

Institut National des Mines
PATURAGES

XI^e Conférence internationale des Directeurs de Stations d'Essais

Aix-les-Bains (France) — Juillet 1963

RESUME DES COMMUNICATIONS

par

E. DEMELENNE
Administrateur-Directeur
de l'Institut National des Mines.

H. CALLUT
Ingénieur en Chef-Directeur
des Mines

SAMENVATTING

De XI^e Internationale Conferentie van de Directeurs der Proefstations heeft plaats gehad te Aix-les-Bains (Savoje) Frankrijk, van 1 tot 5 juli 1963. Ze werd georganiseerd door het Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (Cerchar).

Bij de voorgaande conferentie, die te Warschau (Polen) ingericht werd, in oktober 1961 (*), was het aantal deelnemers beperkt. Hier betrof het een voltallige conferentie, waaraan deelgenomen werd door talrijke afgevaardigden niet alleen van de proefstations, maar ook van de administratie der mijnen, de kolenmijnen, de springstoffenfabrieken en fabrieken van elektrisch materiaal, de universiteiten en hogescholen enz.

Alhoewel alles wat brandbestrijding en -voorkoming betrof afzonderlijk behandeld werd, om het aantal voordrachten te beperken, en aan ieder land een bepaalde ruimte werd toegestaan, werden toch

RESUME

La XI^e Conférence Internationale des Directeurs de Stations d'Essais a eu lieu à Aix-les-Bains (Savoie) France, du 1^{er} au 5 juillet 1963. Elle y était organisée par le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (Cerchar).

Succédant à la Conférence restreinte qui avait eu lieu à Varsovie (Pologne) en octobre 1961 (*), elle a été du type Conférence plénière, et a rassemblé de très nombreux délégués non seulement des Stations d'essais, mais aussi des Administrations des Mines, des Charbonnages, des Usines d'explosifs et de matériel électrique, des Universités et des Hautes Ecoles, etc...

Bien que les sujets relatifs à la lutte contre les incendies et à leur prévention aient été délibérément écartés du programme, pour ne pas trop multiplier les communications et que le nombre de celles-ci ait été limité par pays, trente-sept rapports ont été néanmoins présentés et discutés. Ils émanaient des

(*) De samenvatting der voordrachten te Warschau gehouden verscheen in de Annalen der Mijnen van België, n^o 5, 6, 7, 8 en 10 (1962).

(*) Les résumés des Communications présentées à Varsovie ont paru dans les Annales des Mines de Belgique, n^o 5, 6, 7, 8 et 10 (1962).

nog zevenendertig verslagen overgemaakt en besproken. Zij kwamen van proefstations of zelfs van andere laboratoria uit België, Oost- en West-Duitsland, Engeland, Frankrijk, Hongarije, Japan, Nederland, Polen, Roemenië, Rusland, Tsjechoslovakije en de V.S.A.

Wij hebben het nuttig geoordeeld van deze voordrachten een samenvatting te geven die wel zo uitgebreid is dat de lezer er stof in vindt voor onmiddellijke toepassingen en dat ook de voornaamste vragen die tijdens de besprekingen behandeld werden naar voor komen.

De samenvatting is onderverdeeld in vier hoofdstukken :

1. Springstoffen en schietwerkzaamheden.
2. Mijngas.
3. Kolenstof.
4. Elektriciteit.

INHALTSANGABE

Die XI. Internationale Konferenz der Versuchsstreckenleiter hat in Aix-les-Bains in der französischen Provinz Savoyen vom 1. bis 5. Juli 1963 stattgefunden. Sie war organisiert durch das Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (Cerchar).

Als Nachfolgerin der beschränkten Konferenz, welche in Warschau (Polen) im Oktober 1961 (*) stattfand, war sie von der Art einer Plenarkonferenz und vereinigte als Besucher sehr zahlreiche Vertreter nicht nur der Versuchsstrecken, sondern auch der Verwaltungen der Gruben, Steinkohlenbergwerke, Hersteller von Sprengstoffen und Elektromaterial, der Universitäten, Hochschulen usw.

Obwohl die Themen Kampf gegen Grubenbrände und ihre Vorbeugung ausdrücklich vom Programm ausgenommen waren, um die Zahl der Vorträge nicht zu gross werden zu lassen, und trotz Beschränkung dieser Zahl je Land wurden insgesamt 37 Berichte vorgelegt und erörtert. Sie stammten von den Versuchsanstalten oder auch anderen Forschungsstätten Belgiens, Frankreichs, Gross-Britanniens, Japans, der Niederlande, Ostdeutschlands, Polens, Rumäniens, der Tschechoslowakei, der U.d.S.S.R., Ungarns, der Vereinigten Staaten und Westdeutschlands.

Wir haben geglaubt von diesen Beiträgen eine Zusammenfassung von genügender Ausführlichkeit

stations d'essais ou même d'autres laboratoires d'Allemagne Occidentale, d'Allemagne Orientale, de Belgique, de France, de Grande-Bretagne, de Hongrie, du Japon, des Pays-Bas, de Pologne, de Roumanie, de Tchécoslovaquie, des U.S.A. et d'U.R.S.S.

Nous avons cru bien faire en donnant de ces communications un résumé suffisamment développé pour que le lecteur puisse éventuellement y trouver des données immédiatement applicables et en signalant les points importants soulevés au cours des discussions.

Ces résumés ont été classés en quatre chapitres, à savoir :

1. Explosifs et minage.
2. Grisou.
3. Poussières de charbon.
4. Electricité.

SUMMARY

The XIth International Conference of Directors of Experimental Stations took place at Aix-les-Bains (Savoy) France, from July 1st to 5th 1963. It was organized by the Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (Cerchar).

Following the limited Conference that had been held in Warsaw (Poland) in October 1961 (*), it was a plenary type of Conference, and was attended by a great many delegates, not only from experimental stations, but also from Administrations of Mines, Collieries, explosive works, electrical manufacturers, Universities and schools of advanced studies, etc...

Although the subjects related to the fight against fires and their prevention had been purposely omitted from the programme, to avoid having too great a number of reports, and although this number had been restricted for each country, nevertheless thirty-seven reports were presented and discussed. They came from experimental stations or even other laboratories in Belgium, Czechoslovakia, France, Eastern Germany, Western Germany, Great-Britain, Hungary, Japan, The Netherlands, Poland, Rumania, the U.S.A. and the U.S.S.R.

We thought it advisable to give a fairly substantial summary of these reports to enable the readers

(*) Die Zusammenfassungen der in Warschau gebotenen Vorträge sind in den Annales des Mines de Belgique, Nr. 5, 6, 7, 8 und 10 (1962) erschienen.

(*) The summaries of Reports presented at Warsaw appeared in the Annales des Mines de Belgique, nos 5, 6, 7, 8 and 10 (1962).

geben zu sollen, um den Leser instand zu setzen, darin geg. Falles Daten von unmittelbarer Bedeutung für seine Zwecke zu finden, und ihm auch wichtige in den Diskussionen hervorgetretene Gesichtspunkte zu vermitteln.

Diese Zusammenfassungen sind in vier Kapitel gegliedert, nämlich :

1. Sprengstoffe und Schiessarbeit.
2. Schlagwetter.
3. Kohlenstaub.
4. Elektrizität.

to extract from them when necessary any immediately applicable data, and we likewise pointed out the important points raised during the discussions.

These reports have been classified into four chapters namely :

1. Explosives and shotfiring.
2. Firedamp.
3. Coal-dusts.
4. Electricity.

SOMMAIRE

1. EXPLOSIFS ET MINAGE

11. Déflagration et ratés de détonation.

111. Recherche sur la déflagration des explosifs sous confinement serré, par Dr. E. Eitz et Ing. Dr. H. Meerbach (Allemagne Fédérale).
112. La déflagration des explosifs à ions échangés, par E. Demelene et G. Nenquin (Belgique).
113. Recherches sur la possibilité d'employer le cordeau détonant dans les conditions dangereuses de poussières et de gaz pour assurer la détonation complète des charges d'explosifs, par Prof. Dr. Ing. W. Cybulski (Mine expérimentale Barbara - Pologne).
114. Moyens d'empêcher la déflagration des explosifs au cours du tir dans les mines de charbon, par K.K. Andreev et V.G. Khotine (U.R.S.S.).
115. Etude de la détonation des explosifs en trous de mine, par J. Cocu, M. Giltaire et D. Seelemann (Cerchar - France).

12. Sécurité des explosifs vis-à-vis du grisou et des poussières.

121. Nouveaux explosifs britanniques pour le tir à retard dans les charbonnages, par O.A. Gurton et R. Westwater (Grande-Bretagne).
122. Les explosifs antigrisouteux et le tir antigrisouteux dans les houillères de la R.P.R., par N. Jugureanu, I. Focsa, R. Baltaretu (Roumanie).
123. Etude sur la sécurité des explosifs en présence de méthane et de poussières de char-

bon dans le charbon et le grès ainsi que dans des mortiers d'acier, par Prof. Dr. Ing. Cybulski (Pologne).

13. Amorçage des mines.

131. Recherches sur la sécurité au grisou des détonateurs à retard lors du tir en trou de mine avec bourrage, par H. Ahrens et H. Meerbach (Allemagne Fédérale).

14. Procédés de bourrage des trous de mine.

141. Etude des caractéristiques de tir dans les houillères, par Koaru Namitome et Tomoyuki Fukuchy (Japon).
142. Procédés de tir pour mines grisouteuses, par Dr. Ing. J. Kota (Hongrie).
143. Compteurs de coups tirés avec retard, par S. Higashijima (Japon).

15. Méthodes d'essais des explosifs.

151. Influence de la teneur en gaz naturel des atmosphères de galerie sur leur inflammabilité, par R.W. Van Dolah, N.E. Hanna et R.L. Grant (États-Unis d'Amérique).

2. GRISOU

21. Grisoumétrie.

211. Le grisoumètre déclencheur d'indication et d'alerte type « Barbara MAW₁ », par Dr. J. Wronski, J. Ciok, P. Krzystolik, J. Lewandowski et A. Lobejko (Pologne).
212. Dispositif de protection automatique contre le grisou, destiné à assurer la sécurité

- du matériel électrique antidéflagrant, par I.V. Bobrov et P.F. Kovalev (Maknii - U.R.S.S.).
215. Contribution aux études de grisoumétrie, par P. Belugou, M. de Vergeron et A. Monomakhoff (Cerchar - France).
Séance spéciale consacrée à la grisoumétrie.
22. *Dégagement de grisou.*
221. Recherches concernant l'atmosphère des tailles à avancement rapide, par F.W. Pritchard (Grande-Bretagne).
222. Dégagement gazeux des chantiers au charbon à avancement rapide, par G.D. Lidin et A.E. Petrossian (I.G.D.A.N. - U.R.S.S.).
223. Contrôle du dégagement gazeux dans l'exploitation des couches puissantes en dressant par A.A. Miassouikov (U.R.S.S.).
23. *Captage du grisou.*
231. Développement et examen des dispositifs destinés à prévenir les explosions dans les installations de captage de grisou, par Dr. W. Bartknecht (Allemagne Fédérale).
24. *Stratification du grisou au toit des galeries.*
241. Formation et inflammabilité de nappes de grisou stratifiées au toit des galeries, par H.E. Perlee, I. Liebman, M.G. Zabetakis (Bureau of Mines - U.S.A.).
242. Propagation de l'inflammation dans les couches de grisou formées au toit d'une galerie, par H. Meerbach (Allemagne Fédérale).
243. La dilution des couches de méthane dans les galeries en creusement par accroissement local de la vitesse de l'air, par S.T. Leach et A. Slack (Grande-Bretagne).
25. *Causes d'inflammation du grisou.*
251. Dimensions et température d'une surface carrée chaude, nécessaires pour allumer le grisou, par D. Rae (Grande-Bretagne).
252. Étude de l'alliage béryllium-cuivre comme matériau de sécurité pour machines et outils de mines, par T. Susuki et S. Ta-kaoka (Japon).
3. **POUSSIERES DE CHARBON**
31. *Méthodes de prévention et de localisation des coups de poussières.*
311. Essais sur l'efficacité des arrêts-barrages dans les galeries expérimentales de 400 m et de 520 m de longueur, par le Prof. W. Cybulski (Pologne).
312. Essais comparatifs sur l'efficacité des arrêts-barrages à l'eau et à la poussière stérile, par H. Hanel (Allemagne Orientale).
32. *Recherches fondamentales sur les coups de poussières.*
321. Mécanisme de l'inflammation des poussières, par R. Loison et R. Chauvin (Cerchar - France).
322. L'inflammation de mélanges : poussière de charbon-méthane-air par jets turbulents de gaz chauds, par J.M. Singer (Bureau of Mines - U.S.A.).
4. **ELECTRICITE**
41. *Antidéflagrance.*
411. Perfectionnement de l'équipement électrique antidéflagrant pour les mines, par V.A. Khorounjii (U.R.S.S.).
412. Propagation de l'explosion dans les enceintes cloisonnées du matériel électrique, par H.M. Maskow (Allemagne Fédérale).
413. Une batterie de grande sécurité pour emploi dans les mines grisouteuses, par W. Maas et P. Quaden (Mines d'Etat - Pays-Bas).
42. *Sécurité intrinsèque.*
421. Examen et construction des appareils électriques de sécurité intrinsèque en France, par R. Loison, P. Belugou et L. Chaineaux (Cerchar - France).
422. L'emploi des semi-conducteurs comme éléments de protection dans les circuits électriques, par I. Berz (Grande-Bretagne).
43. *Sécurité des câbles.*
431. Expériences relatives à la sécurité des câbles électriques en atmosphère grisouteuse, par W. Kempen, W. Maas et C. van Reijen (Mines d'Etat - Pays-Bas).

1. EXPLOSIFS

I I. DEFLAGRATION ET RATES DE DETONATION

111. Communication n° 2. — Recherche sur la déflagration des explosifs sous confinement serré, par Dr. E. EITZ et Ing. Dr. H. MEERBACH (Allemagne Fédérale).

En dehors d'une compression de la charge d'une mine par l'explosion d'une mine voisine plus hâtive, les cas suivants peuvent être envisagés : quand on tire dans un charbon grisouteux, on peut supposer que, lors de l'explosion d'une mine, du méthane puisse être comprimé dans un fourneau voisin.

On peut aussi supposer que les fumées de l'explosion d'une mine puissent, par les fissures provoquées par celle-ci, pénétrer sous pression dans un fourneau voisin.

Enfin, dans le cas d'un seul trou de mine, on peut penser que des conditions analogues peuvent être réalisées lorsqu'une partie seulement de la charge détone et que le bourrage n'est pas expulsé.

Connaissant ainsi les conditions qui peuvent se présenter dans la pratique, les auteurs ont recherché des dispositifs d'essais permettant de reproduire ces conditions et d'étudier l'influence de celles-ci sur la transmission de la détonation, ainsi que sur l'aptitude à la déflagration des explosifs de sécurité sous confinement.

Ils ont d'abord étudié l'influence d'une *pression statique* de méthane, d'air et d'azote sur la propagation de la détonation dans une file de cartouches d'explosifs de sécurité des classes I, II et III.

Les essais ont été faits :

- 1) dans des tubes en acier, pour hautes pressions, de 1 m de longueur, 50 mm de diamètre et 4,5 mm d'épaisseur ;
- 2) dans un mortier classique en acier avec fourneau de 1 m de longueur et 40 mm de diamètre, fermé par un disque de rupture en acier.

Ils ont constaté que le méthane était plus néfaste que l'air et que, pour une pression maximum de 50 atmosphères de méthane dans le tube ou le fourneau, la transmission de la détonation au sein d'une file de 5 cartouches d'explosif de la classe III était perturbée, qu'une partie seulement de la charge

détonait et que l'on obtenait souvent des déflagrations.

Pour une pression de méthane plus élevée, il y avait aussi arrêt de la détonation, mais l'on n'observait plus de déflagration.

Ils ont ensuite étudié la transmission de la détonation au sein d'une file de cartouches soumises à une *pression dynamique*, créée par les fumées résultant de la détonation d'une charge voisine.

Les essais ont été faits dans un « mortier double », c'est-à-dire un mortier cylindrique en acier pourvu de 2 fourneaux parallèles, de 40 mm de diamètre, distants de 15 cm, respectivement de 70 et 100 cm de longueur et reliés entre eux, à 50 cm de leur orifice, par un canal transversal de 7 mm de diamètre ; ce canal est prolongé vers l'extérieur, à partir du fourneau le plus court, par un canal de 10 mm de diamètre fermé par un bouchon, mais pouvant être raccordé à un robinet d'évacuation des gaz ou à un manomètre.

Le bourrage de chaque fourneau est constitué par un disque de rupture en acier.

La charge initiatrice est composée d'une cartouche d'explosif de classe III, placée dans le fourneau court, tandis que la charge réceptrice est composée de trois cartouches d'explosif, de l'une ou l'autre des classes I, II, et III, placées dans l'autre fourneau.

Si l'on n'amorce pas la charge réceptrice, elle déflagre dans tous les cas, comme en témoigne la présence de masses fondues dans le fourneau correspondant. Les pressions observées au cours de ces essais étaient de l'ordre de 100 atmosphères, environ 10 secondes après la mise à feu de la cartouche initiatrice.

Des essais ont également été faits au « mortier double » avec mise sous pression de méthane préalable et amorçage de la charge réceptrice avec détonateur à retard de 50 millisecondes. Dans ce cas, on a aussi souvent trouvé des résidus de déflagration.

Quelques essais ont alors été faits en roche, suivant le mode opératoire représenté aux figures 1 et 2, dans un trou de mine avec obstacle empêchant la transmission de la détonation et dans 2 trous de mines convergents.

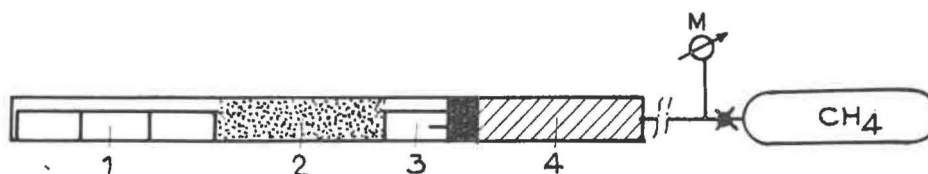


Fig. 1.

1 : Charge réceptrice
2 : Poussières de charbon

3 : Charge initiatrice
4 : Bourrage Kota (très résistant)

Dans ces deux cas, on a obtenu non seulement des ratés de détonation mais aussi des déflagrations.

En résumé, on peut dire que, dans des conditions voisines de la pratique minière, on peut avoir des effets semblables à ceux que l'on observe dans des tirs en tube à haute pression ainsi qu'en « mortier double ». Il est donc justifié d'utiliser ces deux systèmes pour étudier les possibilités de déflagration des explosifs de sécurité sous confinement.

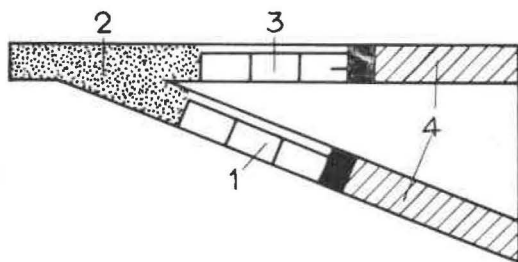


Fig. 2.

- 1: Charge réceptrice
- 2: Poussières de charbon
- 3: Charge initiatrice
- 4: Bourrage Kota (très résistant)

112. Communication n° 7. — La déflagration des explosifs à ions échangés, par E. DE-MELENNE et G. NENQUIN (Belgique).

Contrairement à la détonation qui consiste en une décomposition instantanée de la matière explosive, la déflagration est une combustion lente de cette matière.

Alors que la détonation est amorcée et propagée par onde de choc, la déflagration est un phénomène essentiellement chimique et thermique.

