

Institut National des Mines  
PATURAGES

## Conférence restreinte des Directeurs des Stations d'essais

Varsovie — Octobre 1961

### RESUMES DES COMMUNICATIONS

E. DEMELENNE

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines

par

H. CALLUT

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines

(suite)

### 3. LES POUSSIÈRES DE CHARBON

#### SOMMAIRE

31. METHODES DE PREVENTION ET DE LOCALISATION DES COUPS DE POUSSIÈRES
311. *Méthodes de prévention et de localisation.*
3111. Nouveaux moyens de prévention et de localisation des explosions de poussières de charbon, par B.D. Bekurbaev (U.R.S.S.).
3112. Recherches sur l'efficacité de l'arrosage en tant que méthode de localisation d'une inflammation de poussières de charbon, par W. Cybulski (Pologne).
3113. Arrêts-barrages en sacs de polyvinyle, remplis de poussière stérile, par MM. Nakano et Ishihama (Japon).
3114. Nouvelles études sur le pouvoir liant des pâtes de sels hygroscopiques, par H. Meerbach (R.F.A.).
312. *Moyens de contrôle de l'état des galeries.*
3121. Instruments de contrôle du danger d'explosion de poussières dans une mine de charbon, par M. Sklarenko (U.R.S.S.).
32. RECHERCHES FONDAMENTALES SUR LES COUPS DE POUSSIÈRES
321. *Explosibilité des poussières.*
3211. Le risque d'explosion des folles poussières déposées dans les galeries, par D.W. Mitchell, J. Nagy, E.M. Kamenski, E.M. Murphy et R.W. Stahl (U.S.A.).
3212. Explosibilité de la poussière de charbon de différents types, par W.B. Cybulski (Pologne).
3213. Essais sur la limite inférieure d'explosibilité des poussières de charbon, par W. Ishihama (Japon).

322. *Allure des coups de poussières.*
3221. Relation entre flamme et onde de choc dans les explosions de poussières de charbon, par G. Artingstall (G.B.).
3222. Effet de la poussière inerte sur la vitesse de flamme dans une explosion de poussières de charbon, par H.S. Eisner et S.K. Shaw (G.B.).
3223. Etude du développement des coups de poussières en galeries non rectilignes, par K. Klinger et H. Meerbach (R.F.A.).
323. *Installation de mesures.*
3231. Equipement scientifique d'une galerie expérimentale, par M. Krzystolik (Pologne).

### 31. METHODES DE PREVENTION ET DE LOCALISATION DES COUPS DE POUSSIERES

Comme méthodes de lutte contre les coups de poussières de charbon, on peut distinguer :

- l'enlèvement des poussières ;
- l'arrosage ;
- la schistification ;
- les arrêts-barrages ordinaires ;
- les arrêts-barrages en sacs de stériles ;
- les zones dépoussiérées par fixation de la poussière.

Les 3 premières pourraient être considérées comme des moyens préventifs, les autres comme des procédés de nature à arrêter un coup de poussières déjà déclenché et à minimiser ainsi ses effets.

Quatre communications ont pour sujet certaines de ces méthodes.

Une cinquième communication traite des moyens de contrôle de l'état des galeries.

#### 311. Méthodes de prévention et de localisation.

**Communication n° 57. — Nouveaux moyens de prévention et de localisation des explosions de poussières de charbon, par B. D. BEKURBAEV (U.R.S.S.)**

En collaboration avec les exploitants, l'Institut de Recherches Scientifiques pour la Sécurité du Travail dans l'Industrie Minière de Makeev a élaboré entre autres deux procédés originaux de lutte contre les explosions de poussières. L'un concerne le nettoyage des galeries et le second, la commande du renversement d'un arrêt-barrage.

#### *Nettoyage mécanique des poussières dans les galeries.*

Cette installation se compose de deux parties : la première qui se déplace dans le sens du courant d'air en mettant la poussière en suspension et la seconde qui capte cette poussière.

Le premier engin monté sur plate-forme comprend un ventilateur centrifuge soufflant 0,7 à 1,3 m<sup>3</sup>/s d'air sous une pression de 320 à 520 mm d'eau, dans l'axe d'un rotor muni de deux pales creuses formant tuyères.

Ces tuyères ont à leur extrémité un orifice rectangulaire de 1 dm<sup>2</sup> ; l'air en sort à une vitesse de 40 à 80 m/s.

En tournant dans un plan transversal à la galerie, les pales balayent les parois de leur souffle et en éliminent complètement la poussière.

Cette poussière est transportée par le courant d'air de ventilation de 1,50 à 3 m/s jusqu'aux organes de captage situés à 500-1.000 m en aval.

L'installation de captage comprend une pompe à eau de 20 m<sup>3</sup>/h avec filtre-presse, des pulvérisateurs, quelques berlines et des tabliers légers fixés aux parois et ramenant l'eau de ruissellement des pulvérisateurs dans les berlines. Les berlines sont réunies entre elles et contiennent la réserve d'eau.

Cette installation permet le nettoyage de 250 m à 300 m de galerie par heure. Le captage arrête 90 à 96 % des poussières. Un assainissement total est obtenu en une ou deux opérations.

#### *Arrêt-barrage à renversement commandé.*

L'arrêt-barrage préconisé est renversé non par le souffle de l'explosion, mais par un mécanisme à ressort déclenché au moyen d'une cellule photoélectrique placée à 6-7 m du front. Celle-ci est sensible uniquement aux infra-rouges, c'est-à-dire à la flamme vive d'un coup de grisou ou de poussières et non à la lumière des lampes.

Le signal de la cellule photoélectrique, amplifié suffisamment, fait partir un détonateur. La cellule photoélectrique et le détonateur se trouvent chacun dans une enveloppe antigrisouteuse. L'explosion du détonateur coupe à l'une de ses extrémités un câble qui relie entre elles les différentes planches chargées de poussières et qui, rappelé par un ressort à son autre extrémité, culbute les planches.

Ce type d'arrêt-barrage représenté à la figure 1 a été essayé en galeries métalliques et en boueaux souterrains ; dans les deux cas, son efficacité a été reconnue pour des explosions faibles et violentes.

Cet arrêt-barrage peut être installé à 15-30 m du front et sa longueur est limitée à 6 m - 6,50 m, c'est-à-dire à 6 planches transversales, puisque l'inflammation éventuelle est combattue à son origine. Il

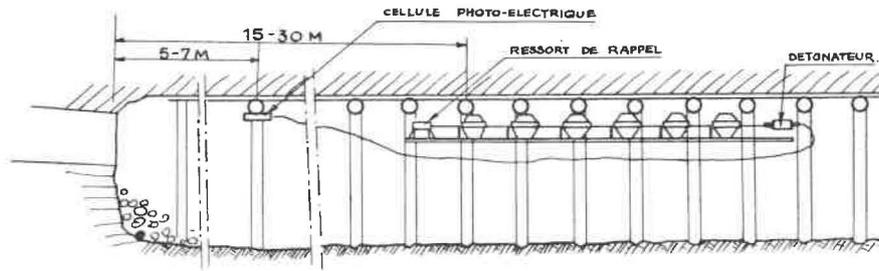


Fig. 1.

permet d'isoler des galeries en cul-de-sac relativement courtes. Il vient en complément des arrêts-barrages habituels.

