complètement pulvérisé.
62	10,00	96	O	Verre brisé uniquement à l'endroit touché par la barre.

Organe de rupture : barre cylindrique avec disque tombant en chute libre, poids de 650 grs.

63	8,25	143	+	Verre complètement détruit.
64	7,75	133	O	Idem.
65	8,25	108	O	Idem.

L'inflammation de l'essai 61 s'est produite 105 millisecondes après l'interruption du courant passant dans le filament.

Pour l'essai 60 seulement, le filament a été coupé et cela 132 millisecondes après l'interruption du courant, ce qui s'expliquerait par une oxydation se produisant pendant la période de refroidissement du filament.

Super Arlita, 130 volts, 52 watts.

Filament doublement spiralé.

Remplissage gazeux : argon, type normal.

No de l'essai	Teneur en méthane en %	Décalage en millisecondes	Résultats : + inflammation O pas d'inflammation	Observations
66	9,50	220	+	Verre complètement détruit.
67	9,25	185	+	Idem.
68	9,50	179	+	La moitié du verre est détruite.
69	10,25	175	O	Verre brisé uniquement à l'endroit touché par la barre.
70	9,50	163	O	Un quart seulement du verre est détruit.
71	10,00	160	O	Idem.
Organe de rupture : tige métallique avec disque tombant en chute libre, poids de 650 grs.				
72	8,75	120	+	Verre complètement détruit.
73	8,50	78	O	Idem.

Les inflammations des essais 66 et 67 se sont produites respectivement 10,6 millisecondes et 127 millisecondes après l'interruption du courant. A chaque essai, le filament est resté intact.

Si on ne retient que les essais pour lesquels il y a eu pulvérisation entière du verre (organe de rupture : barre cylindrique avec disque, 650 grs), on constate que les lampes Super-Arlita ne sont pas plus ou guère plus dangereuses que les lampes Arlita.

Conclusions générales.

Les conclusions à tirer des recherches que nous venons d'exposer sont les suivantes :

1°) Au point de vue purement expérimental, on constate combien les résultats peuvent différer d'après le dispositif d'essai mis en œuvre.

A priori, on pourrait croire qu'une rupture d'ampoule constitue un fait bien défini. Il a suffi cependant de modifier, avec un même type d'ampoules, l'énergie du choc pour avoir des résultats tout différents.

Remarquons encore que le filament peut rester intact alors que l'ampoule a été complètement brisée et même qu'il y a eu explosion du grisou.

2°) Au point de vue de l'effet du filament sur une atmosphère grisouteuse inflammable, on constate que des lampes de même wattage peuvent se comporter différemment.

Il est vrai que bien des facteurs autres que l'énergie consommée entrent ici en jeu; tels sont, en ordre principal, le diamètre et la température du filament, la pression du gaz enfermé dans l'ampoule au moment de la rupture.

3°) Au point de vue de la réalisation d'une armature de sûreté, c'est-à-dire pourvue d'un dispositif interrompant automatiquement le courant dans le cas d'une avarie au globe, on retiendra que l'efficacité d'un tel dispositif dépend du type de lampe adopté.

Les lampes types Arlita et Super-Arlita conviendraient beaucoup mieux que les lampes Arga. Il conviendra d'examiner encore quelques autres types de lampes.

En comparant nos résultats à ceux figurant au bulletin n° 80 du Safety in Mines Research Board (voir tableau reproduit page 164).

on arrive à cette conclusion assez inattendue qu'il est théoriquement plus facile de réaliser une armature de sûreté pour des lampes à 110 et 130 volts que pour celles à 2 et 4 volts.

Les secondes exigent, en effet, que le décalage entre la rupture de l'ampoule et l'interruption du courant soit inférieur à une valeur variant de 0,02 à 0,09 seconde d'après le type, donc considérablement réduite par rapport au décalage de sécurité trouvé pour les lampes Arlita et Super-Arlita.

En pratique, la supériorité des lampes à 110 et 130 volts ne sera peut-être pas aussi marquée, car dans une armature à poste fixe, le dispositif automatique doit être nécessairement robuste et posséder une inertie relativement élevée si on le compare à ce qu'on peut faire dans une lampe portative.

Nous pensons cependant, mais la chose reste à vérifier, qu'on peut réaliser des dispositifs de sûreté pour armatures fonctionnant dans un délai maximum de 0,1 seconde (1).

(1) Pendant l'impression de cette note, nous avons eu l'occasion de procéder aux premiers essais d'un dispositif présenté par un constructeur belge : il semble bien que le décalage maximum entre la rupture du globe et l'interruption du courant ne dépassera pas trente millisecondes.