Cela étant, on conçoit aisément que, si la déflagration se produit dans un mélange grisouteux à teneur dangereuse, elle en provoque invariablement l'inflammation.

Il est bien connu que tous les explosifs utilisés dans la mine peuvent déflagrer, mais c'est particulièrement pour les explosifs de sûreté que les conséquences de la déflagration peuvent être les plus graves, puisque ces explosifs sont précisément employés en des endroits où la présence du grisou est toujours à craindre.

Dans la présente étude, nous ne nous sommes occupés que des explosifs à ions échangés car, en Belgique, les explosifs de sûreté sont, à peu près exclusivement, de ce type.

Ces explosifs contiennent essentiellement 10 % de nitroglycérine et un mélange stoechiométrique de nitrate de potassium ou de nitrate de sodium et de chlorure d'ammonium.

Disons tout de suite que, dans leur conception actuelle, ces explosifs présentent, en régime de détonation, la plus haute sûreté tant vis-à-vis du gri-

so que des poussières de charbon, leur charge limite d'agrégation étant en effet de 2.200 g au mortier rainuré, à 20 cm d'une plaque de choc verticale.

Ajoutons que la sécurité de ces explosifs dépend de leur composition mais aussi, et pour une large part, de la granulométrie de leurs sels.

Nous avons étudié ce phénomène de déflagration au laboratoire afin d'en percevoir le mécanisme physico-chimique puis, par des tirs en mortier et au rocher, nous avons tenté d'en déceler les causes dans la pratique minière. Nous avons alors recherché les moyens d'en réduire la probabilité.

Etude en laboratoire.

Nous avons d'abord étudié le phénomène à la pression atmosphérique en observant la décomposition thermique de l'explosif seul ainsi qu'en mélange avec du charbon, aux températures respectives de 310, 450, 600 et 800° C.

Dans ce but, nous avons utilisé un four électrique dont la température, mesurée à l'aide d'un thermocouple platine-platine rhodié, peut être maintenue constante grâce à un régulateur à dilatation thermique.

Lorsque la chambre du four est à la température désirée, le creuset contenant un échantillon de 5 g de l'explosif ou du mélange, est introduit dans le four.

Nous avons déterminé, dans chaque cas, le temps d'initiation de la réaction de la décomposition, en mesurant l'intervalle de temps compris entre l'introduction du creuset dans la chambre du four et l'apparition des premières flammes.

Nous avons ensuite étudié le phénomène en milieu confiné. Le principe de la méthode est d'amorcer la déflagration en préchauffant l'explosif ou le mélange explosif-charbon, préalablement introduit dans une bombe contenant de l'azote sous pression et placée dans un four.

Durant les expériences, la température des parois de la bombe est mesurée par un thermocouple Ni-Cr/Ni et enregistrée par un galvanomètre, tandis que la pression dans la bombe est mesurée à l'aide d'un capteur piézoélectrique et reçue par un oscillographe cathodique.

Cette étude a donné les résultats suivants :

- Les explosifs à ions échangés déflagrent lorsqu'ils sont en contact avec des gaz chauds et comprimés pendant un temps qui est d'autant plus court que la pression et la température des gaz sont plus élevées. Le phénomène est initié et activé par la combustion de la nitroglycérine.
- Le mécanisme physico-chimique de la déflagration est différent suivant que l'explosif est pur ou mélangé avec la poussière de charbon.

Avec l'explosif pur, on obtient une « *déflagration simple* » qui consiste principalement dans la combustion de l'ammoniaque et de l'oxyde d'azote résultant de la décomposition des sels, NH_4Cl et nitrate alcalin. Cette déflagration ne se produit qu'en milieu confiné.

Avec le mélange explosif-charbon, on a une « *déflagration fusante* » qui consiste essentiellement dans l'auto-combustion du charbon et du nitrate alcalin. Elle est plus dangereuse que la déflagration simple, car, une fois amorcée, elle se propage indépendamment de la température et de la pression ambiantes.

Tirs en mortier et au rocher.

En nous basant sur les résultats obtenus en laboratoire, des tirs en mortier et au rocher nous ont permis de déceler certaines causes de la déflagration en trous de mines.

Ces causes résident dans :

- une mauvaise aptitude des cartouches à transmettre la détonation, ce qui résulte, le plus souvent, d'un excès d'humidité de l'explosif ;
- la présence, entre les cartouches de la charge, du fourneau, de vides ou d'intercalations de poussières qui arrêtent la détonation ;
- l'existence de joints ou fissures importants entre les fourneaux de mines voisines ;
- la compression exagérée des cartouches d'une charge, soit par les gaz de tir d'une mine voisine, soit par le mouvement des roches provoqué par celle-ci.

On admettra que ces anomalies ne soient pas rares dans la pratique et que, dès lors, la déflagration dans les fourneaux de mine puisse se produire plus souvent qu'on ne le pense.

Il est d'ailleurs naturel que l'on ne s'en rende pas compte chaque fois, puisque le phénomène a généralement pris fin ou a été étouffé dans les déblais lorsque l'on retourne à front, plusieurs minutes après le tir.

On ne s'en aperçoit que lorsque des traces visibles, telles que flammes et incandescences, persistent dans des culots et ailleurs, ou que des mines explosent avec retardement, ou encore, ce qui heureusement devient de plus en plus rare grâce aux progrès de la ventilation et à l'éducation plus poussée des boutefeux, que des inflammations de grisou en résultent.

Conclusions pratiques.

1) Pour éliminer, autant que possible, les causes précitées de déflagration, les mesures suivantes paraissent recommandables :

- Bien protéger, dès l'origine, l'explosif contre l'humidité. Pour cela, rendre les cartouches bien

hermétiques et les conserver dans des boîtes étanches ; il est, de plus, souhaitable de placer les cartouches, dans une gaine ou un sac fermé, à l'intérieur de ces boîtes.

- Introduire les cartouches jointivement dans les fourneaux, par exemple, en les plaçant préalablement dans une gaine.
- Pour les tirs à retard, veiller à ce que la distance entre les fourneaux ne soit pas trop faible (supérieure à 40 cm) et que le délai, entre les départs de 2 mines voisines, soit le plus court possible (70 millisecondes au maximum).

2) Comme il n'est pas certain que ces mesures seront toujours prises, nous avons recherché un moyen complémentaire susceptible de réduire le risque dans tous les cas. A cet effet, nous avons effectué de nombreux tirs en mortier et au rocher avec le bourrage hydraulique et avons constaté que celui-ci, bien mis au point à tous égards, permet de réduire considérablement la probabilité du phénomène en question.

113. Communication n° 11. — Recherches sur la possibilité d'employer le cordeau détonant dans les conditions dangereuses de poussières et de gaz pour assurer la détonation complète des charges d'explosifs., par Prof. Dr. Ing. W. CYBULSKI (Mine expérimentale Barbara - Pologne).

L'interruption de l'onde de détonation dans la charge d'explosif d'un fourneau de mine crée toujours un risque de déflagration et, par conséquent, un grand danger dans les endroits grisouteux ou poussiéreux.

Ces ratés partiels sont occasionnés notamment par une baisse de la capacité de détonation de l'explosif, par la présence de corps étrangers entre les cartouches, par « l'effet canal » etc...

M. Cybulski s'est demandé si l'emploi du cordeau détonant ne permettrait pas, sans danger vis-à-vis du grisou et des poussières charbonneuses, d'éviter ces ratés partiels et partant les déflagrations en assurant la détonation complète de la charge.

Pour ses expériences, il a utilisé deux types de cordeau détonant à la penthrite : le cordeau détonant normal, imperméable à l'eau, L.D.N. et le cordeau détonant à haute pression L.D.W. Le second ne diffère du premier que par un recouvrement un peu plus épais de polyvinyle ; leur vitesse de détonation est de 6.020 m/s pour le L.D.N. et 6.050 m/s pour le L.D.W.

En présence de poussières de charbon d'une part et en présence de grisou d'autre part, il a essayé ces cordeaux seuls d'abord, puis avec des charges de 10 explosifs différents, allant de l'explosif roche à l'explosif spécial de sécurité.

Avec les explosifs, le cordeau était attaché le long de la charge ou placé axialement dans les cartouches de celle-ci sur toute sa longueur.

Au total, M. Cybulski a fait plus de 1.000 tirs dont les résultats peuvent s'exprimer comme suit :

I. — Tirs en poussières charbonneuses.

1) Le cordeau seul est suspendu dans un nuage de poussières.

La sécurité du cordeau L.D.N. dépend du rayon de courbure de celui-ci ; avec une inflexion de 5 cm de rayon, on a eu des inflammations de poussières.

Par contre, en aucun cas, même lorsqu'il se présentait avec des nœuds, le cordeau L.D.W. n'a donné lieu à inflammation.

2) Le cordeau est placé avec des explosifs dans le fourneau d'un mortier classique en acier.

La sécurité des explosifs n'est pas affectée et, avec amorçage postérieur, elle est même accrue.

II. — Tirs en grisou.

1) Le cordeau seul.

a) Est suspendu dans un mélange grisouteux explosible. Le cordeau L.D.N. enflamme le mélange dès qu'il présente une courbure de moins de 25 cm de rayon.

Le cordeau L.D.W. au contraire, n'enflamme pas le mélange quelle que soit sa courbure et même lorsqu'il présente des nœuds.

b) Est placé dans le fourneau du mortier classique en acier. Aucun des deux cordeaux n'enflamme le mélange grisouteux.

c) Est placé dans le fourneau du mortier « à fente », c'est-à-dire, un mortier classique dans le-

quel une fente longitudinale va du fourneau à la périphérie, comme le montre la figure 3.

Dans ces conditions, les deux cordeaux provoquent l'inflammation du mélange, avec une probabilité de 0,001, pour des longueurs de

- 23 cm du cordeau L.D.N.
- 31 cm du cordeau L.D.W.

2) Le cordeau avec des explosifs.

a) Est placé dans le fourneau du mortier classique en acier. Dans ce cas, que les cartouches soient jointives ou non, on n'a pas observé une diminution sensible de la sécurité des explosifs vis-à-vis du grisou.

b) Est placé dans le fourneau du mortier « à fente ». Dans ces conditions, l'emploi du cordeau provoque une diminution sensible de la sécurité des explosifs, surtout lorsque le cordeau est placé le long de la charge.

A titre d'exemple, la charge calculée d'un explosif de sûreté donnant 50 % d'inflammation était de 270 g sans cordeau

- 82 g avec le cordeau L.D.N. le long de la charge
- 125 g avec le cordeau L.D.N. placé axialement dans la charge.

Avec un autre explosif, cette charge était de : 337 g sans cordeau

- 221 g avec le cordeau L.D.W. placé le long de la charge.

Afin de s'assurer que, dans la pratique, le cordeau détonant provoquerait bien la détonation complète des charges, M. Cybulski a fait également des essais en charbon et en rocher.

La profondeur des trous dépassait 4 mètres et les conditions d'essai étaient telles qu'elles devaient favoriser les ratés partiels.

Avec cordeau, des charges de 4 m de longueur ont toujours détoné complètement alors que, sans cordeau, il y avait chaque fois interruption de la détonation.

Des essais ont aussi été effectués avec des charges d'explosifs de sécurité placées dans des tubes d'acier remplis d'eau sous pression de 25 atm.

L'explosif se trouvait dans une gaine en plastique et le cordeau était à l'intérieur ou à l'extérieur de cette gaine.

Cette gaine était étanche ou non et la charge d'explosif continue ou discontinue.

Dans tous les cas, l'emploi du cordeau détonant a permis d'obtenir la détonation complète de la charge d'explosif.

Discussion.

En République Fédérale d'Allemagne, on a constaté qu'en tir d'angle, le cordeau détonant fait

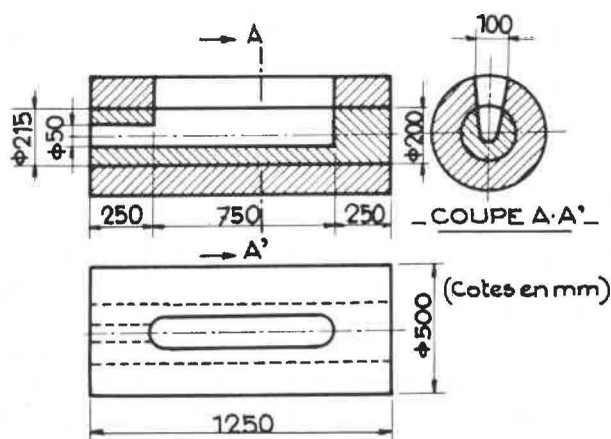


Fig. 3. — Mortier à fente.

perdre leur sécurité aux explosifs les plus sûrs (classe III).

En Belgique, on a fait la même constatation. Cependant, on se propose de faire de nouveaux essais avec le cordeau le plus antigrisouteux que l'on pourra trouver.

Aux Etats-Unis d'Amérique, on a observé des inflammations fréquentes de grisou avec le cordeau détonant.

114. Communication n° 15. — Moyens d'empêcher la déflagration des explosifs au cours du tir dans les mines de charbon, par K. K. ANDREEV et V. G. KHOTIN (U.R.S.S.)

Les travaux à l'explosif occupant une place importante dans l'industrie charbonnière, on a toujours cherché à garantir au mieux le caractère antigrisouteux des explosifs de mine.

Jusqu'à présent, on entendait par caractère antigrisouteux, la sécurité vis-à-vis du grisou lors de la détonation.

Mais, depuis quelque temps, aussi bien à l'étranger qu'en U.R.S.S., on s'est rendu compte de ce qu'un explosif, reconnu sûr en cas de détonation, pouvait *déflagrer* et, dès lors, devenir dangereux vis-à-vis du grisou.

C'est pourquoi, tant d'efforts sont consentis actuellement par les chercheurs pour empêcher ce phénomène de « déflagration ».

Jusqu'à présent, en U.R.S.S., on a cherché particulièrement :

- 1) à assurer aux cartouches d'explosif une bonne aptitude à la détonation et à veiller à ce que cette aptitude se conserve dans toutes les circonstances susceptibles de se produire dans la pratique ;
- 2) à réduire l'aptitude à la combustion des explosifs.

Les connaissances dans ce dernier domaine sont fort limitées et la possibilité de modifier l'aptitude à la combustion, sans altérer les autres propriétés, n'apparaît guère.

Par contre, on a constaté que l'augmentation de densité des explosifs de sécurité actuels abaisse leur aptitude à transmettre et à propager la détonation et que, par conséquent, pour augmenter celle-ci, il convient de leur donner une faible densité et de réduire leur aptitude au tassement.

Cela peut être obtenu par l'introduction d'une quantité suffisante « d'ameublissants » ou « d'allégants », telle la farine de bois par exemple, et par le remplacement du sensibilisateur liquide par un sensibilisateur solide.

Cependant, il faut tenir compte du fait que ces additions ameublissantes peuvent accroître l'aptitude à la combustion et qu'il n'est pas toujours facile d'apprécier cet effet indésirable.

Jusqu'à présent, toutes les recherches sur les explosifs pour charbonnages ont été basées sur le fait que ces explosifs sont employés sous forme de cartouches disposées en file dans des trous de mine.

C'est cette façon de constituer la charge qui donne tant d'importance à l'aptitude à la détonation de celle-ci.

L'utilisation de l'explosif en cartouches est évidemment fort simple et permet la conservation des poudres, la protection contre l'humidité, la suppression du contact avec la peau de l'ouvrier, etc.

D'autre part, tant qu'il s'agissait d'explosifs assez puissants, présentant et conservant une forte aptitude à la transmission de la détonation, l'emploi de cartouches en file ne présentait pas d'inconvénient mais, à l'époque actuelle où, pour augmenter la sécurité au grisou de la détonation, on a abaissé considérablement la puissance des explosifs, les joints entre les cartouches sont devenus des points faibles importants en ce qui concerne la transmission de la détonation.

Cela étant, M. Andreev estime que l'explosif ne devrait plus être utilisé en cartouches, mais d'une autre manière telle que l'aptitude à la transmission ne joue plus aucun rôle.

A cet effet, il préconise de remplir complètement les trous de mines avec l'explosif en vrac.

Ce remplissage peut être facilité par l'emploi d'un flexible en matière plastique avec ou sans air comprimé.

Avec ce procédé, pense M. Andreev, il n'y aurait plus de solutions de continuité dans la charge, l'effet canal serait supprimé, le confinement résistant favoriserait la transmission et le coût de fabrication et d'emploi de l'explosif serait diminué.

Sans doute, déclare M. Andreev, la mise au point de ce procédé nécessitera-t-elle un important travail de recherche, mais on disposera alors d'un moyen rationnel et efficace pour empêcher la déflagration des explosifs dans les mines de charbon.

115. Communication n° 32. — Etude de la détonation des explosifs en trous de mine, par J. COCÚ, M. GILTAIRE et D. SEELMANN (Cerchar - France).

L'étude de la détonation des explosifs en trous de mines prolonge notre étude de la transmission de la détonation dont les résultats ont été donnés à la 10^e Conférence Internationale des Directeurs de Stations d'Essais et à la Conférence restreinte des Directeurs de Stations d'Essais à Varsovie. L'étude a été menée suivant deux voies.

1) *Détonation de charges longues d'explosifs de mine.*

Lors du tir d'une charge longue d'explosif sous confinement, un jet gazeux entre la charge et la paroi peut modifier l'état de l'explosif en aval de l'onde de détonation. Cette action peut se traduire par un arrêt de la détonation ou par l'initiation d'une explosion dans l'explosif non encore atteint par l'onde de détonation.

L'étude systématique des paramètres du tir a conduit aux conclusions suivantes : l'augmentation de la résistance du confinement et la diminution de la rugosité des parois du trou favorisent les ratés de détonation ; l'augmentation de la densité, du diamètre de la charge et de la résistance de l'encartouche favorise l'aptitude à la détonation.

Les explosions en aval de la détonation n'ont été observées qu'avec des explosifs relativement riches en nitroglycérine. La nature de l'explosion a été précisée dans une certaine mesure par l'utilisation d'une sonde résistante placée dans la charge et par l'observation du tir avec une caméra à miroir tournant : la vitesse de propagation de l'explosion le long de la charge est plus grande que la vitesse de détonation.

2) *Tir de deux mines voisines.*

Lorsque deux mines parallèles forées dans un terrain calcaire sont tirées successivement, le tir de la première mine peut empêcher la détonation complète de la charge de la seconde mine. L'étude des conditions de tir a montré que des ratés n'étaient obtenus que pour des temps supérieurs à 0,5 ms environ et pour des distances entre mines correspondant à une fréquence notable de dénudation de la seconde charge. Le temps 0,5 ms doit correspondre, dans nos conditions d'essais, au temps nécessaire pour que le diamètre du trou de mine déformé devienne égal au diamètre de la charge.

Le but de notre travail sur la détonation et sur la transmission de la détonation est de trouver les dispositions permettant de réduire le nombre de ratés ; jusqu'ici il n'y a pas eu incompatibilité entre les dispositions suggérées par les diverses parties de notre étude. Ces dispositions sont : augmentation du diamètre des cartouches, augmentation de la résistance de l'encartouche, confection de charges uniques, écartement suffisant des trous de mines.

Par ailleurs, l'étude des charges longues permettra de préciser les conditions de décomposition de l'explosif dans certaines de nos épreuves d'agrément, tir en mortier long par exemple, et par conséquent de mieux préciser nos idées sur la sécurité au grisou de nos explosifs.

Discussion des communications précédentes.

Certains estiment que l'on est parfois allé trop loin dans la recherche de la sécurité au grisou des explosifs en régime de détonation. Ils pensent que les explosifs les plus sûrs à cet égard sont généralement de faible puissance et, de ce fait, plus sujets à déflagration, ce qui a fait naître un autre danger.