L'auteur cite ces deux méthodes comme un grand progrès effectué dans la sécurité du travail dans les mines.

Lors de la discussion, un délégué russe préconise une solution plus simple : l'utilisation de sacs en plastique renfermant de l'éthyle bromé au lieu de planches chargées de poussières. Des vapeurs à 5,7 % dans l'air suffisent pour éteindre les flammes. La cellule photoélectrique donne, sous la première flamme du coup de grisou ou de poussières, une impulsion qui amplifiée met à feu un détonateur lequel crève la membrane de fermeture d'une bonbonne de  $\text{CO}_2$ . Celui-ci se dégage dans le sac de bromure d'éthyle et le mélange de vapeur et de  $\text{CO}_2$  se répand dans l'atmosphère et éteint les flammes.

**Communication n° 44. — Recherches sur l'efficacité de l'arrosage en tant que méthode de localisation d'une inflammation de poussières de charbon, par W CYBULSKI (Pologne).**

L'auteur a effectué une série de 244 essais pour déterminer l'efficacité de l'eau comme moyen d'enrayer une explosion de poussières de charbon.

Quelques essais furent réalisés dans une galerie expérimentale de 100 m de longueur, mais la plupart eurent lieu dans un bouveau souterrain de 200 m de longueur et 5 m<sup>2</sup> de section.

L'auteur a opéré avec de la poussière d'un charbon à 41 % de matières volatiles, de deux granulométries différentes. L'une appelée poussière fine passe, à raison de 85 %, le tamis à mailles de 75 microns, et l'autre appelée moyenne ne passe le même tamis que dans la proportion de 25 %.

Cette poussière est simplement répandue sur le sol. Elle est mise en suspension et allumée éventuellement par une explosion initiatrice forte ou faible. La première consiste en une inflammation de poussières de charbon fines, pures et sèches répandues sur 30 m à partir du front du bouveau ou du fond de la galerie ; la seconde, en une inflammation de 50 m<sup>3</sup> d'un air grisouteux à 8-9,5 % de méthane.

Dans les deux cas, l'inflammation est provoquée par le tir de 750 g de poudre noire en mortier d'acier sans bourrage.

Dans une première série d'essais, la poussière de charbon était simplement arrosée d'eau et, dans une seconde série, elle était préalablement mélangée à l'eau jusqu'à homogénéisation. Dans les deux cas, on a effectué des épreuves de comparaison sur des mélanges secs de poussières de charbon et de filler calcaire.

Ces essais ont prouvé que l'efficacité de l'eau dépend de plusieurs facteurs comme la finesse de la poussière de charbon, la puissance de l'explosion initiatrice, la quantité de poussière inerte mélangée à la poussière de charbon, le mode d'utilisation de l'eau (arrosage ou mélange), etc.

Des résultats obtenus découlent les conclusions résumées au tableau I. Les nombres y indiqués représentent l'équivalence de 1 % d'eau en % de filler calcaire dans un mélange poussière de charbon, poussière inerte, eau.

TABLEAU I.

Dans un mélange de poussière de charbon, de filler calcaire et d'eau, 1 % d'eau correspond à x % de filler calcaire.

	Initiation de l'explosion			
	forte		faible	
	Arrosage x % =	Mélange x % =	Arrosage x % =	Mélange x % =
Poussière fine	1,25	1,89	1,40	1,89
Poussière moyenne	1,50	1,89	1,30	1,89

Quand l'eau est mélangée à la poussière, l'équivalence reste la même quel que soit le type de poussières ou le mode d'initiation.

Quand l'eau est appliquée par arrosage, il faut, en cas d'initiation forte, 13 à 14 % plus d'eau pour arrêter une inflammation de poussière fine que pour obtenir le même résultat en poussière moyenne.

*Remarque.* — Il est bon de rappeler ici que, dans un travail antérieur, (communication à la 10<sup>e</sup> Con-

férence Internationale des Directeurs de Stations d'Essais, à Pittsburg - U.S.A.), le même auteur a signalé que la poussière de charbon imprégnée d'eau, jusqu'à 40 % pour des poussières fines et jusqu'à 30 % pour des poussières moyennes, peut donner lieu à des explosions lorsque la source d'inflammation est puissante, telle que la flamme d'un coup de grisou par exemple.

De la discussion qui s'engage au sujet de la neutralisation par arrosage, il résulte que le procédé est beaucoup employé à front avant tir, mais est rarement généralisé à toutes les galeries. On reconnaît que le travail de M. Cybulski est intéressant, précisément parce qu'il permet d'apprécier si l'arrosage est suffisant ou non.

Le délégué de l'Inde signale que, dans son pays, l'eau est utilisée à grande échelle pour lutter contre les poussières au double point de vue des explosions et de la silicose. On l'emploie en tailles, et à leurs abords, avant et après tirs, aux points de chargement, le long des transporteurs, dans les galeries principales. On utilise des doubles rideaux d'eau, particulièrement dans la galerie de retour d'air des tailles. Très peu de poussières passent à travers ces rideaux.

**Communication n° 48. — Arrêts-barrages en sacs de polyvinyle remplis de poussière stérile, par MM. NAKANO et ISHIHAMA (Japon).**

Les arrêts-barrages restent jusqu'à présent le meilleur moyen de limiter l'extension d'un coup de grisou ou de poussières. Toutefois, la poussière inerte disposée sur les planches des arrêts-barrages n'est efficace que si elle est sèche. L'humidité lui enlève en effet sa capacité de dispersion.

Pour éviter toute humidification, les auteurs enferment la poussière dans des sacs en P.V.C. Ceux-ci présentent une forme cylindrique; ils ont une longueur de 1 m et un diamètre de 16 cm. Ils sont suspendus transversalement au toit de la galerie à protéger. Leur paroi est mince (0,1 à 0,2 mm) pour se déchirer facilement.

Les essais rapportés ont eu pour but de déterminer la distance entre les sacs, le système de suspension et le dispositif d'ouverture, les plus efficaces pour arrêter la flamme d'une explosion. Ils ont été effectués dans une galerie métallique de 1,20 m de diamètre et de 7,50 m de longueur, et dans une galerie au rocher de 20 m de longueur, inclinée à 12°. L'arrêt-barrage en sacs devait arrêter une explosion, soit de grisou, soit de grisou et de poussières.