Les Allemands et les Belges considèrent qu'il n'en est pas ainsi pour les explosifs à ions échangés qui, actuellement, ne sont pas plus aptes à déflagrer que les explosifs classiques.

Les explosifs à ions échangés sont faibles à l'air libre parce que seule l'énergie de leur nitroglycérine intervient mais, en milieu confiné et donc en trou de mine, ils libèrent toute leur énergie, aussi bien celle de la nitroglycérine que celle de leurs sels et sont alors aussi puissants que les explosifs classiques qu'ils remplacent avantageusement puisque beaucoup plus sûrs.

Leur plus grande sécurité provient précisément de cette différence de comportement à l'air libre et en milieu confiné.

1 2. SECURITE DES EXPLOSIFS VIS-A-VIS DU GRISOU ET DES POUSSIÈRES

1 2 1 **Communication n° 6. — Nouveaux explosifs britanniques pour le tir à retard dans les charbonnages, par O. A. GURTON et R. WESTWATER (Grande-Bretagne).**

Avant de permettre l'emploi généralisé du tir à retard dans les houillères britanniques, le Ministre de l'Énergie décida que les explodeurs, les détonateurs et les explosifs devraient être aussi sûrs que possible à l'égard du grisou.

Les conditions d'essais adéquates ayant été élaborées, des explodeurs et des détonateurs à micro-

retards satisfaisants furent mis au point assez rapidement, mais la tâche fut plus difficile pour les explosifs.

Le test le plus sévère imposé pour ceux-ci est basé sur la possibilité d'une séparation des bancs de roches suivant un plan traversant le trou de mine sur sa longueur, laissant la charge explosive en place dans la fente ainsi produite.

Ce phénomène est représenté à la figure 4, tandis que l'appareil permettant de réaliser le test correspondant, dénommé « Break Test », est schématisé à la figure 5.

Cet appareil consiste essentiellement en deux plaques d'acier horizontales, de section carrée de 6 pieds de côté, pouvant être placées à des distances réglables, variant de 2 à 8 pouces.

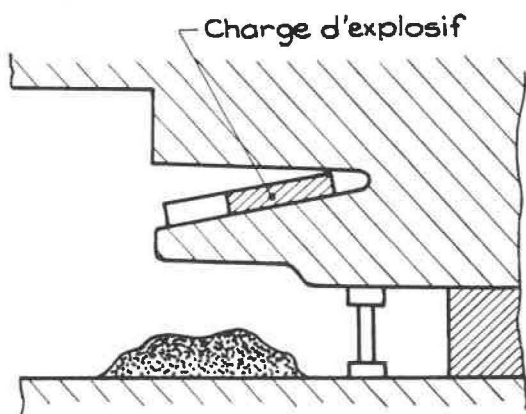


Fig. 4.

La fente ou cassure, ainsi reproduite, est fermée sur deux côtés adjacents, tandis que le reste est ouvert et communique avec une enveloppe en plastique, qui entoure l'appareil et est remplie d'un mélange grisouteux à 9 % de méthane.

La file de cartouches d'explosifs est placée dans une rainure hémicylindrique creusée dans l'axe de la plaque inférieure (fig. 5).

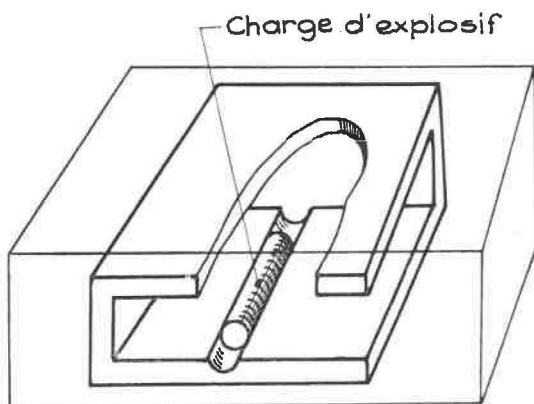


Fig. 5. — « Break-Test ».

L'amorçage est postérieur, c'est-à-dire que le détonateur est placé dans la cartouche voisine de la paroi de fond de l'appareil.

Les explosifs de sécurité classiques (sensibilisateur, nitrate ammoniac et refroidissant), qui réussirent ce test, n'étaient pas assez puissants pour la pratique à laquelle ils étaient destinés.

Il en fut de même des explosifs à ions échangés (sensibilisateur, nitrate alcalin et chlorure ammoniac). C'est pourquoi, les recherches tendirent alors à combiner le principe des explosifs classiques et le principe des explosifs à ions échangés.

Ces principes peuvent se résumer comme suit.

Allumés en milieu non confiné (à l'air libre par exemple), les explosifs classiques libèrent simultanément toute l'énergie de la nitroglycérine et toute celle du nitrate ammoniac, alors que les explosifs à ions échangés ne donnent pratiquement que l'énergie de la nitroglycérine, la réaction entre le nitrate alcalin et le chlorure ammoniac n'ayant pas le temps de se produire.

Par contre, en milieu confiné (dans un fourneau de mine par exemple) où cette dernière réaction a le temps de se produire, les explosifs à ions échangés libèrent toute leur énergie.

Le premier explosif de ce type, qui fut agréé sur la base du « Break Test » fut « Carribel ». C'est un explosif à ions échangés, mais avec 10 % environ de nitrate ammoniac.

Il ne fut admis que pour l'usage en cartouches de 31,8 mm de diamètre et à la charge maximale de 680 g par trou de mine.

Ces limitations étant gênantes, en pratique, on parvint, par la suite, à mettre au point un second explosif du même type, dérivé du « Carribel », mais plus puissant et dénommé « Carrifrax ».

Il est admis en cartouches de 36,5 mm de diamètre avec charge maximale de 1.020 g par trou de mine et l'on espère qu'il donnera satisfaction dans les mines.

Ces deux explosifs ne semblent pas plus susceptibles de déflagrer que les explosifs classiques à base de nitrate ammoniac.

Ils ne produisent pas une quantité excessive de gaz toxiques, mais leurs fumées sont épaisses et c'est pour éviter cet inconvénient que les recherches se poursuivent encore dans la voie des explosifs classiques.

122. Communication n° 21. — Les explosifs antigrisouteux et le tir antigrisouteux dans les houillères de la R. P. R., par N. JUGUREANU, I. FOCSA, R. BALTARETU (Roumanie).

Environ 68 % des houillères de la R.P.R. sont grisouteuses. Leur débit de grisou va de 1.400 m³ à 2 millions de m³ par mine et par mois.

Le classement de ces mines est fait comme suit :

I^{er} catégorie — mines avec dégagement lent de grisou avec un débit relatif de 0 à 5 m³ de CH₄ par tonne brute de charbon extraite par jour ;

II^e catégorie — idem avec un débit de 5 à 10 m³ de CH₄ par tonne - idem ;

III^e catégorie — idem - avec un débit de 10 à 15 m³ de CH₄ par tonne - idem ;

IV^e catégorie — idem - avec un débit supérieur à 15 m³ de CH₄ par tonne - idem ;

V^e catégorie — mines avec dégagements instantanés de grisou et poussières de charbon.

En ce qui concerne le danger des poussières de charbon, en dehors des mines de lignite et d'anthracite, les houillères exploitent des couches à plus de 10 % de matières volatiles dont beaucoup sont susceptibles de donner lieu à des explosions de poussières.

Les explosifs de sécurité utilisés actuellement sont des explosifs classiques à base de nitrate ammoniac. Ils contiennent aussi un sensibilisateur qui est la nitroglycérine et un inhibiteur constitué par du chlorure et du sulfate de sodium.

Pour augmenter la sécurité du minage, tant avec les explosifs brisants qu'avec les explosifs antigrisouteux, on emploie le bourrage à l'eau et la pulvérisation d'eau.

La pulvérisation d'eau peut être réalisée de deux façons :

1) A l'aide de sacs en plastique, remplis d'eau et d'où l'eau est pulvérisée par la détonation d'une petite charge d'explosif placée au sein de ces sacs.

Les sacs sont suspendus à hauteur du centre de la galerie : un sac ou deux à 1 mètre du front et autant à 2 mètres du front (fig. 6).

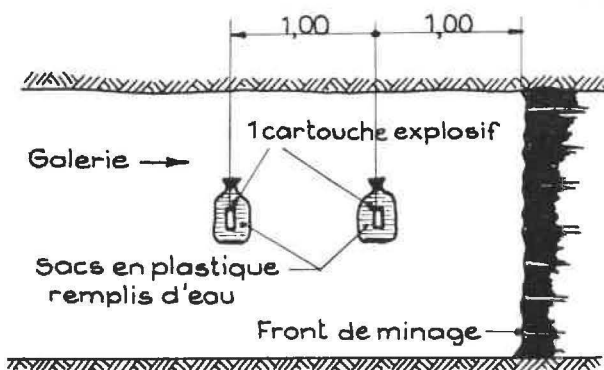


Fig. 6. — Pulvérisation d'eau à l'explosif.

Les sacs contiennent chacun de 15 à 25 litres d'eau et il faut de l'ordre de 10 litres d'eau par m² de galerie. La charge d'explosif placée dans chaque sac est de 100 g et la mise à feu de celle-ci est faite une centaine de millisecondes avant le tir principal.

2) A l'aide de pulvérisateurs de construction spéciale.

Ce procédé est surtout appliqué pour le fonçage des puits. A cet effet, à 15 m du front, on monte un anneau pourvu de 12 pulvérisateurs débitant chacun 15 litres d'eau par minute, soit au total 180 litres d'eau par minute.

123. Communication n° 24. — Etude sur la sécurité des explosifs en présence de méthane et de poussières de charbon dans le charbon et le grès ainsi que dans des mortiers d'acier, par Prof. Ing. CYBULSKI (Pologne).

La présente note est la suite des travaux de recherches publiés à la Conférence Internationale des Instituts de Recherche Scientifique tenue à Pittsburg, U.S.A., en 1959 et dans le Bulletin n° 235 de l'Institut Principal Minier, Mine expérimentale « Barbara ».

Les études portent sur la sécurité du tir, dans les conditions d'une détonation complète, en présence de grisou ou de poussières de charbon.

Les essais ont été faits avec des explosifs agréés et avec d'autres explosifs très puissants. Ils ont été effectués dans des mortiers d'acier de différents types ainsi qu'en charbon et en grès.

Ces essais ont permis de recueillir de nombreux renseignements intéressants, tant du point de vue scientifique que pratique.

On ne peut résumer tous ces résultats, mais voici quelques conclusions ou remarques qui en dérivent :

1) On peut classer les tirs selon leur degré de danger, en commençant par le degré le plus élevé, de la façon suivante.

A) *En roche.*

- 1) Tir d'angle en face d'une paroi résistante, résultant d'une dénudation du trou de mine sur tout ou partie de sa longueur, par une mine voisine explosant plus tôt.
- 2) Explosion complète de la charge en dehors du trou de mine.
- 3) Explosion d'une mine dont le trou est recouvert d'une couche trop mince de roche.
- 4) Explosion d'une mine amorcée postérieurement et dont le bourrage a été préalablement amputé par une mine voisine.
- 5) Explosion d'une mine amorcée antérieurement et dont le bourrage a été préalablement amputé par une mine voisine.

B) *Au mortier.*

- 1) Tir au mortier « à fente » avec paroi de choc.
Le mortier à fente est un mortier en acier cylindrique dans lequel une fente longitudinale de section en forme de secteur, va du fourneau à la périphérie du mortier.
- 2) Tir au mortier rainuré avec paroi de choc.
- 3) Tir au mortier classique, sans bourrage, avec amorçage postérieur.

- 4) Tir en charge suspendue librement dans l'atmosphère.
- 5) Tir au mortier classique, sans bourrage, avec amorçage antérieur.
- II) Dans la pratique minière, les explosifs agréés ont un très haut degré de sécurité en présence de la poussière de charbon.
- III) Dans la pratique minière, la limitation de la charge d'emploi n'est pas justifiée pour les explosifs agréés.

13. AMORÇAGE DES MINES

131 Communication n° 1. — Recherches sur la sécurité au grisou des détonateurs à retard lors du tir en trou de mine avec bourrage, par H. AHRENS et H. MEERBACH (Allemagne Fédérale).

Les recherches relatées ont été entreprises à la suite de deux incidents de tir, à savoir :

- 1) Un feu s'est déclaré dans les remblais à la suite d'un tir avec des explosifs de la plus haute sécurité (classe III). Des inscriptions relevées dans le carnet du boutefeu, on pouvait supposer qu'il y avait deux détonateurs dans chaque fourneau.
- 2) Un boutefeu, rendu plus attentif par un accident grave, observa des phénomènes lumineux lors d'un tir en taille d'une série de mines chargées d'explosifs de classe III et amorçées au moyen de détonateurs à court retard.

Essais dans des charbonnages.

Des phénomènes lumineux furent observés par les auteurs au cours de tirs en veine dans différentes conditions de température des terrains.

Ces phénomènes, qui furent surtout observés avec des détonateurs à courts retards de n° 2, 3 et 4 et à longs retards de n° 9 et 10, consistaient en traînées lumineuses paraissant produites par des fragments métalliques se déplaçant à grande vitesse, à travers les havées libres de la taille, dans le prolongement des fourneaux.

Les traits lumineux subissaient des réflexions lorsqu'ils rencontraient un étauçon métallique ou une pierre du remblai et l'on a même vu des traits lumineux plonger vers le mur et s'y arrêter avant d'atteindre les remblais situés à 3 havées du front.

Ces expériences permirent de faire les constatations suivantes :

- a) L'orientation du détonateur a une grande importance. Le phénomène se manifeste particulièrement lorsque la tête du détonateur est dirigée vers l'orifice du trou de mine.
- b) La position du détonateur dans la charge joue aussi un rôle dans le sens d'un affaiblissement du phénomène lorsque le détonateur est plus éloigné de l'orifice du trou.

- c) Les traits lumineux sont plus brillants et plus nombreux lorsque l'explosif utilisé est plus puissant.
- d) La nature du bourrage n'a pas d'influence, mais les traînées sont d'autant plus lumineuses que le bourrage est plus long.
- e) En l'absence de bourrage, il n'y a pas de traits lumineux, mais simplement des points lumineux dans les fumées.
- f) L'enveloppe des cartouches, la nature ou la longueur des fils de détonateur ne semblent pas intervenir dans l'allure du phénomène.

Il se pourrait donc que ces traits lumineux soient dus à des éclats de détonateurs (particules provenant du tube, morceaux du relais ou relais entier) chauffés par les gaz d'explosion ou encore aux scories incandescentes du relais.

Essais à la mine expérimentale de Trémonia.

Bien que cette mine soit plus froide et plus humide que celles où les expériences précédentes furent réalisées, on y observa couramment les mêmes phénomènes lumineux.

Cela étant, on y procéda à des tirs en présence de grisou à teneur inflammable.

On tirait, chaque fois, deux ou trois mines forées, à front d'un bouveau, parallèlement à une face dégagée et chargées de 4 cartouches d'un explosif de la classe III.

Sur quatre séries d'une vingtaine d'essais, on obtint trois inflammations, mais celles-ci furent attribuées à la présence d'une porte métallique à 1,50 m du front ; la température d'un éclat de détonateur frappant cette porte pouvait, en effet, être considérablement accrue au moment de l'impact.

On procéda également, de la même manière, à une vingtaine d'essais en charbon en portant la charge à 8 cartouches sans obtenir d'inflammation.

Essais à la station de Derne.

- a) Cas de deux détonateurs dans un fourneau.

Un détonateur normal antigrisouteux et un détonateur du même type, mais dont les fils étaient cou-

pés, ont été introduits chaque fois dans une charge d'explosif de la classe III suspendue librement dans l'atmosphère grisouteuse.

Dans ces conditions, on a obtenu jusqu'à 7 inflammations sur 10 tirs.

On sait que ces détonateurs tirés isolément dans les mêmes conditions n'enflamment jamais le mélange grisouteux.

Les essais en taille ont montré que la présence d'un bon bourrage du trou de mine ne supprime pas le danger que crée l'introduction d'un second détonateur dans la charge.

b) Phénomènes lumineux.

Jusqu'à présent, dans les tirs au mortier, on n'a pu reproduire les phénomènes lumineux observés dans les travaux souterrains.

Dans certaines conditions d'amorçage, on a toutefois obtenu des étincelles entre le mortier et une paroi d'impact, mais on ne sait pas encore si ces étincelles sont réellement de même nature que les traînées lumineuses enregistrées au fond.

Les recherches continuent.

14. PROCÉDES DE BOURRAGE DES TROUS DE MINE

141. Communication n°13. — Etude des caractéristiques de tir dans les houillères, par KAORU NAMITOME et TOMOYUKI FUKUCHY (Japon).

Résistance du bourrage.

Les auteurs ont d'abord voulu déterminer la résistance offerte par différents bourrages au moment du tir. Pour cela, ils ont réalisé l'appareil représenté à la figure 7.

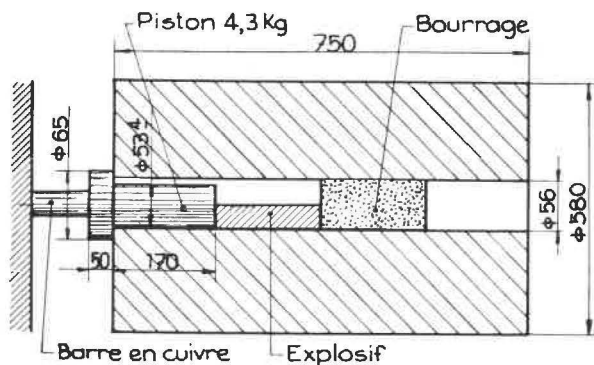


Fig. 7. — Appareil pour mesurer la résistance du bourrage.

Cet appareil comprend un mortier cylindrique en acier avec fourneau de 56 mm de diamètre ouvert à ses deux extrémités.

On dispose dans ce fourneau une charge d'explosif qui est comprise entre un piston et le bourrage à essayer. A l'extérieur, le piston est placé contre une barre de cuivre fixe. Au moment du tir, la barre de cuivre s'écrase plus ou moins suivant la résistance offerte par le bourrage.

L'écrasement de la barre de cuivre donne donc une idée de la résistance du bourrage.

Se basant sur ce critère, les auteurs ont constaté que, pour obtenir un même écrasement, il fallait respectivement un même multiple de

100 g d'argile (à 20 % d'H₂O),
200 g de sable humide (10 % H₂O),
600 g de sable sec,
50 g d'eau (en gaine plastique).

Degré de sécurité au grisou dû au bourrage.

Lorsque la mine fait « canon », le mélange grisouteux peut être enflammé par une certaine quantité d'explosif et c'est le bourrage, dans ce cas, qui doit assurer la sécurité.

Les auteurs ont fait des essais au mortier avec bourrage à l'eau et ont constaté le haut degré de sécurité que présente celui-ci.

Ils ont également observé que la gaine plastique, qui contient l'eau, n'a pas d'influence sur la sécurité.

Gaine spéciale pour explosifs.

Les auteurs ont alors mis au point une gaine spéciale représentée à la figure 8.

Cette gaine de plastique est à double paroi.

Les cartouches d'explosif sont placées à l'intérieur de cette gaine et le vide entre les deux parois de celle-ci est rempli d'eau. Une épaisseur de 3 mm de la couche d'eau serait suffisante pour assurer la sécurité.

Des essais ont été faits en galerie expérimentale en présence de grisou, avec des charges d'explosif ainsi enveloppées, soit en suspension dans l'atmosphère, soit placées sur une plaque en acier.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau I.

Discussion.

En Allemagne Fédérale, on a procédé à des essais avec une gaine du genre de celle décrite dans la communication et, dans certains cas, on a constaté des ratés partiels de transmission.