Les meilleurs résultats furent obtenus quand les sacs étaient suspendus fermement au toit, au-dessus d'une planche également suspendue au toit et à laquelle étaient fixées deux ficelles traversant le sac dans le sens de sa longueur (fig. 2).

Sous l'action du souffle précédant la flamme d'une explosion, il y a un déplacement relatif du

sac et de la planche et déchirure du sac par les ficelles de liaison, et la poussière se disperse dans la section de la galerie.

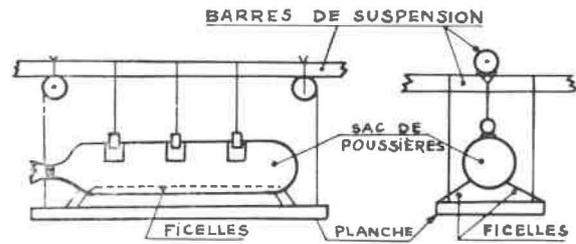


Fig. 2.

De la discussion relative à cet exposé, il ressort qu'un procédé analogue a été essayé il y a 30 ans en Allemagne.

Les poussières stériles étaient disposées dans des sacs en papier. Les résultats ont été négatifs parce que la dispersion ne se fait pas en rideau comme dans le cas du renversement des planches d'un arrêt-barrage ordinaire. Plusieurs installations d'arrêts-barrages en sacs ont été également réalisées en Amérique; des constatations faites en service, il semble que cette méthode ne peut donner toute garantie. L'humidité peut notamment rentrer dans un sac sans qu'on s'en aperçoive.

Il faut aussi noter qu'un arrêt-barrage ne doit pas être établi trop près du front, sinon il n'a pas le temps d'intervenir.

De l'avis de certains expérimentateurs, les essais rapportés ne sont pas probants parce qu'ils ont été effectués dans des galeries beaucoup trop courtes.

**Communication n° 19. — Nouvelles études sur le pouvoir liant des pâtes de sels hygroscopiques, par H. MEERBACH (Rép. Féd. Allemande).**

L'étude porte sur le pouvoir agglutinant vis-à-vis de la poussière de charbon, des pâtes au chlorure de magnésium, au chlorure de calcium et à la colle de poisson. Elle a été conduite en laboratoire, la pâte à étudier garnissant le fond d'un cristalliseur de 9 cm de diamètre, lui-même placé dans un récipient étanche. Cette pâte est régulièrement saupoudrée de poussière de charbon et, avant chacune de ces opérations, on détermine la quantité de poussière fixée depuis l'opération précédente.

La méthode dynamique en tunnel à vent se rapproche évidemment beaucoup plus de la réalité, mais la méthode statique adoptée ici présente de nombreux avantages. Elle est rapide, précise et permet de changer facilement les conditions d'essais.

Il y a lieu de signaler en premier lieu que la colle de poisson ne convient pas comme pâte agglutinante. Il est en effet difficile de l'appliquer sur une paroi verticale en une couche d'épaisseur supérieure à 1 mm.

L'auteur a d'abord comparé le pouvoir agglutinant des deux sels, dans des atmosphères à deux degrés hygrométriques différents, soit 60 % et 90 %.

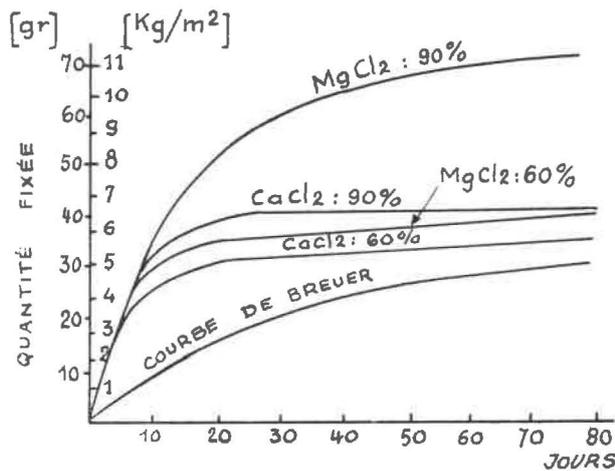


Fig. 3.

La figure 3 représente les résultats obtenus. En abscisses, on a porté la durée en jours et, en ordonnées, la quantité de poussières en grammes retenue par l'échantillon essayé (surface libre de 64 cm<sup>2</sup>) et la quantité de poussières qui serait retenue par une surface de 1 m<sup>2</sup> de pâte.

Ce diagramme montre que, pour un même degré hygrométrique, le chlorure de magnésium est plus efficace que le chlorure de calcium. De plus, le pouvoir agglutinant est plus grand lorsque le degré hygrométrique de l'atmosphère est plus élevé.

La courbe inférieure reportée sur ce même diagramme représente, d'après les mesures de Breuer, la quantité de poussière qui tombe en un endroit fixe de la galerie de retour d'air d'un chantier poussiéreux.

Elle indique que le pouvoir agglutinant des deux sels reste supérieur à cette quantité, même après 80 jours.

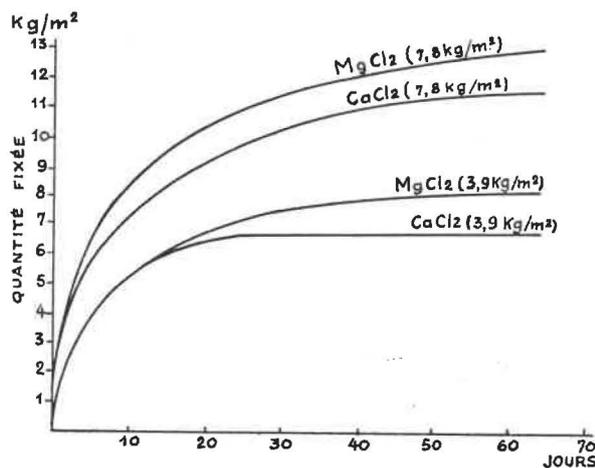


Fig. 4.

L'auteur montre également que l'addition à la pâte de 1 % d'un agent mouillant approprié, augmente son pouvoir agglutinant d'environ 100 %. Tous les agents mouillants ne peuvent cependant être utilisés car il est prouvé que certains d'entre eux n'ont aucune influence.

Une série d'essais visant à déterminer l'influence de l'épaisseur de la couche de pâte a conduit au diagramme de la figure 4. On y voit que le pouvoir agglutinant n'augmente pas proportionnellement à l'épaisseur de la couche.

Il est à noter que ces derniers essais ont été effectués avec une pâte à laquelle avait été ajouté un agent mouillant.

Au cours de cette recherche, l'auteur a constaté également que la poussière de roche mélangée à la poussière de charbon se comporte comme cette dernière.

Aux questions posées lors de la discussion, l'auteur signale que, dans les endroits très humides, les pâtes ne restent pas collées aux parois. Il donne les précisions pratiques suivantes.

En Allemagne, 130 km de galeries sont traités au moyen de ces pâtes. L'épaisseur de la couche la plus favorable est de 3 à 5 mm ; il y a ainsi par m<sup>2</sup> environ 5 kg de pâte qui peuvent fixer 5 à 8 kg de poussière.

### 312. Moyens de contrôle de l'état des galeries.

Communication n° 59. — Instruments de contrôle du danger d'explosion de poussières dans une mine de charbon, par M. SKLARENKO (U.R.S.S.)

L'auteur décrit 2 appareils en usage dans les charbonnages d'U.R.S.S. L'un permet de déterminer la concentration de poussières en suspension dans l'air et l'autre, de mesurer l'épaisseur de la couche de poussière de charbon déposée sur le sol ou les parois.

Appareils F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub> pour la détermination de la concentration de la poussière de charbon dans l'atmosphère.

Ces deux appareils sont portatifs.

En principe, ils mesurent l'affaiblissement que subit l'intensité lumineuse d'un faisceau traversant l'air empoussiéré. Cet affaiblissement est évidemment fonction de la quantité de poussière en suspension.

La mesure est réalisée électriquement au moyen d'un semi-conducteur sensible présentant un effet photo-résistant, intercalé dans un pont de Wheatstone. Le pont est équilibré dans l'air pur. Il est déséquilibré dans l'air poussiéreux, et le déséquilibre est indiqué par un appareil de mesure directement gradué en mg ou g/m<sup>3</sup>.

Le type F<sub>1</sub> est équipé d'une cellule photo-sensible au sulfure de cadmium et convient pour la mesure des fortes concentrations. Il est pourvu de deux sensibilités : 0-1500 mg/m<sup>3</sup> et 0-15 g/m<sup>3</sup>.

Le type F<sub>2</sub> est beaucoup plus sensible. Il comporte une cellule au sélénure de cadmium. Il convient pour le contrôle de l'air au point de vue hygiénique. Il possède également 2 sensibilités : 0-500 mg/m<sup>3</sup> et 0-5 g/m<sup>3</sup>.

*Appareil Rotop 3 A pour la mesure de la quantité de poussière de charbon déposée.*

L'appareil portatif Rotop 3 A mesure instantanément l'épaisseur de la couche de poussière de charbon déposée en un endroit quelconque. Les résultats sont exprimés en g/m<sup>2</sup>. L'échelle de mesure s'étend de 0 à 70 g/m<sup>2</sup>, la sensibilité est de 1 g/m<sup>2</sup> et la précision de  $\pm 10\%$  de la grandeur mesurée.

Cet appareil permet de suivre l'empoussiérement d'une galerie et de déterminer le moment où il est

nécessaire de renouveler la schistification. C'est un fait expérimental bien vérifié que la couche de poussière de charbon, déposée sur de la poussière neutralisée, est soulevée la première lors d'une explosion et peut transmettre celle-ci alors que, si toute la poussière déposée était en mélange homogène, sa teneur en stérile serait encore suffisante pour arrêter la flamme.

Le schéma de cet appareil est représenté à la figure 5.

Un rayonnement  $\beta$  et  $\gamma$  émis vers le bas par des ampoules de thallium 204, disposées dans l'anneau frappe la couche de poussière de charbon dont l'épaisseur est à déterminer. Comme dans le cas présent, la différence entre les numéros atomiques des deux matériaux (charbon et schiste ou calcaire) déposés en couches superposées est marquante, l'intensité du rayonnement réfléchi varie presque linéairement avec l'épaisseur de la couche supérieure (charbon).

Le rayonnement réfléchi ionise l'air de la chambre. La mesure de cette ionisation par une méthode électrométrique donne l'épaisseur de la couche de charbon.

Pour effectuer des mesures dans un chantier, on prépare et on réserve des endroits judicieusement choisis.

De la discussion relative à cette communication, il y a lieu de retenir que la sensibilité de l'appareil F<sub>2</sub> n'est pas suffisante pour des contrôles d'empoussiérement au point de vue hygiénique, 10 mg/m<sup>3</sup> constituant un maximum. Quand au Rotop, son principe ne tient pas compte de la radio-activité du rocher, laquelle n'est pas toujours négligeable. De plus, on émet des doutes sur l'efficacité de cet appareil ; en effet, une couche de charbon de 0,1 de mm d'épaisseur, déposée sur une couche de poussière stérile, peut propager une explosion.

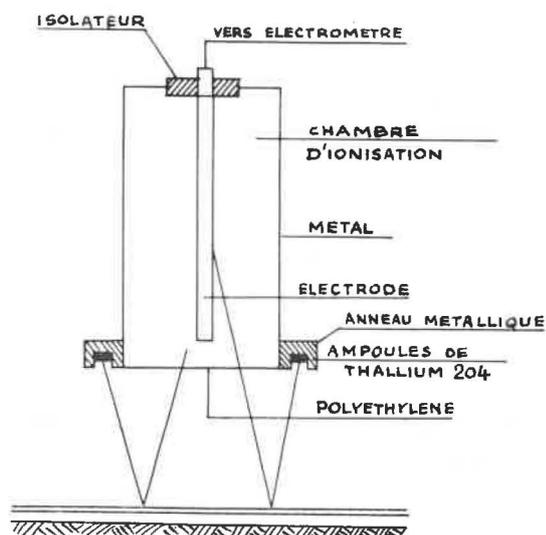


Fig. 5.

## 32. RECHERCHES FONDAMENTALES SUR LES COUPS DE POUSSIÈRES

Les communications qui peuvent être classées dans ce chapitre sont au nombre de huit. L'une d'entre elles traite exclusivement des poussières de lignite et ne présente aucun intérêt pour la Belgique. Elle sera donc laissée de côté. Parmi les sept autres, trois ont trait à l'explosibilité des poussières, trois autres à l'allure du coup de poussières et la dernière à l'équipement scientifique d'une galerie expérimentale.

### 321. Explosibilité des poussières.

**Communication n° 14. — Le risque d'explosion des folles poussières déposées dans les galeries, par D.W. MITCHELL, J. NAGY, E. M. KAMENSKI, E.M. MURPHY et R.W. STAHL (U.S.A.)**

Cette étude fait partie d'un programme général de recherches sur le transport des folles poussières

par le courant d'air, leur dépôt dans les galeries, le risque d'explosion qu'elles présentent et les moyens de contrôle à employer. Ce programme a été développé eu égard à la quantité de plus en plus grande de folles poussières mises en suspension par les moyens mécaniques utilisés et par l'accroissement nécessaire de la ventilation.

L'étude sur l'inflammabilité de ces poussières n'est pas terminée. Elle permet néanmoins d'avancer différentes conclusions qui justifient sa publication.

Les essais ont été réalisés dans le nouveau expérimental de 400 m de longueur. La poussière combustible utilisée provenait d'un charbon à 7 % de cendres et 37 % de matières volatiles et la poussière inerte était un filler calcaire dont 70 % passaient au tamis à mailles de 74 microns.