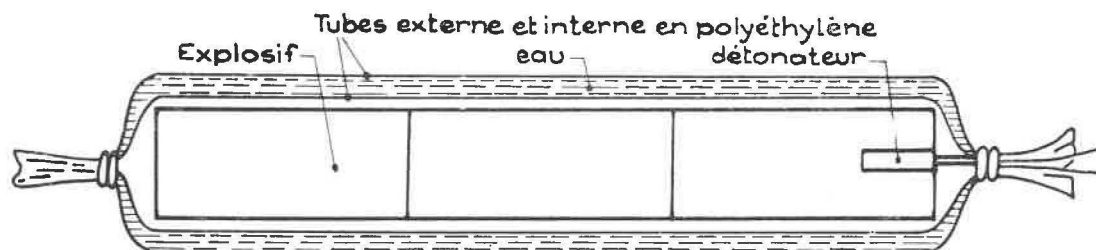


Fig. 8. — Structure spéciale d'une gaine à eau pour cartouches d'explosif.

TABLEAU I.

Rapport du nombre d'inflammations au nombre de tirs d'après le poids d'explosif (en grammes) utilisé.

Méthodes d'essais	Explosif	Condition	Poids d'explosifs (en grammes)											
			30	50	75	100	125	150	200	300	400	450	600	800
Charge suspendue	Explosif au nitrate ammonique	explosif seul	0/5 1/1											
		explosif gainé	0/1	0/1					0/1	0/1	0/1			0/5
	Dynamite gelatineuse au nitrate ammonique	explosif seul	0/5 1/2											
		explosif gainé						0/1		0/1		0/1	0/5	
Charge sur plaquette d'acier	Dynamite gelatineuse au nitrate ammonique	explosif seul	0/5 1/1											
		explosif gainé						0/1		0/1		0/3		0/4

142. Communication n° 16. — Procédé de tir pour mines grisouteuses, par Dr. Ing. J. KOTA (Hongrie).

Le rapport traite de trois questions.

1) Il décrit une sonde pneumatique pour la recherche de fissures à l'intérieur des trous de mine. A l'aide de cette sonde, on peut, en quelques secondes, repérer les fissures dangereuses que traverse le trou de mine. La sonde est en mesure de nettoyer le trou et aussi d'enlever le bourrage en cas de raté et même d'extraire l'explosif.

2) Il décrit un mode de bourrage. Comme matière de bourrage, on emploie du cailloutis à gros éléments et de l'eau gélatinisée, ou simplement des produits concassés de grosseur variée. La gaine de

bourrage peut être déchirée dans le trou et la matière de bourrage est alors tassée avec coincement.

3) En recourant aux deux procédés ci-dessus, on peut envisager d'employer un explosif à plus forte puissance. Pour compléter l'effet des deux mesures qui font l'objet des deux alinéas précédents, on renforce la sécurité à l'égard du grisou en disposant un avant-bourrage, constitué par du NaHCO_3 , entre l'explosif et le bourrage proprement dit. L'effet de l'avant-bourrage résulte de ce que les CO_2 , H_2O , etc... produits éventuellement par la décomposition de NaHCO_3 , refroidissent l'explosif et l'isolent en outre de l'oxygène extérieur. En l'absence d'oxygène extérieur, les réactions différées ne se produisent plus, les produits de l'explosion se refroidissent après une brève course d'expansion et perdent leur aptitude à l'inflammation.

Le NaHCO_3 et le bourrage proprement dit sont introduits dans une gaine en matière plastique. La gaine est confectionnée de manière à pouvoir être ouverte brusquement afin que le prébourrage et le bourrage bouchent la section entière du trou de mine.

1 4 3. Communication n° 14. — Compteurs de coups tirés avec retard, par S. HIGASHIJI-MA (Japon).

Il s'agit d'un appareil destiné à compter le nombre d'explosions dans les tirs avec détonateurs à retard en utilisant le potentiel électrique créé par ces explosions.

Le mécanisme de la création de ce potentiel électrique n'est pas encore connu. On considère qu'il se produit de l'électricité au cours de la détonation d'une substance fortement ionisée par une température élevée ou une haute pression. Quoi qu'il en soit, le potentiel électrique, créé par la détonation d'un explosif chargé dans un trou de mine, peut être décelé par une technique de sonde. Lors du tir, on peut généralement utiliser les conducteurs du détonateur électrique comme sonde.

Si ce conducteur est relié à l'entrée d'un détecteur situé près des charges d'un trou de mine, on peut mesurer la différence de potentiel par rapport à la terre.

Dans les tirs avec les retards ordinaires, le potentiel observé dû à la détonation des charges dans un trou de mine est le potentiel maximal pris par le conducteur servant de sonde. Il est de quelques volts et redevient nul après quelques centaines de microsecondes, quelle que soit la nature du sol où il est décelé.

L'appareil dénommé « compteur de coups », comporte un amplificateur, un générateur d'ondes rectangulaires et un dispositif de comptage. L'impulsion de la détonation des charges correspondant à l'alimentation du dispositif de comptage est augmentée par l'amplificateur.

Quand l'impulsion amplifiée lui est appliquée, le générateur d'ondes rectangulaires, réglé par un flip-flop, n'émet qu'une seule onde rectangulaire de durée relativement courte, de 1,7 milliseconde.

Pour compter les détonations d'un tir, on utilise un decatron mis en action par l'onde rectangulaire émise par le générateur. Grâce à ce dispositif, on peut compter les détonations successives de charges tirées à des intervalles supérieurs à 1,7 milliseconde.

On emploie de façon courante cet appareil pour compter le nombre de détonations lorsqu'on utilise des détonateurs électriques de retards différents, à raison de un par trou de mine. Il est employé particulièrement dans les houillères japonaises où on utilise 5 à 10 retards dans les volées avec mise à feu par volée.

Quand on emploie cet appareil, il faut que le conducteur des détonateurs soit relié électriquement à la ligne de tir jusqu'à achèvement des détonations. A cet effet, on utilise un détonateur électrique spécial avec bobine de résistance mise en parallèle avec le filament du dit détonateur.

Cet appareil permet de compter des explosions se produisant à des intervalles de 10 à 30 millisecondes.

Discussion.

Il convient de remarquer que l'appareil ne peut indiquer les ratés dans une série de mines amorcées au moyen de détonateurs ayant le même retard.

1 5. METHODES D'ESSAIS DES EXPLOSIFS

1 5 1. Communication n° 3. — Influence de la teneur en gaz naturel des atmosphères de galerie sur leur inflammabilité, par R. W. VAN DOLAH, N.E. HANNA et R.L. GRANT (Etats-Unis d'Amérique).

Trois expériences, d'ordre aléatoire, portant sur 3×7 facteurs, ont été faites pour étudier l'influence de la teneur en gaz naturel de l'atmosphère d'une galerie sur son inflammabilité. Chaque expérience comprenait 21 combinaisons de trois explosifs agréés différents et sept teneurs en gaz variant de 7 à 10 %. Le caractère aléatoire du procédé consistait essentiellement à numérotter ces combinaisons de 1 à 21 ; l'ordre des expériences a été déterminé en choisissant chaque fois une de ces combinaisons

au hasard. Sept sur neuf des explosifs employés étaient du type granulaire, deux étaient du type gélatineux. Les densités variaient de 0,69 à 1,60 g/cm³ et les vitesses de détonation de 1.850 à 5.260 m/s.

Comme critère de l'inflammabilité du gaz, la valeur W_{50} d'un explosif donné pour une teneur en gaz donnée a été déterminée dans la grande galerie d'essais du Bureau. On définit la valeur W_{50} comme le poids d'explosif en grammes pour lequel il y a une probabilité de 50 % pour que l'atmosphère de la galerie s'enflamme dans les conditions expérimentales données. La valeur W_{50} de chaque explosif a été déterminée au moyen de la méthode « up-and-down » pour chacune des sept teneurs en gaz. La durée de chaque série d'essais était établie par dix paires d'inflammations et de non-inflammations,

exigeant un minimum de 20 coups par détermination. Pour préparer les charges, les cartouches étaient fendues et bourrées dans un mortier d'acier ayant un calibre de 57,5 mm ; une livre d'argile sèche servait de bourrage. Dans chaque cas, le tir était initié par un détonateur électrique n° 6 du commerce, introduit à l'arrière de la charge, au fond du trou.

L'analyse statistique des données obtenues au cours de ces expériences montre que la variation de la teneur en gaz naturel de la galerie a une influence très nette sur l'inflammabilité de son atmosphère. La plus forte inflammabilité de l'atmosphère par les explosifs agréés, pour les conditions expérimentales données, correspond à 8,1 % de gaz naturel par volume. Ce résultat confirme donc le choix de 8 % de gaz naturel fait par le

Bureau of Mines pour les essais officiels sur explosifs.

Ces données montrent aussi que l'aptitude d'un explosif à donner des inflammations n'est pas déterminée uniquement par la vitesse de détonation, la teneur relative en oxygène ou sa puissance. Cependant, il doit être possible d'établir un rapport raisonnable entre ces caractéristiques de l'explosif et son aptitude à donner des inflammations. Si on classe les données par genres d'explosifs, l'aptitude des explosifs agréés à donner des inflammations augmente avec la vitesse de détonation ou la puissance. En outre, pour les explosifs sous-oxygénés étudiés dans le cas présent, plus la teneur relative en oxygène est faible, moins l'explosif provoque des inflammations pour une classe définie par sa teneur en sel.

2. GRISOU

2 1. GRISOMETRIE

2 1 1. Communication n° 29. — Le grisomètre déclencheur d'indication et d'alerte type Barbara MAW 1, par Dr. J. WRONSKI, J. CIOK, P. KRZYSTOLIK, J. LEWANDOWSKI et A. LOBEJKO (Mine expérimentale Barbara, Mikolow, Pologne).

Les auteurs ont cherché à réaliser un grisomètre d'alarme à la fois indicateur, téléindicateur et déclencheur, à fonctionnement indépendant du réseau électrique. Il continue ainsi à donner des indications, même après déclenchement du réseau.

Le grisomètre mis au point (fig. 9) est du type à filaments de Pt-Rd. Deux filaments identiques de 0,3 mm de diamètre forment deux branches d'un pont de mesure, dont les deux autres branches sont constituées par les deux moitiés de l'enroulement primaire d'un transformateur. Ils sont parcourus par un courant électrique alternatif d'intensité suffisante pour les porter à la température d'inflammation du méthane. L'un se trouve dans l'air pur et l'autre dans l'air à analyser. Le méthane brûle au contact de ce dernier, en élève la température et accroît ainsi sa résistance électrique. Le pont étant alimenté en courant alternatif, cette modification de résistance entraîne un déphasage du courant dans la diagonale de mesure. Ce déphasage est mesuré par un détecteur de phase qui indique directement la teneur en grisou.

L'échelle de mesures s'étend de 0 à 2,5 % de CH₄.

L'appareil ne fonctionne pas continuellement. Il procède normalement à une analyse toutes les 5 minutes. La durée des filaments est ainsi portée à un an. Un bouton-poussoir donne la possibilité de commander manuellement le dosage.

Le pont est alimenté en série avec l'ampoule d'un phare de 6 V - 35 W par une turbo-génératrice à l'air comprimé, dont la pression est stabilisée par un régulateur très efficace. La pression du réseau peut varier de 2 à 6 kg/cm² sans altérer les indications du grisomètre. La fréquence du courant de la génératrice est de 400 pér./s environ.

L'air à analyser est aspiré dans l'appareil sous l'effet de la dépression créée par un éjecteur à air comprimé. L'air sortant de ce dernier fait tourner une petite turbine auxiliaire qui commande le fonctionnement périodique de l'analyseur.

L'indication de l'appareil peut être transmise à un central de télégrisométrie par l'intermédiaire d'un amplificateur à forte résistance de sortie (la résistance de la ligne est ainsi sans influence) et, quand elle dépasse 1 ou 2 % de méthane, commander l'alerte ou le déclenchement du réseau électrique par l'intermédiaire de bascules du type Schmidt.

Les lignes de transmission, d'alerte ou de déclenchement sont de sécurité intrinsèque.

L'appareil lui-même est enfermé dans un coffret en surpression de 15 mm CE par rapport à l'atmosphère extérieure. Ce coffret est balayé entièrement 5 fois par seconde par l'air d'échappement des turbines.

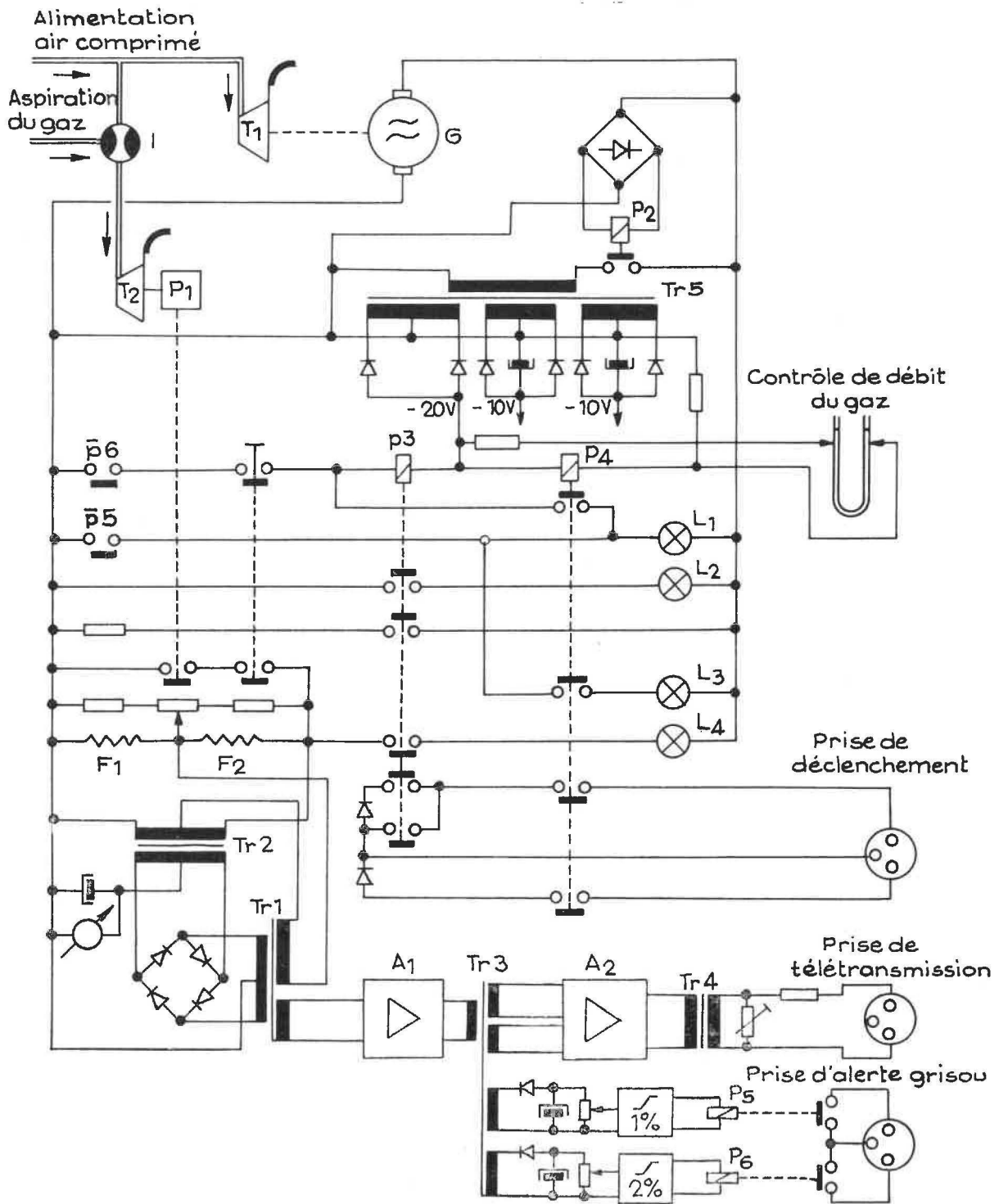


Fig. 9. — Grisomètre déclencheur d'indication et d'alerte type Barbara MAW.1.

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---|
| Pl... 6 : relais | F1 : filament de combustion | L3 : voyant lumineux jaune (alarme panne) |
| G : générateur | F2 : filament de compensation | L4 : lampe de réflecteur 35 W, 6 V |
| T1 : turbine du générateur | L1 : voyant lumineux vert (1 %) | A1 : amplificateur |
| T2 : turbine du relais de dosage | L2 : voyant lumineux rouge (2 %) | A2 : amplificateur de télétransmission |
| I : injecteur | | |

La chambre d'analyse est précédée et suivie par un dispositif coupe-flamme à interstices de 0,15 mm.

Le zéro peut être réglé facilement en prélevant de l'air pur dans le coffret.

La circulation de l'air à analyser est contrôlée par un manomètre à contact.

Entre les périodes de mesure, qui durent une vingtaine de secondes, le pont est court-circuité et le phare, alimenté dès lors sous la tension totale de la turbine, donne son plein éclat. Le fonctionnement de l'appareil se manifeste donc par l'assombrissement du phare toutes les 5 minutes.

Les dispositifs d'alerte et de déclenchement sont à sécurité positive : quand tout est normal, les relais attirent leur armature.

Un voyant jaune s'allume si le débit de l'air comprimé est incorrect, si l'ampoule du phare est brûlée ou si la pression d'air comprimé est trop forte.

L'alerte est donnée :

- à 1 % de CH₄, par le clignotement d'un voyant vert ;
- à 2 % de CH₄, par l'extinction du phare et l'allumage du voyant vert et d'un voyant rouge.

En ce qui concerne les performances de l'appareil, on peut citer la précision de $\pm 0,1$ %, la stabilité du zéro, l'absence d'influence du CO₂ jusqu'à 5 % et de la pression de l'air entre 2 et 6 kg/cm².

Discussion.

Au cours de la discussion, l'auteur donne les précisions suivantes :

- Rien ne s'oppose à la réduction de l'intervalle entre les lectures. Il faudrait seulement remplacer les filaments plus souvent.
- Trois modèles sont maintenant à l'épreuve en mine expérimentale.
- Le résultat n'est pas modifié par la présence de CO₂, tout au moins jusqu'à 3 %.
- Le tuyau d'aspiration peut avoir 40 à 50 m de longueur.
- Comme tout appareil à combustion catalytique, le « Barbara MAW 1 » peut donner les mêmes indications à faible et forte concentration.

212. Communication n° 34. — Dispositif de protection automatique contre le grisou, destiné à assurer la sécurité du matériel électrique antidéflagrant, par I.V. BOBROV et P. F. KOVALEV (Maknii - U.R.S.S.)

Un tel dispositif a été étudié en vue de développer l'emploi de l'électricité dans les mines à dégagement instantané de grisou.

Il se compose, en principe, d'un analyseur infra-rouge qui donne au disjoncteur du quartier sur-

veillé, le signal de déclenchement lorsque la teneur en grisou atteint 1,5 à 2 %. Pour que la sécurité soit complète, il faut d'abord que le retard à l'indication de l'analyseur soit négligeable et, ensuite, que le retard au déclenchement soit inférieur au temps nécessaire pour que la teneur en grisou passe de 1,5-2 à 4-4,5 %.

Cette dernière condition paraissait très difficile à remplir en cas de dégagement instantané. C'est pourquoi, des observations ont été effectuées au cours de 24 dégagements instantanés provoqués, en posant judicieusement près du front de taille, des capteurs des types à piston, à vide et à eau, et en déclenchant les prises à des instants précis après le lancer du courant du tir d'ébranlement.

La teneur est passée de 1,5 - 2 à 4 - 4,5 % en 1 seconde dans un premier cas, en 2 secondes dans un deuxième et en plusieurs secondes dans tous les autres cas.