Les conclusions des auteurs peuvent se résumer de la façon suivante.

Le risque d'une inflammation et l'intensité de celle-ci augmentent d'autant plus que la poussière est plus fine. Lorsque la poussière de charbon est déposée sur une couche de poussière inerte, le risque d'inflammation dépend essentiellement du taux de poussière de charbon qui passe au tamis de 74 microns.

La quantité de poussière inerte nécessaire pour neutraliser la folle poussière de charbon déposée augmente avec la quantité de celle-ci. Cependant, cette quantité d'inerte augmente fortement lorsque le dépôt passe de 55 à 65 g par m<sup>3</sup>, et beaucoup plus lentement pour des dépôts supérieurs.

Si les poussières de charbon et de stérile sont stratifiées, la quantité de poussière inerte nécessaire est plus élevée que si les poussières sont mélangées.

La quantité de poussière inerte nécessaire augmente avec la puissance de l'explosion initiatrice.

La folle poussière de charbon déposée sur les parois et la couronne de la galerie, qui cependant ne représente au plus que la dixième partie de celle qui se dépose sur le sol, augmente considérablement l'inflammabilité.

L'inflammabilité est moindre quand la poussière inerte et la poussière de charbon sont stratifiées en plusieurs couches superposées que lorsqu'elles sont disposées en deux couches.

Une inflammation de poussière peut être arrêtée par un mélange de poussières de filler calcaire et de charbon déposé sur tout le pourtour du bouveau, alors qu'elle ne l'est pas si la même quantité de mélange est appliquée sur la moitié du pourtour. L'uniformité de l'épandage de la poussière stérile est donc de toute première importance.

#### Communication n° 1. — Explosibilité de la poussière de charbon de différents types, par W. B. CYBULSKI (Pologne).

Dans un bouveau souterrain de 200 m de longueur et de 5 m<sup>2</sup> de section, l'auteur a réalisé, en 12 ans, 1134 essais afin de déterminer l'aptitude de la poussière de certains charbons, à propager une explosion. Les charbons étudiés provenaient de 43 couches différentes.

L'expérimentateur s'est placé chaque fois dans les conditions les plus favorables pour obtenir la propagation de l'explosion. Il peut affirmer que, même pour des explosions initiatrices plus puissantes, le degré d'inflammabilité (S), exprimé par le taux de poussière inerte nécessaire pour rendre impossible la propagation de l'explosion, serait resté constant.

Les divers charbons furent essayés sous deux compositions granulométriques différentes : l'une dénommée « poussière fine », dont 85 % passent

au tamis de 75 microns, et l'autre appelée « poussière moyenne », dont 27 % passent au même tamis.

La poussière de filler calcaire utilisée passe à raison de 64 % au même tamis.

Sont considérés comme poussière inerte les cendres du charbon, son eau de constitution et le filler calcaire.

Deux types d'explosions initiatrices furent employés. L'initiation du type I consiste dans l'explosion de 75 kg de poussière de charbon pure et sèche placée sur des planches transversales, dans le fond du bouveau expérimental sur une longueur de 30 m.

L'initiation du type II, moins forte, est assurée par l'explosion de 50 m<sup>3</sup> d'un mélange de grisou et d'air à 8-9,5 % de CH<sub>4</sub>.

Dans les deux cas, l'inflammation initiale est provoquée par l'explosion de 750 g de poudre noire disposée dans un mortier sans bourrage.

La poussière à l'essai était répandue dans le bouveau expérimental sur une longueur de 150-160 m sur le sol et autant que possible sur les parois et le soutènement.

Le degré d'inflammabilité S a été déterminé par un certain nombre d'essais, en moyenne 8, où la teneur en stérile de la poussière à l'épreuve variait de 2,5 en 2,5 %.

A côté de la valeur S, on a déterminé l'indice d'explosibilité  $Z = (S/100 - S)$ , exprimant le poids de stérile qui doit être mélangé à l'unité de poids de charbon pur pour empêcher la propagation de l'explosion.

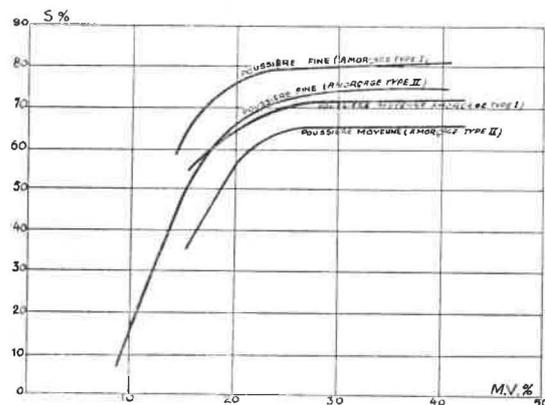


Fig. 6. — Degré d'explosibilité S en fonction de la teneur en matières volatiles (M.V. %).

Les résultats peuvent être exprimés en deux diagrammes représentés aux figures 6 et 7. Le premier donne le degré d'inflammabilité S et le second l'indice d'explosibilité Z en fonction de la teneur en matières volatiles.

De l'examen de ces diagrammes, on peut conclure :

— que la teneur en matières volatiles caractérise l'explosibilité d'un charbon ;

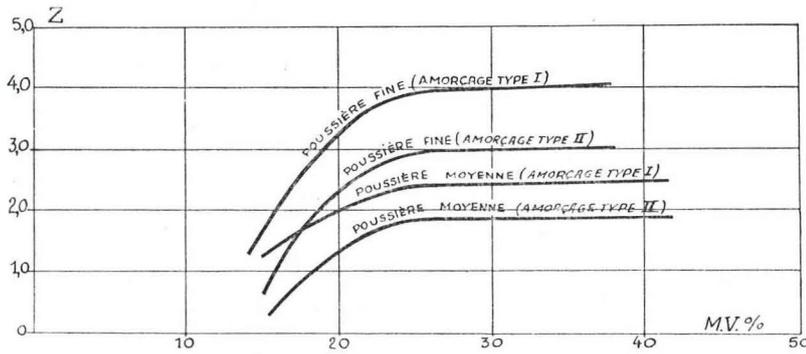


Fig. 7. — Indice d'explosibilité  $Z = (S/100 - S)$  en fonction de la teneur en matières volatiles (M.V. %).

- que cette explosibilité augmente en même temps que la teneur en matières volatiles et cela, jusqu'à 25 % environ de matières volatiles pour rester ensuite sensiblement constante ;
- que la provenance du charbon n'a pas d'importance.

L'auteur donne sur la figure 8 la reproduction des courbes de l'explosibilité en fonction de la teneur en matières volatiles, obtenues par les différents expérimentateurs.

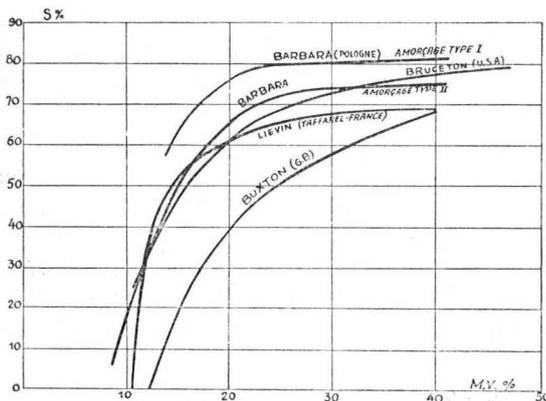


Fig. 8. — Comparaison des courbes S. M.V. obtenues dans différentes stations expérimentales.

Il explique les différences entre ces courbes par des variations dans les conditions de recherche et non dans les caractéristiques des veines de charbon.

*Remarque.* — Il y a lieu de noter qu'il ne faut pas appliquer sans précautions le degré d'inflammabilité S déduit directement de l'une de ces courbes. Celles-ci sont en effet des courbes moyennes et il faut toujours tenir compte d'une dispersion en plus et en moins, laquelle est cependant assez faible (en général  $\pm 2,5$  %).

L'auteur met d'ailleurs le lecteur en garde contre une application trop immédiate de ces recherches. Les résultats donnés ici ne peuvent en effet tenir compte de l'extrême variété des conditions pouvant se présenter dans la mine. A remarquer également que les charbons sapropéliens donnent avec la courbe de S des écarts positifs importants.

**Communication n° 47. — Essais sur la limite inférieure d'explosibilité des poussières de charbon, par W. ISHIHAMA (Japon).**

Dans les conditions du fond de la mine, un nuage de poussières est formé de charbon et de stérile, et l'air dans lequel il est suspendu peut contenir du grisou.

La connaissance des conditions d'inflammabilité d'un tel nuage présente un grand intérêt.

C'est dans le but de progresser dans cette connaissance que l'auteur a déterminé en laboratoire la limite inférieure d'inflammabilité de nuages complexes de poussières de charbon et de stérile suspendus dans un air grisouteux.

L'appareil consiste principalement en une chambre cylindrique étanche d'environ 4,5 litres dans laquelle un nuage de poussières est créé par un tamis vibrant. L'inflammation est provoquée par les étincelles d'une bobine d'induction et observée par des regards. Une circulation forcée d'air dans la chambre et dans un circuit extérieur permet l'introduction d'un mélange grisouteux avant formation du nuage.

L'auteur a étudié de cette façon des poussières de différentes finesses, provenant de différents char-

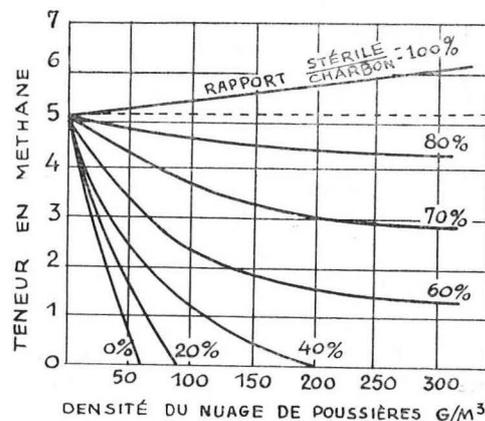


Fig. 9. — Limite inférieure d'explosibilité des nuages de poussières charbon-stérile en suspension dans un air grisouteux.

bons. Il caractérise la finesse d'une poussière par la dimension moyenne des grains.

Les essais furent développés dans toute leur ampleur pour un charbon à 7 % de cendres et 45,7 % de matières volatiles.

Les résultats sont représentés à la figure 9. Il faut y remarquer que la limite inférieure d'inflammabilité du méthane dans les conditions de l'expérience est de 5,14 %.

Les auteurs ont également déterminé la densité du nuage de poussière stérile nécessaire pour empêcher l'inflammation d'un mélange grisouteux normalement inflammable.

Leurs résultats peuvent s'exprimer par une formule exponentielle

$$G = 5,14 e^{0,005 x}$$

où  $G$  = teneur en méthane,

$e$  = 2,73 (base des logarithmes népériens),

$x$  = densité du nuage de poussières en  $g/m^3$ .

A remarquer que, s'il s'agit de déterminer la quantité de poussière stérile à disposer sur un arrêt-barrage pour bloquer un coup de grisou, il faut multiplier par 10 au moins les résultats de la formule.

L'étude a porté également sur la détermination de la concentration critique des différentes fractions de poussières de charbon obtenues par tamisage. Les résultats sont reportés à la figure 10 pour un charbon type. La concentration explosible minima (en

né,  $D$ , la concentration minima en  $g/m^3$  d'un nuage explosible,  $S$ , la surface spécifique des grains.

On voit que cette courbe a deux asymptotes  $S = a$  et  $D = b$ , ce qui signifie que, lorsque  $S$  est plus petit que  $a$  ou lorsque  $D$  est plus petit que  $b$ , le nuage de poussière pure est ininflammable.

Les auteurs donnent pour plusieurs charbons les valeurs  $a$ ,  $b$  et  $c$  que nous reproduisons au tableau II.

TABLEAU II.

Charbon	a en $m^2/g$	b en $g/m^3$	c	M.V. %
1	0,020	35,0	0,90	48,0
2	0,025	54,0	0,50	27,5
3	0,020	39,4	0,60	32,0
4	0,020	26,4	0,70	39,0
5	0,020	20,1	0,40	44,5

On peut retenir de cet exposé qu'un nuage de poussière de charbon pur dont les grains ont des dimensions qui ne sont pas inférieures à 200-250 microns ( $S = 0,020-0,025 m^2/g$ ) ou dont la concentration est moindre que 20 à 54  $g/m^3$  suivant le type de charbon, n'est pas inflammable.

Au cours de la discussion, on remarque que les minima de concentration donnés ci-dessus sont du même ordre que ceux obtenus dans la galerie expérimentale polonaise.

Le délégué de l'U.R.S.S. décrit l'appareil en usage au Maknii. Il s'agit d'une chambre en acier de 0,5  $m^3$ . La poussière y est dispersée à l'air et allumée au moyen d'un arc de court-circuit. La pression et la durée de la combustion relevée à l'oscillographe permettent de fixer l'inflammabilité d'une poussière de charbon et de déterminer le taux de schistification nécessaire.

Un tel appareil est d'usage courant à la station de Derne.

### 322. Allure des coups de poussières.

Communication n° 39. — Relation entre flamme et onde de choc dans les explosions de poussières de charbon, par G. ARTINGSTALL (Grande-Bretagne).