La première condition est satisfaite par l'analyseur infra-rouge déjà décrit par M. Perepelitsa (U.R.S.S.) dans sa communication à la Conférence de Varsovie en 1961 (Annales des Mines de Belgique, juin 1962, p. 595). Cet appareil a été conçu pour donner une réponse très rapide (0,45 s), notamment en aspirant l'air à vitesse considérable dans la chambre d'analyse.

Grisomètre et relais de commande sont enfermés chacun dans une enveloppe antidéflagrante, pesant au total 78 kg. Le relais de commande fournit le courant électrique nécessaire au fonctionnement de l'analyseur. Il reçoit, de ce dernier, le signal d'alerte et le transmet après amplification au disjoncteur du réseau pour en commander le déclenchement. Il assure également certains verrouillages et, notamment, il empêche de fermer le disjoncteur si le grisomètre n'est pas alimenté ou ne fonctionne pas. Il commande différents signaux optiques en cas de mauvais fonctionnement de certains organes. Il est lui-même alimenté en amont du disjoncteur.

Cette installation, réglée au seuil de déclenchement de 1,5 % de CH₄, et associée avec un disjoncteur du type classique, assure la mise hors tension du réseau, 0,6 à 0,8 s après dépassement de la teneur de 1,5 %.

Discussion.

En réponse à plusieurs questions, les précisions suivantes sont données :

- Le temps de réponse du relais est de 0,15 à 0,35 s et celui de l'ensemble est de 0,6 à 0,8 s.
- Il n'y a pas encore d'appareil en exploitation.

Il existe seulement un prototype dont le poids est de 78 kg. On va commencer la construction d'une série expérimentale.

213. Communication n° 27. — Contribution aux études de grisoumétrie, par P. BELUGOU, M. de VERGERON et A. MONOMAKHOFF. (Cerchar - France).

Comme il n'existe pas de grisoumètre universel, l'objet de cette communication est de faire le point sur les études faites au Cerchar sur le problème de la grisoumétrie et d'indiquer les solutions en cours d'élaboration pour certains types nouveaux d'appareils.

Les grisoumètres portatifs, actuellement représentés par le Verneuil 54, évoluent vers la simplification et la miniaturisation. Un appareil nouveau, le Verneuil miniature 63, est en expérimentation pratique. Il est dérivé du Verneuil 54 en ce sens qu'il comporte les mêmes organes d'analyses : un filament actif et un filament compensateur constituant deux des branches d'un pont de mesure. Le méthane brûlant au contact du filament actif en élève la température et, par conséquent, la résistance électrique et provoque ainsi un déséquilibre du pont. Ce déséquilibre indique la teneur en méthane. Le nouvel appareil est alimenté par deux accumulateurs étanches qui, après une charge d'une durée de 16 heures, peuvent assurer une centaine de mesures. L'échelle est limitée à 2,5 % et l'erreur est de l'ordre de $\pm 0,1$ % de CH_4 . L'appareil pèse 370 g ; il a la forme d'un cylindre ayant 46 mm de diamètre et 125 mm de hauteur. Le gaz à analyser est aspiré par une poire. Un tube prolongateur est prévu pour effectuer les prises à distance.

Les grisoumètres téléindicateurs du type VT - 60 A sont en exploitation courante. Ils comportent une tête renfermant 2 filaments disposés dans un pont de mesure (comme les appareils portatifs), un poste codeur, et un poste de commande. Celui-ci peut être très éloigné des deux autres éléments ; la liaison est assurée par une ligne de sécurité intrinsèque.

Le poste codeur transforme le déséquilibre du pont, proportionnel à la teneur en méthane, en un signal alternatif dont la fréquence varie avec la teneur (10 kHz en air pur - 6 kHz pour 6 % de CH_4). Le récepteur qui se trouve au poste de commande, comporte un dispositif de remise en forme du signal reçu, et un fréquencemètre transistorisé, directement gradué en % de grisou.

La tête de mesure n'est pas continuellement en service : elle ne procède à une analyse qu'au reçu d'un signal venant du poste de commande.

Les centraux de télégrisoumétrie ont franchi un premier stade d'expérimentation prolongée en service effectif. Un tel central a été installé dans un bassin français ; pendant un an, on a enregistré près de 200.000 mesures contrôlées au moyen de prises et d'analyses locales. L'erreur moyenne est de l'ordre de $\pm 0,2$ % de CH_4 .

On s'applique à les rendre plus souples et plus universels. Le nombre total de points à surveiller est augmenté, mais certains d'entre eux agissent uniquement sur des alarmes à seuils variables. En d'autres points, il est possible de connecter des débitmètres à air dont les indications sont également enregistrées.

Les grisoumètres enregistreurs autonomes seraient très utiles pour relever le régime de dégagement du grisou en un point particulier. Un tel appareil a été réalisé, mais non encore expérimenté. Il est alimenté par un accumulateur de lampe au chapeau et est de sécurité intrinsèque. Il comporte une tête de mesure à filaments, une horloge électrique entraînant un papier à inscription électrique. Il effectue 10 à 20 mesures à l'heure et possède une autonomie d'une semaine.

Les grisoumètres déclencheurs sont représentés en France par un appareil analyseur à infra-rouge ADR-59-D, qui, commercialisé depuis plusieurs années, a fait ses preuves, ainsi que par un prototype nouveau utilisant des filaments catalyseurs de haute stabilité, en cours d'étude. Ce dernier a été conçu en vue de disposer d'un appareil moins lourd et moins coûteux que le premier.

Les grisoumètres pour fortes teneurs sont actuellement à l'étude afin de répondre aux nécessités du contrôle du dégazage ou de l'analyse de l'atmosphère des mines très grisouteuses, notamment après des dégagements instantanés ou des arrêts de ventilation.

Pour la première utilisation, on a créé un analyseur infra-rouge, enregistreur.

La seconde impose beaucoup de conditions. L'appareil doit notamment être autonome et téléindicateur ; il doit également être de sécurité intrinsèque et présenter une précision suffisante de 0 à 3 %.

Aucune solution pratique ne semble encore avoir été trouvée.

Discussion.

On peut retenir de la discussion les différents points suivants :

- Il semble qu'il est suffisant de pouvoir faire au moyen d'un appareil portatif, une série de 100 mesures avec une seule charge.
- Le Cerchar s'applique à lever le doute sur les indications équivoques des appareils à filaments.
- Un grisoumètre déclencheur ne doit pas nécessairement être de sécurité intrinsèque. Il peut se couper lui-même. Mais on reste évidemment sans indication pour le rétablissement ultérieur de la tension du réseau.

Séance spéciale consacrée à la grisoumétrie.

Au cours de cette réunion, les différents grisoumètres ont été passés en revue.

Des idées échangées à leur sujet, il y a lieu de retenir les principaux éléments ci-après.

Appareils à infra-rouge.

Ces appareils sont susceptibles d'une grande précision et d'une grande rapidité ; ils donnent une mesure continue et leur échelle peut s'étendre aussi bien de 0 à 100 % que de 0 à 2 %. Ils semblent être les plus sûrs pour la commande du déclenchement de la tension sur le réseau, dans les mines à dégagements instantanés.

Ils demandent cependant une alimentation électrique puissante et doivent, par conséquent, être antidéflagrants, donc lourds et fixes. Des progrès dans le sens de l'allègement ont eu lieu au cours des dernières années : l'appareil allemand Unor pèse 25 kg, alors que les appareils primitifs pesaient 250 kg.

Il est à souhaiter de pouvoir disposer d'un appareil indépendant du réseau, c'est-à-dire autonome et portable.

En attendant, la solution immédiatement applicable et d'ailleurs déjà appliquée est de laisser l'appareil raccordé au réseau, mais de constituer une réserve d'énergie pour 24 ou 48 heures dans des batteries d'accumulateurs.

Les recherches actuelles de Cerchar portent sur un appareil alimenté par l'accumulateur d'une lampe chapeau. Il semble que la mise au point d'un tel appareil ne pourra être réalisée que lorsqu'on aura les émetteurs d'infra-rouge à semi-conducteurs.

Les appareils utilisés actuellement au fond en Allemagne et en France montrent une bonne stabilité du zéro et de la sensibilité. Pour obtenir ce résultat, il faut prendre les précautions nécessaires pour éviter toute introduction de poussières dans la chambre d'analyse.

Appareils à combustion catalytique.

Le principe de la combustion catalytique conduit à des appareils très légers et de sécurité intrinsèque. Mais les indications ne sont pas univoques, la durée des filaments n'est pas très grande et leur vieillissement entraîne une dérive du zéro.

De grands progrès ont été réalisés ces dernières années mais de nouveaux restent possibles. Certains participants estiment que l'univocité des résultats a une très grande importance. En effet, pour une échelle 0-2 %, une indication comprise entre ces

valeurs peut aussi signifier que la teneur en méthane est comprise entre 100 et 80 %. Une solution adoptée en Allemagne consiste à utiliser l'effet catharométrique de ces mélanges à teneur élevée pour bloquer l'aiguille au maximum.

On remarque encore que l'ambiguïté est surtout grave pour les appareils portatifs. Pour les appareils d'alarme et d'enregistrement, elle a beaucoup moins d'importance.

Pratiquement, les appareils à combustion pourraient être réservés aux porions, tandis que les surveillants d'aérage disposeraient d'interféromètres qui sont, eux, absolument univoques.

A un autre point de vue, on note que, pour des appareils fixes, on peut employer des filaments de gros diamètre, donc de longue durée de vie.

Interféromètres.

Ces appareils sont univoques, de sécurité intrinsèque et ont un domaine très étendu. Mais la teneur y est assez difficile à lire ; ils sont fragiles et influencés par les gaz étrangers, ainsi que par la température et la pression surtout aux teneurs élevées.

Ils se prêtent à la détermination du CO₂. Pour la détermination du CH₄, il faut une cartouche absorbante. Si la vitesse du gaz dans celle-ci est élevée, une partie du CO₂ peut atteindre la chambre d'analyse.

Certains membres estiment que le reproche de fragilité ne se justifie pas pratiquement et que les variations de température et de pression entre la surface et le fond se compensent de telle sorte qu'il n'y a pas de corrections à faire.

Il y a lieu, en service, de procéder à des révisions trimestrielles pour sécher les chambres d'analyse et de compensation.

Catharomètres.

Il en existe deux types : l'appareil enregistreur hollandais et l'appareil portable allemand.

Ils sont de sécurité vis-à-vis d'une inflammation de grisou, ils peuvent être construits pour une échelle quelconque et sont univoques et légers.

Ils ne sont malheureusement pas sélectifs : le CO₂ et la valeur d'eau doivent être absorbés dans des cartouches à changer souvent. De plus, les variations de température et de pression doivent être compensées.

2.2. DEGAGEMENT DE GRISOU

Trois communications ont pour sujet le dégagement gazeux au cours de l'exploitation.

2.2.1. Communication n° 19. — Recherches concernant l'atmosphère des tailles à avancement rapide, par F.W. PRITCHARD (M.R.E. National Coal Board - Grande-Bretagne).

Le principe de la concentration exige une production au chantier de plus en plus importante. Parmi les facteurs pouvant limiter la production du chantier, c'est-à-dire son avancement journalier, l'un des plus importants est le dégagement de grisou.

La théorie la plus généralement admise est que la plus grande partie du gaz est adsorbée sous haute pression dans la couche et qu'une petite quantité est comprimée dans les pores de la houille. A proximité de la surface, le grisou s'est échappé par migration jusqu'à l'affleurement. Dans les couches profondes, la perte de gaz est négligeable à plus de quelque trente mètres des travaux.

Cependant, lorsque des travaux d'exploitation passent à 120 m au-dessous ou 60 m au-dessus d'une couche, celle-ci perd une partie de son gaz, et l'on a pu, dans certains cas, estimer l'importance de ce dégagement.

Celui-ci dépend d'une manière complexe de la pression, de l'adsorption spécifique, de la perméabilité des divers bancs de roche et de la vitesse d'avancement des travaux. La compréhension des principaux aspects pratiques du dégagement gazeux est facilitée si l'on tient compte du fait que le grisou peut être émis en grande quantité, d'une part, par le charbon abattu et exposé à l'air, et, d'autre part, par les bancs compris dans la stampe de 60 à 120 m d'épaisseur, voisine du panneau en cours de déhouillement.

Emission du gaz au cours des travaux.

En Grande-Bretagne, on a cité des valeurs d'émission allant jusqu'à 28 m³/t. A l'examen des résultats de mesures de routine dans 17 tailles produisant plus de 1.000 t/jour avec un avancement de 3m/jour, on constate que 12 d'entre elles débitent moins de 1,5 m³/t et les 5 autres émettent entre 4,5 et 9 m³/t.

Dans la division « East Midlands » le débit moyen, en 1962, a été de 4,8 m³/t et le débit prévu pour 1965 est de 9 m³/t pour des exploitations d'ailleurs plus profondes.

Recherches techniques dans l'étude de l'émission gazeuse.

Quelques aspects du problème qui méritent attention sont envisagés ci-dessous.

— Variations de l'émission dans l'espace et dans le temps. Exploitations par Longwall.

Des enregistrements ont été effectués dans des tailles mécanisées à 27 m du front au moyen de méthanomètres à flamme. Ils montrent un accroissement irrégulier de la teneur aux 2 postes productifs et une diminution lente au 3^{me} poste. Pour trois couches importantes de l'East Midlands, l'émission du front de taille se situe entre 8,5 et 11 m³/t pour des avancements journaliers de 1,35 m à 4 m.

Cela tend à confirmer la proportionnalité entre l'émission totale et le tonnage extrait. Les enregistrements révèlent également des pointes de courte durée qui s'élèvent de 10 à 90 % ou de 40 à 90 % au-dessus de la moyenne, respectivement pour des avancements journaliers inférieurs ou supérieurs à 1,80 m. L'amplitude de ces pointes demande un supplément d'étude : un nombre assez réduit d'enregistrements, le long du front de taille, suggère que ces pointes proviennent du gaz des fissures et peuvent être réduites très fortement par captage du grisou.

— Extraction rapide en galeries de traçage.

La figure 10 montre un enregistrement au méthanomètre à flamme, obtenu à 44 m du front d'une galerie de 4 m × 2,25 m creusée au mineur Goodman dont le débit est de quelques tonnes par minute. Après creusement sur une longueur de 0,90 m, il y a un arrêt de 45 min pour établir le soutènement.

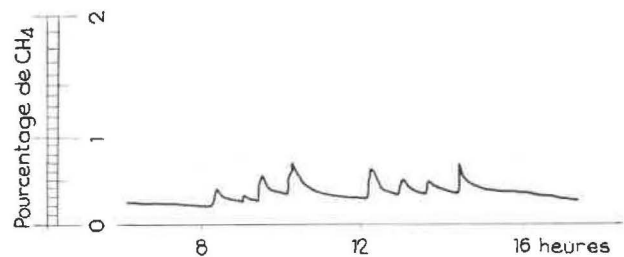


Fig. 10. — Enregistrement au méthanomètre à flamme dans une galerie creusée au mineur Goodman.

On remarque qu'il y a eu 8 périodes d'abattage pendant lesquelles la teneur en grisou a atteint un niveau jusqu'à 3 fois plus élevé qu'en période inactive.

On a constaté également que le dégagement des parois constituées par du charbon en place est moindre que celui d'un front de taille.

Le dégagement (E) des parois, ou dégagement latéral, peut s'exprimer en fonction du délai (t) qui s'est écoulé depuis la mise à découvert par la formule empirique

$$E = 5,6 e^{-(4t)^{0,23}}$$

en pieds³ par heure et par unité de surface en pieds².

Dans certaines couches, on a constaté que la teneur, pendant l'abattage au mineur Goodman, pouvait atteindre jusqu'à 10 fois celle qui est relevée immédiatement avant la mise en marche de la machine.

La grande quantité de gaz dégagé et la difficulté de ventiler efficacement sont des facteurs qui vont à l'encontre du développement de ce mode d'abattage.

Emission par la surface du charbon aux parois de la galerie de traçage.

Des relevés ont été effectués en appliquant des ventouses contre le front et en balayant ces ventouses par une quantité d'air correspondant au débit normal le long du front. Ce débit est mesuré et le mélange sortant de la ventouse est analysé.

On a trouvé que plus des 50 % du gaz émis provenaient de 10 % de la surface libre du charbon.

Ce résultat montre le rôle important joué par la fissuration.

Emission par le charbon abattu.

La technique consiste à saturer de méthane, à la pression de 10 kg/cm², des échantillons de charbon de différents calibres et à mesurer ensuite le dégagement après remise à l'atmosphère. Il est nécessaire que l'échantillon de charbon contienne la même quantité d'eau que le charbon en place. La figure 11 donne un ensemble de résultats.

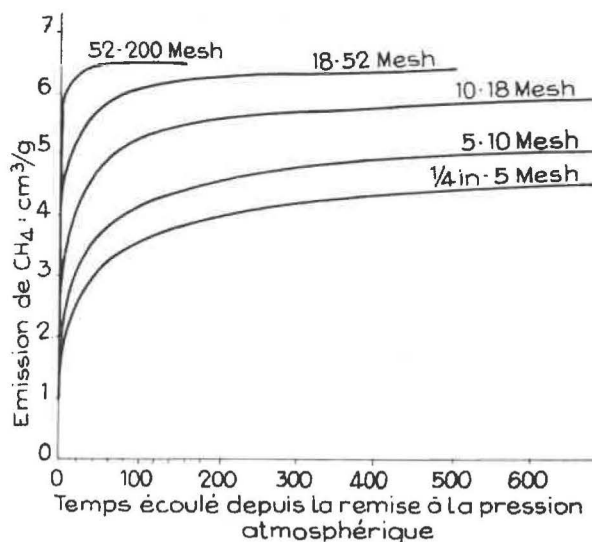


Fig. 11. — Échantillons de charbon, en équilibre avec une atmosphère à 20° C et 36 % d'humidité relative, saturée de méthane à la pression de 10 kg/cm².

Mesure de la pression de méthane en trous de sonde.

Cette technique, qui doit compléter les essais de laboratoire, est à l'étude notamment au point de

vue de la profondeur de forage nécessaire et des effets du diamètre du trou et de la charge à appliquer au fleuret.

Étude du flux gazeux à travers les terrains, au moyen de gaz traceur.

Le procédé consiste à injecter de l'hélium ou de l'oxyde d'azote dans un sondage de captage de 40 m de profondeur environ et à relever le débit de ce gaz dans les trous voisins.

Les expériences ont montré que l'oxyde d'azote circule vers l'arrière jusqu'à 250 m du front de taille et vers l'avant à distance plus grande. La perméabilité des roches devient faible à plus de 250 m du front.

Discussion.

Le gaz émis par les couches dépasse souvent 8,5 m³/t. Pour 1.000 t/jour et 0,5 % de CH₄ dans le retour d'air, il faut assurer un débit d'air qui conduit à des vitesses très grandes dans les tailles de moins de 1,20 m d'ouverture.

Le drainage des terrains au-dessus et en dessous du foudroyage est nécessaire. Le captage dans le charbon peut détériorer les strates et ne paraît pas économique.

La quantité de gaz émise par le charbon entre les périodes d'abattage est très importante, à condition que les temps d'inactivité ne soient pas trop courts.

Les grands avancements en traçage sont beaucoup moins réalisables qu'en longwall.

En taille, il y a lieu de tenir compte de l'influence des procédés de contrôle du toit sur l'émission gazeuse.

Le débit du courant ventilateur est imposé par cette émission ; il ne peut cependant dépasser certaines limites de manière à éviter le soulèvement des poussières.

Les quantités de gaz émises par les différentes couches peuvent être déterminées au moyen de gri-soumètres enregistreurs et les travaux, dans ce sens, pourront être développés si de tels instruments deviennent disponibles dans le commerce.

L'étude de différents éléments repris aux chapitres précédents, facilitera dès lors la compréhension du phénomène.

Dans les conditions actuelles, il semble qu'on ne puisse extraire d'une taille plus de 250 tonnes par jour et par pied d'ouverture de la couche.

2 2 2. Communication n° 25. — Dégagement gazeux des chantiers au charbon à avancement rapide, par G. D. LIDIN et A. E. PETROSSIAN (I.G.D.A.M. - U.R.S.S.)

Les auteurs proposent une méthode de calcul de la quantité de gaz dégagé par une surface de charbon exposée à l'air.

Par des considérations théoriques et des données expérimentales, on trouve que la quantité Q_T de grisou s'échappant par unité de temps et par unité de surface du charbon après le temps T écoulé depuis la mise à découvert de cette surface, est donnée par la relation

$$Q_T = \frac{a Q_0}{\sqrt{T+1}} \quad (1)$$

où Q_0 est la quantité de gaz dégagé par unité de surface pendant la première unité de temps, et a , un coefficient dépendant notamment des unités choisies.

Cette équation est représentée par la courbe de la figure 12.

La surface (V_T) comprise entre la courbe, les axes coordonnés et l'ordonnée au temps T , représente la quantité de gaz dégagé par l'unité de surface considérée pendant le temps T écoulé depuis la mise à découvert de cette surface.

Elle s'exprime par

$$V_T = 2a Q_0 (\sqrt{T+1} - 1) \quad (2)$$

La valeur du dégagement initial Q_0 peut se déterminer en m^3 /jour par la relation approximative

$$Q_0 = x [0,0004 (MV)^2 + 0,16] \quad (3)$$

où x est la teneur du charbon en CH_4 , en m^3 /t, et (MV) le pourcentage de matières volatiles du charbon, rapporté à la masse combustible.

Les grandeurs x et (MV) sont relativement faciles à déterminer. De plus, la validité de l'équation (3) apparaît nettement à l'examen du tableau II.

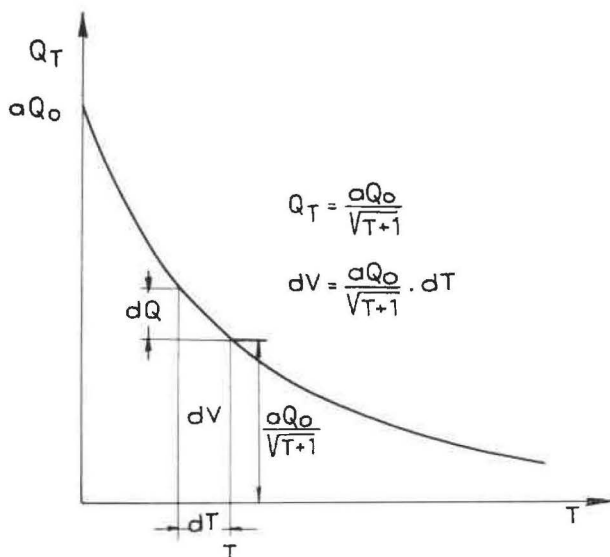


Fig. 12.

TABLEAU II.

Siège	Méthane contenu dans le charbon x en m^3 /t	Matières volatiles (M.V.) en %	Intensité de dégazage initial Q_0 en m^3 /m ² /jour	
			mesurée	calculée
n° 31 bis	24,-	31,-	11,9	12,9
Kostenko	23,-	31,-	11,-	12,4
n° 8/9	24,-	28,-	12,4	10,5
n° 36	25,-	28,5	13,2	12,1
n° 19 bis	25,-	28,5	13,-	12,1
n° 26	23,-	24,-	10,3	9,-
n° 18	23,-	26,5	10,-	10,-
n° 17-17bis	17,-	36,-	12,-	11,8
Kapitalskaïa II - couche 4	10,-	34,-	4,1	6,2
id. couche 5	11,-	34,-	6,9	7,-
n° 21	6,-	20,-	2,3	2,-

Les valeurs du coefficient a sont données au tableau III.

TABLEAU III.

Unité des temps	jour	heure	minute	seconde
Q_1	m^3 /jour	m^3 /h	m^3 /min	m^3 /s
a	1	0,2	0,026	0,0033

*Applications à un traçage.**Dégagement des parois.*

En appliquant l'équation (2) à une galerie en charbon de longueur actuelle L , creusée à la vitesse de r mètres en l'unité de temps, et en remarquant que $L = (T_0 + 1)r$, on obtient

$$Q_1 = 2a n m r Q_0 [\sqrt{L/r} - 1] \quad (4)$$

où n et m sont respectivement le nombre de surfaces de charbon découvertes (2 dans une galerie en ferme) et la puissance de la couche, et Q_1 , la quantité de gaz dégagé en m^3 par unité de temps par les surfaces découvertes.

Les quantités totales V_1 et V_2 (en m^3) dégagées respectivement pendant le creusement de la longueur L à la vitesse r , et pendant la période (T_0) écoulée depuis le moment de l'arrêt peuvent s'écrire

$$V_1 = a n m Q_0 L [\sqrt[3]{L/r} - 1] \quad (5)$$

et

$$V_2 = 4a n m r Q_0 [\sqrt{L/r} - 1] (\sqrt{T_0 + 1} - 1) \quad (6)$$

Pour justifier ces différentes formules, les auteurs les appliquent à un plan incliné de 369 m de longueur (L) creusé dans une couche d'une puissance de 0,75 m (m) à la vitesse moyenne de 4,1 m/jour (r) et dégageant à la fin du creusement du 369^e mètre, c'est-à-dire à la fin du 3^e mois, 1,04 m^3 /min (Q_1). La formule (4) permet de déterminer $Q_0 = 13,6 m^3/m^2$ /jour. Si, partant de cette dernière valeur, on applique la même formule avec $L = 123$ m, et $L = 246$ m, correspondant à la fin du 1^{er} et du 2^e mois de creusement, on obtient pour la valeur du dégagement à ces moments 0,59 m^3 /min et 0,85 m^3 /min. En fait, le dégagement effectif a été respectivement de 0,6 et 0,84 m^3 /min.

Dégagement du charbon abattu.

C'est le second terme Q_2 du dégagement total

$$Q_2 = m.r.j.b. (x - x_1) \quad (7)$$

où m = puissance abattue de la couche, en m ,

r = vitesse d'avancement du front en m /unité de temps,

j = densité du charbon en t/m^3 ,

b = largeur de l'avancement en m ,

x = teneur du charbon en grisou en m^3/t ,

x_1 = teneur résiduelle du charbon en m^3/t à sa sortie du traçage.

Le dégagement total $Q = Q_1 + Q_2$ est donc de la forme

$$Q = Ar + B \sqrt{r} \quad (8)$$

où A et B sont des constantes.

En fait ces équations permettent, connaissant le débit total Q , de calculer les parties provenant respectivement des parois et du charbon abattu.

En discutant ces relations, on peut voir, que plus le traçage est court, plus le rôle du méthane dégagé par le charbon abattu est grand, ce qui d'ailleurs était évident a priori.

Application à une taille.

Le dégagement du grisou en m^3/t , par le charbon abattu, peut s'écrire en première approximation :

$$Q_y = x_0 - x_1$$

x_0 étant la quantité de méthane en m^3/t contenue dans le charbon au voisinage du front et

x_1 la quantité de méthane contenue dans le charbon à la sortie du chantier.

Le dégagement du grisou par les surfaces découvertes se caractérise par l'équation de la forme donnée en (1) et peut être calculé par les équations qui en découlent.

Toutefois, si l'avancement est rapide, ce dégagement Q_n peut s'écrire

$$Q_n = x - x_1$$

x étant la teneur naturelle en gaz de la couche.

Dans la méthode d'exploitation par havage et abattage à l'explosif, une grande quantité de charbon séjourne en permanence dans la taille. Le débit d'air nécessaire doit y être assuré en permanence.

En exploitation par longues tailles au moyen de machines combinées, le charbon ne reste que peu de temps dans la taille et le maximum du dégagement du grisou s'observe en taille seulement pendant le fonctionnement de la machine d'abattage. Ce maximum Q calculé par unité de temps (minute) sera

$$Q = j (x - x_1)$$

j = production de la machine en t /min.

Et le débit d'air W (m^3 /min) à faire passer dans la taille peut se calculer par

$$W = \frac{100}{Z} Q$$

Z étant la teneur de méthane admissible dans le courant d'air soit 1 %.

Il faut évidemment que la vitesse V de l'air ne dépasse pas 4 m/s dans la taille de section libre S m^2 , c'est-à-dire qu'il faut

$$W_{m^3/min} \leq 4 \times 60 \times S$$

Le maximum du débit d'air ainsi déterminé ne doit pas nécessairement être assuré continuellement

mais seulement pendant le fonctionnement de la machine d'abattage.

L'auteur remarque qu'il est toujours nécessaire de vérifier expérimentalement les résultats des calculs.

223. Communication n° 26. — Contrôle du dégagement gazeux dans l'exploitation des couches puissantes en dressant, par A. A. MIASSUIKOV (U.R.S.S.)

Ce travail rapporte les résultats de nombreuses constatations relevées dans des travaux effectués suivant des méthodes d'exploitation qui diffèrent notablement de celles qui sont applicables en Belgique. C'est pourquoi nous n'avons pas cru nécessaire d'en donner un résumé.

Discussion sur le dégagement du grisou.

A égalité de surface déhouillée, une courte taille à avancement rapide donne moins de grisou qu'une

longue taille à avancement lent. C'est que les couches satellites donnent moins de gaz à front quand la taille avance vite. On cite le cas en U.R.S.S. de tailles de 180 à 300 m de longueur avançant à 2, 4 ou même 6 m par jour, qui n'ont jamais été envahies par le grisou, tandis que d'autres, dont l'avancement journalier était inférieur à 1 m, ont subi plusieurs envahissements.

Dans les exploitations par tailles rabattantes, le dégazage est d'environ $1/3$ pendant les travaux préparatoires. Le rôle des variations de la pression atmosphérique n'est pas à négliger surtout dans les exploitations rabattantes.

Pour la détermination de la perméabilité des terrains, on a utilisé l'oxyde d'azote qui donne de bons résultats. On n'a pas cru nécessaire d'envisager l'emploi de substances radioactives.

23. CAPTAGE DU GRISOU

231. Communication n° 9. — Développement et examen des dispositifs destinés à prévenir les explosions dans les installations de captage de grisou, par Dr. W. BARTKNECHT (Versuchsstrecke - Dortmund - Derne - Rép. Féd. All.)

Les canalisations de captage de grisou peuvent dans certaines circonstances aspirer, soit par les sondages eux-mêmes, soit par des joints présentant des défauts d'étanchéité, de l'air en quantité telle que le mélange avec le grisou soit inflammable. Une inflammation de ce mélange pourrait se transmettre très loin et provoquer des dégâts considérables, sinon des accidents de personne.

Il y a donc lieu de se prémunir contre ce danger en disposant des coupe-flammes dans la canalisation non loin des brûleurs des appareils utilisateurs, dans les cheminées de mise à l'atmosphère et entre l'extracteur de surface et la mine.

Deux types de coupe-flamme ont été étudiés, le premier comprenant, comme dispositif d'arrêt, une couche de sable ou de billes de verre (fig. 13) et le deuxième, un empilage de lamelles (fig. 14).

Coupe-flamme à couche de gravier ou de billes.

Les billes calibrées sont préférables au sable parce que, pour une même sécurité, elles donnent une perte de pression inférieure. Pour éviter la fluidification de la couche de billes, par le courant gazeux, il est nécessaire de maintenir cette couche entre deux grilles.

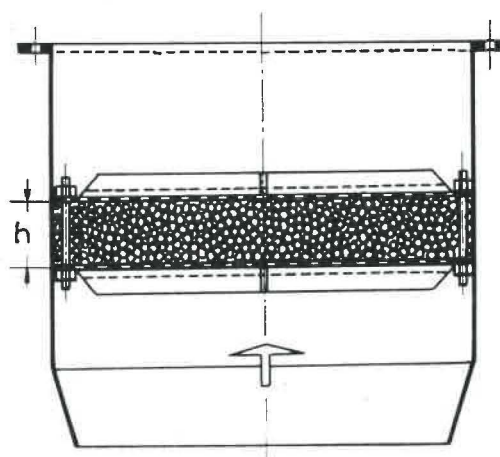


Fig. 13. — Coupe-flamme à billes de verre.

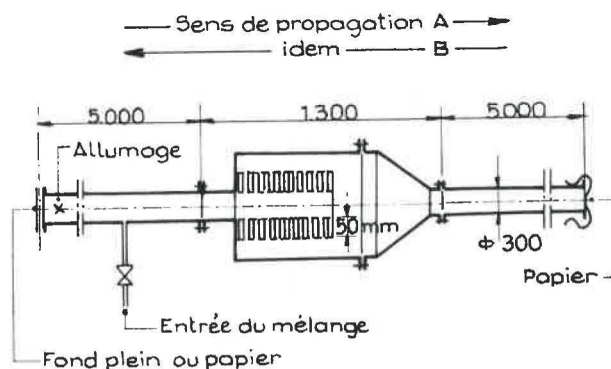


Fig. 14.

Les résultats des différents essais de traversées effectués avec un gaz mixte $H_2 + CH_4$ de composition variable, sont résumés au diagramme de la

figure 15, pour les teneurs de gaz combustible dans l'air, donnant le plus facilement la traversée.

Pour le grisou, les résultats sont indépendants du diamètre et de la disposition de la tuyauterie ; ils sont représentés à la figure 16.

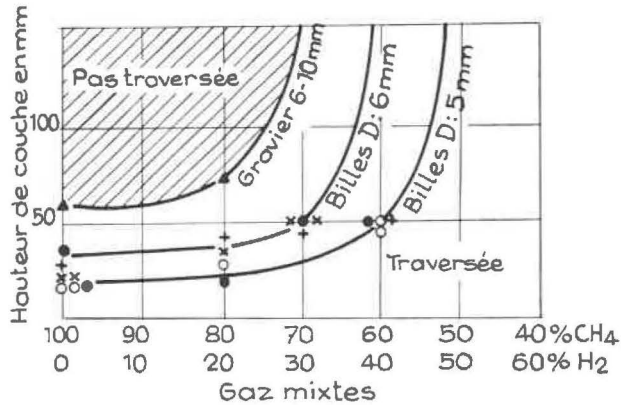


Fig. 15

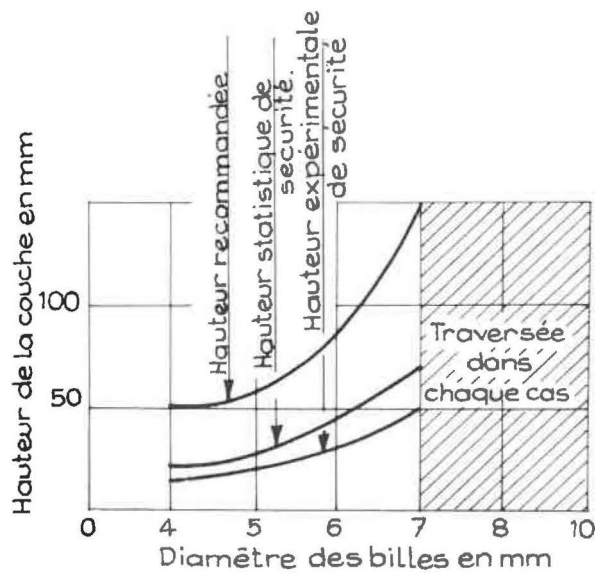


Fig. 16.

On constate sur ce diagramme que, pour arrêter une flamme de grisou, le diamètre des billes ne peut être supérieur à 7 mm.

Coupe-flamme à empilage de plaquettes.

Pour limiter autant que possible la résistance à l'écoulement, le coupe-flamme normal à empilage de plaquettes rectangulaires doit avoir des dimensions notablement supérieures au diamètre de la conduite. Celle-ci doit donc être évasée de part et d'autre du dispositif. Elle présente toujours, par conséquent, une grande chambre du côté d'où vient l'inflammation éventuelle.

Au cours des essais effectués avec un tel dispositif, on obtint la destruction de cette chambre.

On passa ensuite au coupe-flamme à empilage de plaquettes annulaires, qui n'exige un évasement de la conduite que d'un seul côté et qui, par sa forme cylindrique, permet des réalisations beaucoup plus solides.

Les essais ont été effectués sur de tels dispositifs à plaquettes annulaires de 1 mm d'épaisseur et de 50 mm de largeur, pour les deux sens de propagation de l'explosion. Le coupe-flamme était toujours précédé et suivi d'un tuyau de 5 m de longueur.

Le mélange inflammable était allumé au fond du tuyau amont. Ce fond était fermé ou ouvert et le tuyau aval débouchait à l'atmosphère.

Les essais ont été effectués avec des mélanges d'air et d'un gaz mixte composé d'hydrogène et de méthane en proportions diverses. Ici également, la teneur du gaz mixte dans l'air est celle qui donne le plus facilement la traversée.

Les résultats sont donnés aux graphiques des figures 17 et 18 respectivement pour une propagation de l'explosion dans le sens (A) ou de gauche à

Sens de propagation A

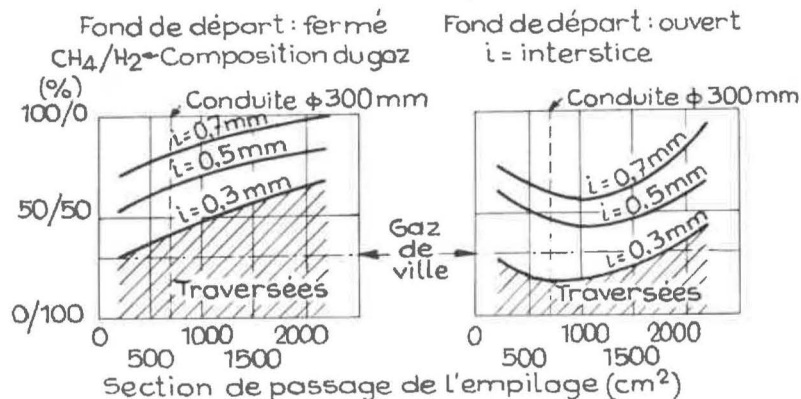


Fig. 17.

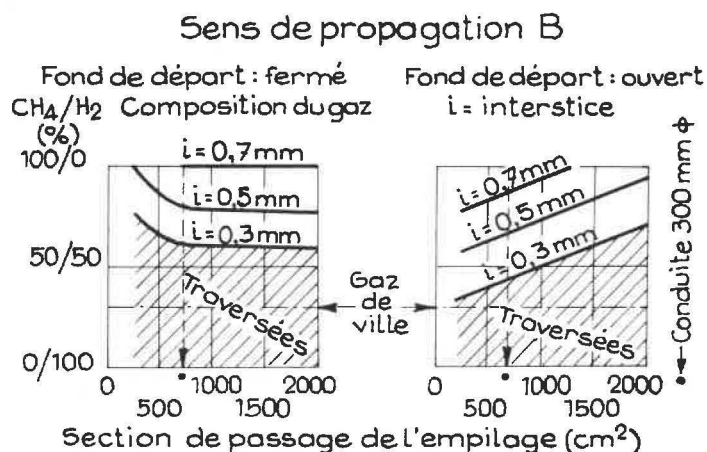


Fig. 18.

droite (fig. 14) et (B) ou de droite à gauche. En abscisses, on a porté la section de passage offerte au gaz par l'empilage et, en ordonnées, la composition du mélange mixte.

Il faut retenir spécialement de ces essais que, la traversée est la plus facile

- lorsque le tuyau dans lequel se produit l'inflammation est fermé ;
- lorsque la flamme se présente aux interstices de l'empilage par le grand diamètre.

Les empilages doivent donc être construits pour le sens de propagation repéré plus haut par la lettre A.