L'auteur examine la théorie aérodynamique des explosions de gaz. Il démontre que, dans un tube infini, la réaction de combustion peut présenter deux régimes bien différents : la déflagration et la détonation.

Il applique les résultats obtenus à une inflammation de poussières dans un tube semi-infini fermé à une extrémité, où se produit l'initiation.

Lors d'une déflagration, l'air poussiéreux est accéléré par la réaction, c'est-à-dire qu'en un point du tube passent d'abord l'onde de choc, puis l'air poussiéreux progressant avec une vitesse moindre

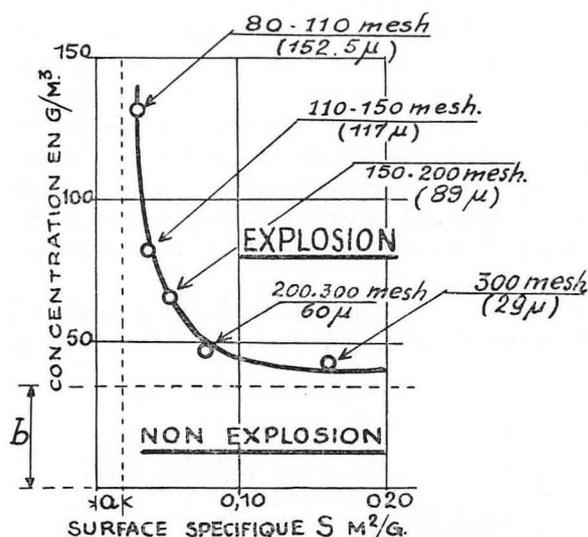


Fig. 10. — Concentration critique d'un nuage de poussières de charbon pur en fonction de la surface spécifique des grains.

$g/m^3$ ) est reportée en ordonnées et, en abscisses, est indiquée la surface spécifique de la poussière de charbon calculée en partant de la dimension moyenne des grains et en supposant qu'ils sont sphériques.

Ce diagramme est une hyperbole d'équation générale

$$(S - a) (D - b) = c$$

$a$ ,  $b$  et  $c$  étant des constantes pour un charbon don-

et enfin la flamme. En avant de l'onde de choc et derrière la flamme, les produits sont en repos.

Dans une détonation au contraire, la flamme et l'onde de choc progressent à la même vitesse et, s'il s'agit d'un mélange gazeux, sur le même front. Dans une explosion de poussières, l'onde de choc doit précéder la flamme d'une certaine distance pour mettre la poussière en suspension.

A l'aide des équations de la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie, l'auteur a calculé, pour les deux régimes de réaction, le rapport de la pression dans l'onde de choc à celle des produits au repos et le nombre de Mach de l'onde de choc et de la flamme.

Le maximum de la vitesse de la flamme en régime de déflagration est de 1130 m/s. En régime de détonation, la vitesse de la flamme dans un mélange stoechiométrique de poussière de charbon et d'air est de 2300 m/s.

L'auteur a comparé la pression théorique dans l'onde de choc aux maxima de pression observés dans les galeries d'essais.

La correspondance entre les essais et la théorie est satisfaisante comme le montre le diagramme de la figure 11 repris parmi ceux reproduits par l'auteur. Ce diagramme donne une idée des vitesses de flamme et des pressions obtenues en galerie expérimentale.

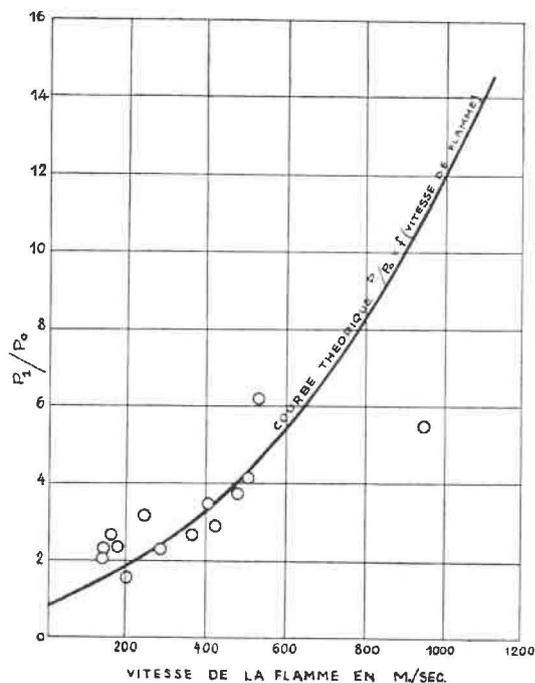


Fig. 11. — Comparaison des résultats expérimentaux de Cybulski (Pologne) avec la courbe théorique de  $P_1/P_0$  en fonction de la vitesse de flamme ( $P_1$  : pression dans l'onde de choc,  $P_0$  : pression atmosphérique).

Dans une galerie de longueur finie, l'onde de choc est réfléchi au bout ouvert, sous forme d'onde

de détente qui, en rencontrant la flamme, lui donne une forte accélération.

De la discussion ouverte à la suite de cette communication, ressortent les points suivants :

— Il serait désirable d'obtenir une confirmation expérimentale de la possibilité d'une détonation. Des expériences seront effectuées prochainement à cette fin en Allemagne dans une nouvelle galerie de 700 m de longueur à une profondeur de 350 m en terrain ou revêtement très solide. Dans les essais polonais, le maximum de la pression a été de 6 kg/cm<sup>2</sup>, ce qui correspond à une vitesse de flamme de 650 m/s, mais on a toujours évité les explosions trop violentes, malgré leur intérêt indéniable, pour ne pas détruire les galeries. Certains expérimentateurs admettent difficilement la possibilité d'une détonation.

— En ce qui concerne la relation entre la pression dans l'onde de choc et la vitesse de la flamme, on note jusqu'à 300-400 m/s une concordance satisfaisante entre la théorie et les essais, mais pour les vitesses supérieures, il n'y a pas concordance. Une amélioration des méthodes de mesure de la vitesse de la flamme amènera probablement une concordance beaucoup meilleure.

— La méthode exposée dans la communication donne des maxima des différentes grandeurs : pression, vitesse. Les résultats théoriques ne seraient pas sensiblement différents pour une schistification à 40 %, alors que pratiquement les vitesses et pressions seraient beaucoup plus petites. La méthode est très précieuse pour l'établissement d'une nouvelle galerie d'essais.

**Communication n° 41. — Effet de la poussière inerte sur la vitesse de flamme dans une explosion de poussières de charbon, par H.S. EISNER et S. K. SHAW (Grande-Bretagne).**

Certains expérimentateurs ont trouvé, lors des coups de poussières des vitesses de flamme de l'ordre de 1.000 m/s. Ces mesures ne font d'ailleurs que confirmer la théorie.

Dans ces conditions, la flamme suit de très près l'onde de choc et par conséquent les arrêts-barrages peuvent être inefficaces.