Si l'on veut augmenter la section de passage de l'empilage, il faut admettre une diminution de la marge de sécurité.

Des expériences futures devront déterminer l'influence de la longueur du tuyau dans lequel se produit l'inflammation.

L'auteur examine ensuite l'efficacité du contrôleur rapide de la composition du gaz, placé entre l'extracteur et un utilisateur, et destiné à commander la fermeture de la conduite vers l'utilisateur et la mise du gaz à l'atmosphère au cas où, par suite de rentrées d'air, la teneur en méthane baisserait dangereusement.

Si le mélange air-méthane circulant dans la conduite devenait inflammable, il pourrait se produire des retours de flamme à partir du brûleur de l'utilisateur.

Pour éviter de tels retours de flamme, il convient

- d'avoir, dans la conduite, une vitesse du courant gazeux au moins égale à 2 m/s ;
- et de placer le contrôleur de gaz aussi près que possible de la conduite et aussi loin que possible de l'utilisateur, de sorte qu'il ait le temps d'intervenir avant qu'un mélange éventuellement inflammable n'arrive au brûleur.

En conclusion, l'auteur estime qu'il y a lieu, pour achever l'étude de la question, d'examiner l'influence de la longueur de tuyaux pouvant se trouver entre la source d'inflammation (brûleur) et le coupe-flamme, ainsi que celle de différents organes tels que vannes, clapets, séparateurs d'eau...

24. STRATIFICATION DU GRISOU AU TOIT DES GALERIES

24.1. Communication n° 5. — Formation et inflammabilité de nappes de grisou stratifiées au toit des galeries, par H. E. PERLEE, I. LIEBMAN, M. G. ZABETAKIS (Bureau of Mines - U.S.A.)

Dans la plupart de leurs travaux sur la sécurité vis-à-vis du grisou, tous les expérimentateurs ont opéré sur des mélanges homogènes de méthane et d'air. Cependant, la disposition du grisou en nappes stratifiées est beaucoup plus fréquente que les atmosphères à teneur uniforme, et se présente d'ailleurs toujours avant ces dernières.

Dans leur communication, les auteurs visent principalement l'inflammabilité de tels mélanges hétérogènes au repos ou en mouvement.

Résultats expérimentaux.

Atmosphères au repos.

Cette étude porte sur deux séries d'expériences : dans l'une, on a mis en œuvre des mélanges à fort

gradient de concentration (30 % par pouce) et, dans l'autre, des atmosphères à faible gradient (0,2 % par pouce).

Mélanges à fort gradient.

Les essais ont été effectués dans un dispositif tel que celui représenté à la figure 19.

Un mélange de grisou et d'air à une teneur déterminée est introduit dans la chambre cylindrique A. On enlève ensuite la cloison de séparation entre A et B et le méthane diffuse dans la chambre cylindrique B et dans l'hémisphère C.

Après 1, 2 ou 5 minutes de temps de diffusion, on allume au centre de A, au moyen d'un filament et on relève la pression au moyen d'un capteur piézorésistant placé en E.

La concentration à différentes hauteurs est déterminée théoriquement au moyen d'un compteur analogique en adoptant pour le méthane un coefficient de diffusion de 1,46 pouce²/min. Le rapport de la

concentration C_t aux temps $t = 0, 1, 2$ et 5 minutes à la concentration initiale C_0 peut ainsi se représenter par les courbes de la figure 20 en fonction de la longueur L du cylindre A.

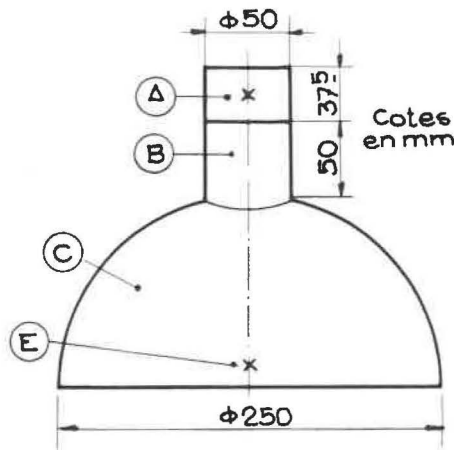


Fig. 19.

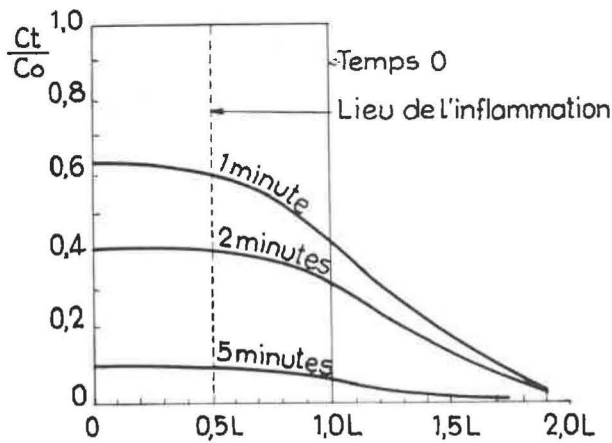


Fig. 20.

On a relevé sur les enregistrements le maximum de la pression, calculé la moyenne des maxima obtenus dans des conditions identiques et reporté ces résultats sur un diagramme pression-concentration initiale pour chaque temps de diffusion (5, 2 et 1 min). On a obtenu ainsi la figure 21.

Cette figure montre que le mélange ne peut être enflammé qu'entre deux concentrations initiales correspondant, après diffusion, aux limites supérieure et inférieure d'inflammabilité du mélange au point d'allumage.

Mélanges à faible gradient de concentration.

Les essais ont été réalisés dans un tube vertical en plexiglas de 4" de diamètre et 8" de longueur, rempli d'un mélange dont la composition augmente linéairement de 5 % de CH_4 à la base jusqu'à 20 % à la partie supérieure.

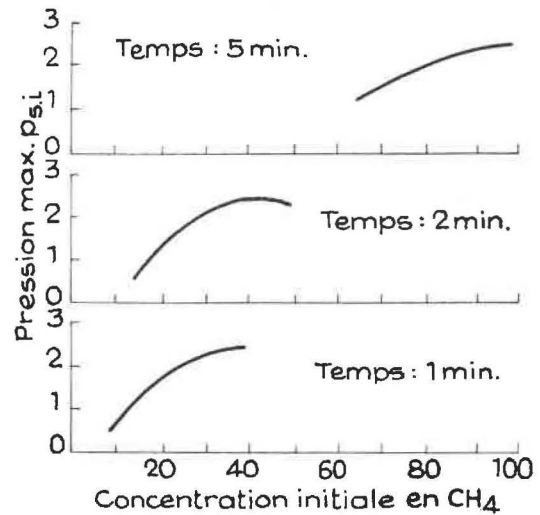


Fig. 21.

Ce mélange a été allumé près de la base du tube au moyen d'un fil chauffé électriquement et d'une petite touffe de coton nitré. Pendant sa propagation dans le tube, la flamme a été photographiée au moyen d'une camera 16 mm opérant à la cadence de 64 images par seconde. On a pu ainsi déterminer la position de la flamme en fonction du temps, en déduire la vitesse en chaque point, c'est-à-dire pour chaque concentration entre 6 et 15 %, et tracer finalement la courbe en trait plein de la figure 22 représentant la vitesse de la flamme en fonction de la teneur en méthane. Sur ce même diagramme, on a reporté la courbe correspondant aux mélanges homogènes.

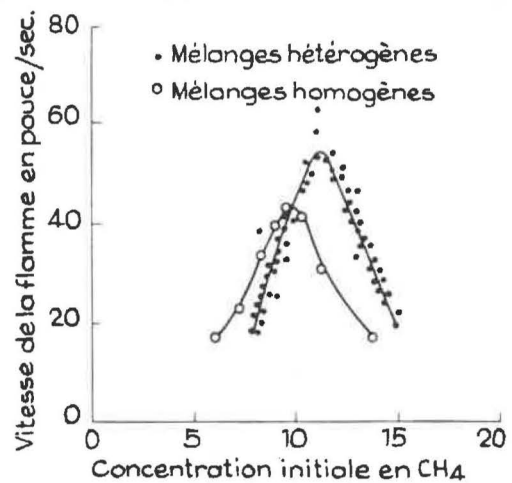


Fig. 22.

Il semble que, lorsque l'on travaille en mélanges hétérogènes, la courbe se déplace vers la droite et se relève. Mais le fait d'opérer en tube vertical a probablement beaucoup plus d'importance.

Atmosphère en mouvement.

Les expériences ont été réalisées dans une galerie de 22 m de longueur et de 2 m de diamètre, pourvue d'un ventilateur avec hélice de 750 mm, mue par un moteur de 5 ch. La vitesse du courant d'air est réglée en agissant sur la vitesse du ventilateur ou en plaçant des écrans plus ou moins larges à l'ouïe.

Le gaz est introduit dans la galerie à la distance de 7,80 m du ventilateur, par un diffuseur, au débit constant de 5 ou 17 CFM (pieds cube par minute).

Quatre stations équidistantes de prélèvements de gaz sont établies le long de la galerie. A la première, on a relevé la position de la surface inférieure de la nappe inflammable. Les résultats sont donnés au tableau IV.

TABLEAU IV.

Débit de gaz	5 CFM			17 CFM		
Vitesse du courant ventilateur en pieds/min	80	100	140	80	100	140
Distance au toit de la base de la nappe en pouces	5,1	4,0	1,4	6,7	6,2	7,1

La teneur au toit pour un débit de 17 CFM est représentée à la figure 23.

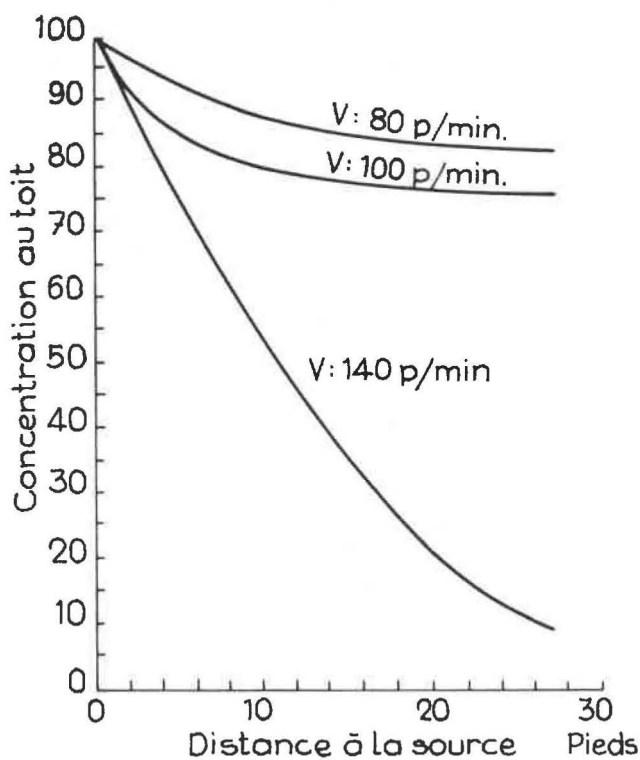


Fig. 23.

Dans les deux cas, où la vitesse est égale à 80 et 100 pieds/min, la nappe de grisou qui s'établit au toit est difficile à détecter à la lampe à flamme.

Ces nappes ont été enflammées et cinématographiées. La vitesse de la flamme a varié entre 2,1

et 3,1 m/s ; elle ne semble pas affectée par la dilution plus ou moins grande du gaz avant l'inflammation. Cependant, dans les courants d'air de vitesse égale ou inférieure à 100 pieds/min, le front de la flamme ne s'étend pas à tout le mélange. Il est suivi d'une flamme immobile d'assez grande longueur.

Les maxima de la pression relevée dans la galerie au passage de la flamme ne dépassent pas quelques grammes par cm². Dans la mine, il faut cependant s'attendre à des valeurs supérieures.

242. Communication n° 10. — Propagation de l'inflammation dans les couches de grisou formées au toit d'une galerie, par H. MEERBACH (Mine expérimentale - Dortmund - Rép. Féd. All.)

L'auteur a étudié le développement de l'inflammation dans une couche de grisou formée au toit d'une galerie où le courant ventilateur est faible, inférieur à 1 m/s. Son but a été de rechercher les conditions pour lesquelles une flambée se transforme en explosion.

Les essais ont été réalisés dans une galerie souterraine de 6 m² de section et de 200 m de longueur en ligne droite. Le grisou est distribué au toit de la galerie entre un fond fermé par une porte et un écran placé à 60 m lorsque le volume de grisou est assez faible et à 30 m lorsque ce volume est plus élevé et peut faire craindre une explosion (fig. 24). Ce grisou détendu à partir de bonbonnes à la pression de 200 kg/cm² est réchauffé à 50° C avant de passer successivement dans le compteur et le diffu-

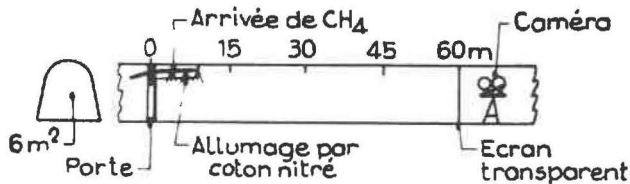


Fig. 24.

seur qui le souffle en nappe horizontale à couronne de la galerie.

La quantité de grisou introduite dans la galerie est exprimée en m^3 ou en % du volume total du tronçon de galerie utilisé.

Lorsque le revêtement du tronçon est en béton lisse, un volume de $0,5 m^3$ de méthane donne déjà une flamme de 40 m. Pour des volumes de $1 m^3$ et plus, la flamme s'étend au-delà de l'écran placé à 60 m. La vitesse de la flamme est constante et égale à 3 m/s. Pour un volume de méthane, donnant après répartition dans tout l'espace disponible une teneur de 5 %, la propagation devient explosive, c'est-à-dire que la flamme s'accélère fortement sur la longueur du parcours. Il n'existe pas de différence caractéristique entre les résultats obtenus dans les chambres de 60 ou de 30 m.

Après pose d'un soutènement en cadres métalliques dans le même tronçon de galerie, on obtient des résultats sensiblement différents. Ce n'est que pour $3 m^3$ de méthane que l'écran est atteint par la flamme. La vitesse de celle-ci reste constante jusqu'à une quantité de méthane égale à 2 % environ du volume total.

Au-delà de cette quantité, la vitesse augmente régulièrement sur la longueur du parcours. Pour un volume de 3,4 % de CH_4 , elle atteint 15 m/s au 60^e mètre, ce qui correspond au début d'une explosion avec pression de souffle mesurable et pression omnidirectionnelle. Cette allure n'est atteinte dans la chambre de 30 m que pour une teneur de l'ordre de 5 %, ce qui permet de conclure que, dans une nappe de grisou très étendue, l'explosion pourrait se manifester pour des teneurs plus faibles que 3,4 %.

Dans la chambre de 30 m, il se produit déjà une explosion de violence moyenne avec vitesse de 100 m/s environ pour des volumes de méthane égaux à 8-9 % du volume total.

Il existe une corrélation étroite entre la pression omnidirectionnelle et la vitesse de la flamme. Pour des quantités de méthane inférieures à 2,5 %, la pression dans tous les essais est inférieure à la sensibilité des instruments.

Conclusion.

Les résultats obtenus jusqu'à présent ne sont que partiels. Il est nécessaire de confirmer expérimentale-

ment l'opinion que des flambées peuvent se transformer en explosion si la longueur de la nappe est suffisante. Il convient aussi d'étudier l'influence des excavations remplies de grisou, de même que l'aptitude des inflammations ou des explosions faibles à soulever la poussière de charbon et à l'enflammer.

On doit également, à cette occasion, déterminer par l'expérience l'intensité que l'explosion doit atteindre pour que les arrêts-barrages classiques se déclenchent.

Discussion.

Ces études présentent un très grand intérêt. Elles sont à poursuivre notamment dans le sens de la détermination de l'épaisseur de la couche, donnant d'une part la propagation de la flamme, d'autre part un souffle suffisant pour soulever les poussières et transformer une flambée en coup de poussières et cela, non seulement en atmosphère immobile, mais également en courant d'air à différentes vitesses.

Il semble qu'il ne faut pas se limiter à relever la quantité de gaz mise en œuvre, mais qu'il est aussi nécessaire d'en déterminer la répartition dans la nappe, le contour inférieur de celle-ci étant marqué par la teneur 5 %. En effet, les mélanges à teneur inférieure ne sont pas inflammables.

On remarque également la convergence des résultats obtenus en galerie et on trouve extrêmement souhaitable que les essais soient poursuivis, aussi bien sur maquette qu'en grande section. Cela donnerait peut-être une relation expérimentale entre les résultats.

On émet également l'idée que les résultats obtenus sur une couche immobile ne sont pas transposables directement à une couche en mouvement. La flamme bleue qui se déplace en tête se propagerait dans la partie de la nappe limitée par les teneurs inflammables, tandis que la flamme jaune serait due à la combustion de la partie supérieure plus riche en méthane. La zone comprenant les teneurs comprises entre 5 et 15 % sera d'autant plus épaisse que la vitesse du courant d'air est plus grande. Et c'est cette épaisseur qui influencera la vitesse de la flamme et la violence de l'explosion.

243. Communication n° 31. — La dilution des couches de méthane dans les galeries en creusement par accroissement local de la vitesse de l'air, par S. T. LEACH et A. SLACK (S.M.R.E. - Grande-Bretagne).

Dans les galeries en creusement, la vitesse du courant d'air est rarement suffisante pour empêcher la formation de couches de grisou à couronne.

Bakke et Leach ont défini un nombre

$$N = \frac{U}{37^3 \sqrt{V/D}}$$

où U est la vitesse du courant d'air dans la moitié supérieure de la section ;

V , le débit de la source de méthane ;

D , la largeur de la galerie si la section est rectangulaire, ou les 0,75 de la largeur maximum si le revêtement est réalisé en cadres métalliques cintrés.

Si ce nombre exprimé en pieds et minutes est inférieur à 2, des couches de méthane peuvent se former sur une grande longueur de galerie ; s'il est égal à 5, la longueur de la couche peut être augmentée ou diminuée par de faibles variations de la vitesse du courant d'air. Pour obtenir ce résultat dans les galeries inclinées avec aérage ascendant, le nombre doit être supérieur à 5 ; pour une galerie à 45°, il doit être égal à 8. Si l'aérage est descendant, il faut que N soit égal à 3 ou à 5, suivant que l'inclinaison est faible ou forte, pour que la couche qui a tendance à se former à contre-courant soit sous le contrôle de la ventilation.

Pour la détermination de la longueur d'une couche, les auteurs considèrent comme limite la teneur de 5 %.

Ils rapportent, dans leur communication, les résultats obtenus dans la dilution de telles couches, par la mise en œuvre d'une méthode d'accroissement local de la vitesse de l'air.

Cette méthode consiste à installer, en plus de la ligne de canars soufflant l'air frais à front, une deuxième ligne destinée à brasser l'air dans la partie où le méthane a tendance à s'accumuler en nappe à la couronne.

Elle est appliquée dans un bouveau expérimental fermé à front (fig. 25) d'une longueur de 210 m et d'une section variant de 2,40 m \times 2,40 m à 2,10 m \times 2,10 m. La ventilation est assurée par une ligne de canars soufflants de 46 cm de diamètre posés jusqu'à 4,50 m du front et l'augmentation locale de la vitesse de l'air, par un « ventube » de 61 cm de diamètre et 60 m de longueur, alimenté

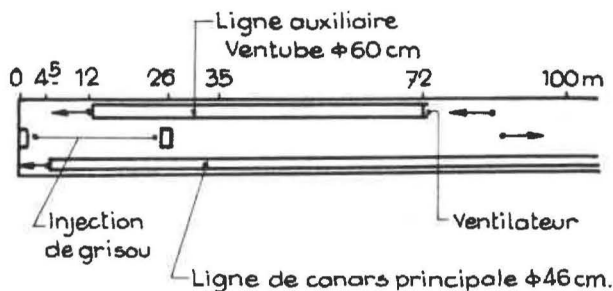


Fig. 25.

par des ventilateurs à air comprimé, et débouchant à 12 m du front.