Les auteurs se sont demandé si la présence de poussière inerte dans la poussière de charbon ne diminue pas fortement la vitesse de flamme. Et afin de donner une réponse à cette question, ils ont procédé à toute une série d'expériences en galerie expérimentale avec mesure de la vitesse de la flamme.

Ils ont utilisé un charbon à 38 % de matières volatiles, 2,6 % d'humidité et 1,8 % de cendres, en poussières passant à raison de 85 % au tamis à mailles de 66 microns, et de la poussière de calcaire dont 57 % traversent le même tamis.

Ils ont opéré en répandant le mélange de poussière dans la galerie à raison de 1 g par litre au total ou bien à raison de 1 g de poussière de charbon pur par litre et en utilisant 3 sources différentes d'initiation : l'une faible et les deux autres fortes.

La galerie expérimentale a une longueur de 100 m et un diamètre de 1,20 m.

Les résultats sont très dispersés. Les auteurs ont pu néanmoins établir des moyennes significatives. Celles-ci sont reportées au diagramme de la figure 12, qui exprime le temps nécessaire à la flamme pour atteindre une distance donnée comptée à partir du fond de la galerie.

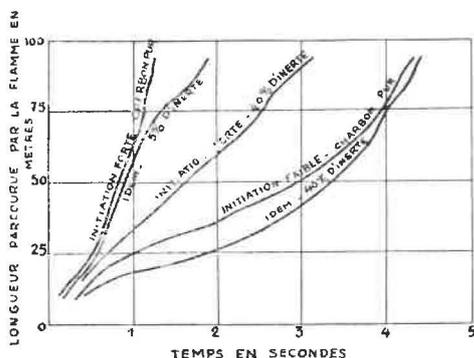


Fig. 12. — Temps nécessaire à la flamme pour parcourir une certaine longueur de galerie.

Il montre que, si l'initiation est faible, la poussière inerte n'a que peu d'influence sur la vitesse de la flamme, tandis que si elle est forte, la vitesse de flamme est déjà réduite pour une addition de 5 % de poussière inerte, du moins à partir d'une certaine distance du fond de la galerie, et la diminution de vitesse est très importante pour une addition de 40 %.

Les auteurs tirent la conclusion suivante.

La schistification est très utile même lorsqu'il y a des arrêts-barrages parce que, en cas d'initiation violente, elle concourra à augmenter leur efficacité en réduisant la vitesse de la flamme.

De la discussion au sujet de cette communication, il y a lieu de noter les remarques suivantes.

M. Cybulski (Pologne) a toujours placé un arrêt-barrage à l'extrémité de ses galeries souterraines pour éviter que l'explosion ne s'étende à la surface et ces arrêts-barrages ont toujours fonctionné.

Dans la plupart des cas qui peuvent se produire pratiquement, une explosion de poussières sera très faible au début mais les causes puissantes existent, comme par exemple un coup de grisou allumé par un tir. C'est dans ces dernières conditions qu'il y a lieu de se placer pour les expériences.

La schistification, même à faible taux, peut freiner une explosion à initiation puissante.

**Communication n° 20. — Etude du développement des coups de poussières en galeries non rectilignes, par K. KLINGER et H. MEERBACH (Rép. Féd. Allemande).**

Le règlement général des mines du district de la Ruhr prescrit d'installer les arrêts-barrages de poussière inerte dans des tronçons de galerie, rectilignes sur une certaine longueur.

Les auteurs se sont demandé quelle serait l'efficacité d'un arrêt-barrage placé dans un tournant d'une galerie ou à proximité immédiate.

Comme une étude systématique de la question n'a jamais été effectuée, ils émettent d'abord quelques considérations théoriques et donnent ensuite le résultat de la compilation des faits expérimentaux constatés occasionnellement sur le sujet dans différentes stations (Hibernia, Tremonia, Rossitz et Bureau of Mines).

Quand la flamme a une vitesse égale ou supérieure à celle du son, elle est précédée d'une onde de pression, qui renverse les arrêts-barrages. Un tournant de galerie diminue certainement la puissance de cette onde ; il est donc possible qu'un arrêt-barrage placé au-delà du tournant ne soit plus renversé. Mais chaque cas est probablement un cas d'espèce et l'on ne peut tirer une conclusion générale de ces considérations théoriques.

Quant aux essais en galerie expérimentale, ils n'ont pas donné de résultats concordants.

- Mine expérimentale de Rossitz : une explosion de poussière de charbon n'est pas arrêtée par un tournant.
- Mine expérimentale de Bruceton (U.S.A.) : deux tournants à angle droit affaiblissent considérablement la puissance de l'explosion.
- Mine Hibernia : seuls des barrages légers (100 kg par planche) sont renversés après le tournant, mais la schistification a une très grande influence.
- Mine Tremonia : la flamme s'éteint dans le tournant mais l'onde de pression a encore assez de force pour renverser un arrêt-barrage placé à 30 m au-delà du tournant.

### 323. Installation de mesures.

**Communication n° 53. — Equipement scientifique d'une galerie expérimentale, par M. KRZYSTOLIK (Pologne).**

L'auteur décrit l'équipement scientifique actuel des deux galeries souterraines, l'une de 200 m et l'autre de 400 m de longueur, de la mine expérimentale Barbara, à Mikolow (Pologne).

Pour connaître l'allure d'un coup de poussières ou de grisou, il est nécessaire de déterminer la vitesse de la flamme et d'enregistrer la pression de l'onde de choc en des points aussi nombreux que possible.

Pour déterminer la vitesse de la flamme, on repère le passage de celle-ci en quatorze points équidistants d'une cellule photoélectrique disposée en chacun des points.

Le courant des cellules est enregistré au moyen d'un oscilloscope cathodique à 15 tubes, l'un de ceux-ci fournissant une échelle du temps.

Pour relever la pression de l'onde de choc, des capteurs du type inductif sont également disposés en un certain nombre de points. Chaque capteur attaque une boucle d'oscillographe par l'intermédiaire d'un amplificateur.

La galerie de 200 m est équipée d'un oscillographe à 8 boucles et celle de 400 m, d'un oscillographe à 12 boucles, placés dans les laboratoires de la surface avec l'oscilloscope cathodique.

La discussion sur cette communication fait ressortir les points suivants.

L'utilisation de cellules photoélectriques au sulfure de cadmium comme indicateurs de flamme est particulièrement intéressante parce que ces cellules donnent un signal capable d'attaquer directement un relais autoinscripteur à une distance de 1000 à 1500 m.

La mesure de la température est envisagée en Pologne et en Allemagne, mais elle présente de très grandes difficultés. Quant à la vitesse du souffle, elle peut être déduite de la mesure de la pression statique.

Une galerie d'essais de 400 m de longueur et de 7 à 8 m<sup>2</sup> de section est en construction en Angleterre en vue de l'étude des explosions de poussières.