Le méthane est injecté à couronne de la galerie, soit à front, soit à 26 m en arrière.

Des échantillons de gaz sont prélevés au toit pour analyse et la vitesse du courant d'air est mesurée à 35 m et à 100 m du front.

Une première série d'expériences a été conduite avec un débit de méthane à front de 283 litres/min. Elle montre que des couches de méthane d'une certaine étendue ne peuvent se former même pour une vitesse du courant d'air de 0,06 m/s, si la conduite principale débouche à 4,50 m du front. La dilution rapide du méthane est assurée par la turbulence qui règne à front et la conduite auxiliaire n'a guère d'efficacité.

Dans une deuxième série d'expériences, le grisou a été injecté au même débit à couronne de la galerie à 26 m du front. Les résultats démontrent que, pour une vitesse de courant d'air de 0,15 m/s dans la partie supérieure de la section, c'est-à-dire un nombre N de Bakke égal à 0,7, il se forme une couche de 20 m de longueur. Cette longueur est réduite à 8 m lorsque la conduite auxiliaire est en service et porte localement la vitesse à 0,60 m/s, ce qui donne un nombre $N = 5$.

Il faut en conclure qu'une colonne auxiliaire de canars est capable d'empêcher une couche de grisou de s'étendre à couronne de la galerie et principalement dans la direction du front où existent le plus de causes d'inflammation. Une telle colonne peut être efficace, même en cas de plusieurs sources de grisou.

Si, après formation d'une couche importante au toit de la galerie, on met en service la conduite auxiliaire, des mélanges en teneur inflammable pourraient passer dans les ventilateurs.

Des expériences ont montré que la teneur dans la conduite auxiliaire s'élève au maximum à la valeur donnée par le rapport du débit de méthane au débit d'air frais. Ce maximum est atteint en une vingtaine de minutes et reste constant tant que les mêmes conditions expérimentales persistent.

Il est cependant important de prendre des dispositions pour que les ventilateurs de la conduite auxiliaire ne puissent être mis en marche lorsque ceux de la conduite principale sont arrêtés.

Enfin, des mesures ont prouvé que la ligne auxiliaire n'avait aucune influence sur le débit d'air du chantier ni, par conséquent, sur ceux des chantiers voisins.

2.5. CAUSES D'INFLAMMATION DU GRISOU

2.5.1. Communication n° 18. — Dimensions et température d'une surface carrée chaude, nécessaires pour allumer le grisou, par D. RAE S.M.R.E. - Grande-Bretagne).

Un mélange de gaz combustible et d'air peut s'enflammer au contact de points chauds apparaissant sur une surface froide à la suite de frottement ou de choc.

Les essais rapportés dans cette communication ont eu pour but d'améliorer la connaissance de ce phénomène en déterminant les dimensions et la température que doit avoir une surface carrée chaude, incluse dans une paroi par ailleurs froide, pour allumer un mélange grisouteux inflammable.

Le dispositif expérimental est représenté à la figure 26.

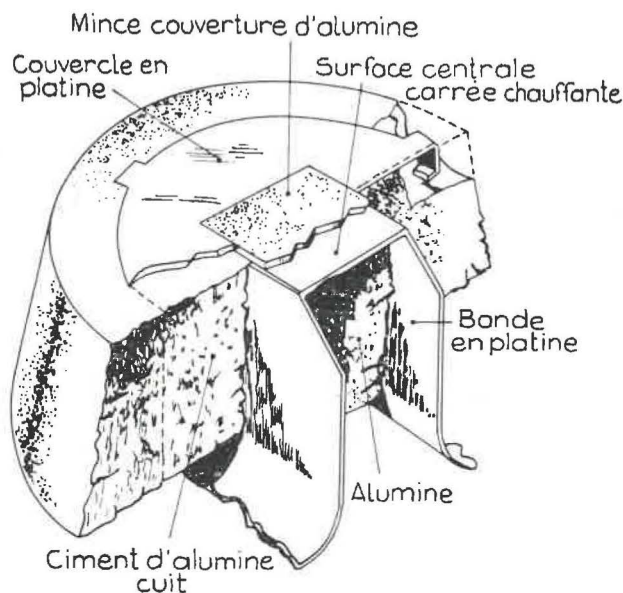


Fig. 26.

La couverture carrée d'alumine de 0,5 mm d'épaisseur est chauffée au contact de la partie centrale de la bande de platine dans laquelle passe un courant électrique dont l'intensité peut être réglée.

Ce dispositif est placé dans la paroi supérieure ou inférieure ou dans une des parois latérales d'une chambre cubique en acier de 40 cm de côté, qu'on remplit d'un mélange inflammable.

Pendant la durée du chauffage, le dispositif est recouvert d'un disque d'aluminium qui est éjecté latéralement au moment de l'essai.

La température de la surface a été mesurée au moyen d'un pyromètre optique à filament, et corrigée d'après le pouvoir émissif de l'alumine qui a été trouvé expérimentalement égal à 0,35.

De nombreuses expériences ont été réalisées au moyen de dispositifs de superficie différente. Pour chaque dimension et chacune des trois positions du dispositif, on a déterminé le minimum de la température qui donne l'inflammation de mélanges à différentes teneurs en méthane.

Les résultats font apparaître deux caractéristiques principales. Premièrement, l'étendue de la surface nécessaire pour provoquer l'inflammation, croît rapidement quand sa température décroît en-dessous de 1100° C environ, température pour laquelle elle est d'environ 13 mm × 13 mm. Deuxièmement, la température nécessaire pour obtenir l'inflammation croît rapidement lorsque les dimensions tombent en dessous de 2,5 mm × 2,5 mm, dimensions pour lesquelles elle est de 1600° C.

De plus, on a constaté que les mélanges les moins riches sont les plus faciles à enflammer, mais la température minimale d'inflammation varie seulement d'environ 100° C entre 6 et 12 % de méthane.

La température minimale d'inflammation varie également suivant la position de la source de chaleur. Elle s'élève de 50° C environ quand la source passe de la paroi inférieure à la paroi supérieure ou de celle-ci à une paroi latérale.

De plus grandes différences (150° C) apparaissent pour une même surface montée à la même paroi mais à des moments différents ; le vieillissement de la surface abaisse la température d'inflammation.

On peut tirer de ces résultats les conclusions pratiques suivantes.

Mis à part les alliages légers qui enflamment par suite de la réaction chimique préliminaire entre Al ou Mg et la rouille de l'acier, une inflammation ne peut se produire par choc ou frottement que si les matériaux qui entrent en contact demeurent solides à des températures nettement supérieures à 1100°. Ces matériaux sont les aciers, le quartz, les matières servant à affûter, broyer ou meuler et peut-être la pyrite de fer. Celle-ci est cependant chimiquement réactive et appartient donc à un champ d'investigation différent.

Ces conclusions s'accordent avec celles tirées des expériences où le méthane est enflammé par frottement ou choc.

2.5.2. Communication n° 12. — Etude de l'alliage béryllium-cuivre comme matériau de sécurité pour machines et outils de mines, par T. SUSUKI et S. TAKAOKA (Institut de Recherches sur les Ressources - Japon).

Les auteurs ont repris l'étude de l'inflammation par étincelles de choc, à la masse tombante.

Une masse cylindrique de 14 à 18 kg, dont la partie inférieure est constituée de l'alliage à étudier, tombe, en atmosphère inflammable, d'une hauteur qui peut varier de 0,50 m à 4 m, sur une tôle rouillée inclinée. Cinquante essais sont effectués dans les mêmes conditions. On note le nombre d'inflammations du mélange gazeux.

Essais sur un alliage de magnésium AZ 51.

Les essais confirment les résultats déjà connus, à savoir :

- la fréquence d'inflammation est maximum pour une inclinaison de 45° et pour une teneur en méthane de 6,3 % ;
- elle augmente avec l'énergie du choc.

Ils précisent l'influence de l'humidité, en ce sens que la fréquence des inflammations augmente avec le degré hygrométrique du mélange, la plaque rouillée étant restée assez longtemps exposée à ce mélange pour être en équilibre avec lui au point de vue humidité. Mais, le fait d'humidifier la plaque diminue la fréquence des inflammations. Celle-ci est encore moindre si la plaque est couverte de fines poussières adhérentes de charbon ou de roches, sèches ou mouillées.

Des essais effectués avec deux alliages d'aluminium, l'un Alcoa-17S forgé et l'autre Alcoa-356 coulé, montrent que, pour une énergie de choc de 20 kgm, la probabilité d'inflammation est nulle, et qu'elle est égale à 50 % si l'énergie atteint 70 kgm et 63 kgm respectivement pour le 17S et le 356.

La chute d'une masse en acier au carbone rouillé, sur une tôle de ces alliages, ne donne pas d'inflammation.

La chute de la même masse sur une plaque d'acier rouillée avec une énergie de 64 kgm au plus n'a pas donné d'inflammation, mais les fortes étincelles, observées à l'impact, laissent supposer que des inflammations sont possibles.

Les essais de l'alliage beryllium-cuivre ont été effectués sur deux spécimens différents, l'un à 0,6 % et l'autre à 2 % de Be.

On n'a observé, non seulement aucune inflammation, mais même aucune étincelle, pour une énergie de chute de 65 kgm.

Des expériences réalisées au moyen d'alliages d'aluminium contenant du beryllium en proportion plus ou moins forte ont montré que l'influence maximum du Be était atteinte pour une teneur de 0,005 % environ, et que cette influence se manifeste par une diminution notable de la probabilité d'inflammation (de l'ordre de 50 %) pour une même énergie de choc.

Les auteurs proposent d'utiliser l'alliage beryllium-cuivre pour la fabrication de gros marteaux destinés aux foudroyeurs, pour la réalisation du coursier et des pales des ventilateurs conçus pour l'extraction du grisou etc...

Discussion.

Au cours de l'échange de vues relatif à cette communication, on signale que les alliages Be-Cu donnent des inflammations. Sur une série de 120 essais dans une atmosphère air-hydrogène à 10 % d'hydrogène, on a obtenu 3 inflammations. L'absence d'étincelles n'est donc pas une preuve que l'alliage n'allume pas.

Des mesures effectuées en Allemagne au banc d'essai ont montré que la température de la pointe d'un outil pouvait dépasser 1000° C.

Le moyen le plus efficace pour faire disparaître tout risque d'inflammation par un outil est l'injection d'eau dans le taillant. Cette méthode a, de plus, l'avantage de réduire l'usure qui est due principalement à l'augmentation de la température, ainsi que la quantité de poussières soulevées.

On fait remarquer également qu'une limaille d'acier, arrachée à un outil par abrasion et portée ainsi à haute température, allume l'hydrogène mais non pas le méthane. Pour allumer ce dernier, il faut un morceau de roche fondu sur le métal. Cela ne se produit qu'en roches très dures.

3. POUSSIÈRES DE CHARBON

3 1. MÉTHODES DE PREVENTION ET DE LOCALISATION DES COUPS DE POUSSIÈRES

Deux communications ont pour objet la méthode de localisation des coups de poussières par arrêts-barrages.

3 1 1. Communication n° 37. — Essais sur l'efficacité des arrêts-barrages dans les galeries expérimentales de 400 m et de 520 m de longueur, par le Prof. W. CYBULSKI. (Mine expérimentale Barbara - Pologne).

L'auteur rapporte les conditions et les résultats de 194 essais effectués sur les arrêts-barrages à charge

de poussières stériles, dans une galerie souterraine de la mine expérimentale Barbara.

Ces essais ont eu pour but d'étudier l'influence sur l'efficacité des arrêts-barrages, de la distance de ceux-ci à l'origine de l'explosion et de leur situation par rapport à un tournant de la galerie, ainsi que du degré de schistification.

Cette galerie de 7,5 m² de section, est utilisée, soit sur une longueur de 400 m pour les expériences

en ligne droite, soit sur 520 m pour les essais relatifs à l'influence des tournants.

L'auteur a opéré avec de la poussière de charbon 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 %.

La poussière moyenne a été utilisée telle quelle, tandis que la poussière fine a été, au préalable, mélangée à du filler calcaire de manière à contenir 50 % ou 67,5 % de matières incombustibles.

Cette poussière est simplement répandue sur le sol. Elle est mise en suspension et allumée par une explosion initiatrice dont la violence peut être modifiée en changeant de procédé. Les quatre procédés suivants ont été employés : inflammation de poussières de charbon fines, pures et sèches répandues, soit sur 30 m, soit sur 4 m de longueur à partir du fond de la galerie ; inflammation, soit de 100 m³, soit de 50 m³ d'un mélange air-grisou à 8-9,5 % de méthane, formé au fond de la galerie. Dans tous les cas, l'inflammation est provoquée par le tir de 750 g de poudre noire au mortier sans bourrage.

Les arrêts-barrages utilisés sont du type Barbara à planchers de 50 ou de 35 cm de largeur.

Pendant l'essai, on enregistre, non seulement le passage de la flamme par deux procédés, l'un pyrotechnique et l'autre photoélectrique, mais aussi la pression statique en 12 points répartis le long de la galerie.

A. Efficacité des arrêts-barrages en fonction de leur distance à l'origine de l'explosion.

On procède suivant 5 modes opératoires différant par le type d'amorçage et la violence de l'explosion. Pour chaque mode, on fait varier la distance de l'arrêt-barrage à l'origine de l'inflammation, ainsi que le nombre de tablettes de poussières stériles.

On peut établir une gradation dans l'efficacité d'un arrêt-barrage suivant que celui-ci provoque l'arrêt de l'explosion sur place, c'est-à-dire dans la zone où il est établi, ou à moins de 20 m, ou à moins de 100 m au-delà de cette zone.

On constate que :

- L'influence de l'initiation se fait sentir jusqu'à une distance de 100 m environ, au-delà de laquelle l'explosion se développe librement.
- Le maximum de la pression statique et de la vitesse de la flamme augmente avec la violence de l'explosion, c'est-à-dire avec la pureté et la finesse de la poussière employée. Ces maxima ont varié de 3 à 8 kg/cm² pour la pression et de 290 à 1.000 m/s pour la vitesse de la flamme.
- Le temps qui s'écoule, entre la mise en mouvement de la première tablette et l'arrivée de la

flamme, augmente en même temps que la distance à l'origine. Ainsi, pour une explosion faible et un amorçage très fort, ce temps est :

- à 20 m, de 0,27 à 0,36 s ;
- à 100 m, de 0,68 à 0,92 s ;
- à 200 m, de 0,71 à 1,18 s ;
- à 280 m, de 0,66 à 2,41 s.

- Le temps diminue avec la violence de l'explosion et peut descendre dans certains cas sous 0,2 s.
- A peu de distance de l'origine (40 m), les tablettes légères sont plus efficaces que les éléments lourds, parce qu'elles sont plus facilement renversées.
- La quantité de poussières stériles nécessaire pour arrêter une explosion sur place, croît sensiblement avec la distance à l'origine.
- Dans les conditions expérimentales adoptées, l'emplacement optimum de l'arrêt-barrage se situe à 100-120 m de la source d'inflammation, et l'efficacité reste bonne entre 60 et 200 m.
- Les explosions, même très violentes, peuvent être arrêtées par une charge de poussières stériles relativement faible, à condition que la zone de l'arrêt-barrage soit schistifiée jusqu'à une teneur en incombustibles de 90 %.

B. Efficacité des arrêts-barrages établis au-delà d'un tournant de la galerie.

Dans les conditions expérimentales adoptées, l'explosion initiatrice est produite, soit dans une courte galerie en cul-de-sac parallèle à la galerie d'essai, soit à l'extrémité d'un travers-banc de 120 m de longueur et de 5 m² de section, perpendiculaire à la galerie d'essais et communiquant avec celle-ci par un orifice de 1,3 m² de section.

Dans le premier cas, la flamme doit tourner deux fois de 90° avant de pouvoir se développer dans la galerie d'essai ; dans le second, elle parcourt d'abord le travers-banc sur toute sa longueur, puis tourne à 90° pour passer dans la galerie. Les arrêts-barrages sont disposés dans cette dernière à diverses distances de l'endroit où débouche la flamme. En opérant dans des conditions différentes d'amorçage et d'explosion, on a pu mettre en lumière les faits suivants :

- L'arrêt de l'explosion est le plus facile si l'arrêt-barrage est établi à proximité du tournant.
- Il est indiqué d'employer à cet endroit des tablettes légères.
- La schistification de la zone de l'arrêt-barrage est ici également très efficace.

312. Communication n°30. — Essais comparatifs sur l'efficacité des arrêts-barrages à l'eau et à la poussière stérile, par H. HANEL (Station d'essais de Freiberg - Rép. Dém. Allemande).

Les arrêts-barrages à la poussière inerte peuvent parfois ne pas fonctionner. On peut trouver à ces

déficiences de multiples raisons et se demander si l'eau n'est pas supérieure à la poussière stérile pour arrêter un coup de poussières de charbon.

C'est dans le but de donner une réponse à cette question que l'étude a été entreprise.

Les essais ont été effectués dans une galerie de 275 m de longueur et de 2,57 m² de section, dont une extrémité est fermée et dont l'autre débouche à l'atmosphère. La poussière de charbon était éparpillée sur le sol à raison de 300 g/m³ sur les dix premiers mètres à partir du fond, de 150 g/m³ sur les 140 mètres suivants.

L'amorçage du coup de poussières est provoqué, soit par le tir de 3 cartouches de dynamite placées sans bourrage dans un mortier de 55 mm de diamètre, soit par l'inflammation de 9 m³ d'un mélange de propane et d'air à la teneur de 4,5 %. La poussière stérile utilisée pour la charge des arrêts-barrages est du filler calcaire.

Les auges à eau, en bois ou en tôle, ont une longueur de 1,36 m, une hauteur et une largeur de 0,20 m. Elles contiennent 30 litres d'eau.

Les tablettes à poussière stérile ont une longueur de 1,41 m et une largeur de 0,35 m ; elles reçoivent chacune une charge de 30 kg.

A. Amorçage à la dynamite.

Première série d'essais.

L'arrêt-barrage est constitué, soit de 10 tablettes, soit de 10 auges posées à 1,50 m l'une de l'autre. Il est établi à différentes distances du fond de la

galerie. Les résultats sont donnés au graphique de la figure 27.

On constate que :

- si l'arrêt-barrage se trouve à plus de 100 m du front, les flammes ne sont arrêtées qu'au-delà de l'arrêt-barrage ;
- le filler et l'eau sont également efficaces, sauf quand l'arrêt-barrage est établi à 200 m du front. Dans ce cas, le filler est soufflé hors de la galerie et n'arrête pas l'explosion, tandis que l'eau agit plus rapidement.

On constate sur cette figure que la flamme n'est arrêtée qu'au-delà de l'arrêt-barrage lorsque celui-ci se trouve à 60 m ou plus du front.

L'auteur considère qu'un arrêt-barrage situé à 150 m ou plus de l'origine de l'inflammation est inefficace. L'efficacité des auges et des tablettes est sensiblement équivalente.

Deuxième série d'essais.

L'arrêt-barrage se compose de 5 tablettes ou de 5 auges distantes de 3 m l'une de l'autre.

Les différents essais sont représentés à la figure 28 avec leurs résultats.

Troisième série d'essais.

L'arrêt-barrage est formé de 5 tablettes ou de 5 auges écartées de 10, 30 ou 50 m l'une de l'autre, pour 6 couples d'essais et de 10 tablettes ou de 10 auges pour un 7^e couple.

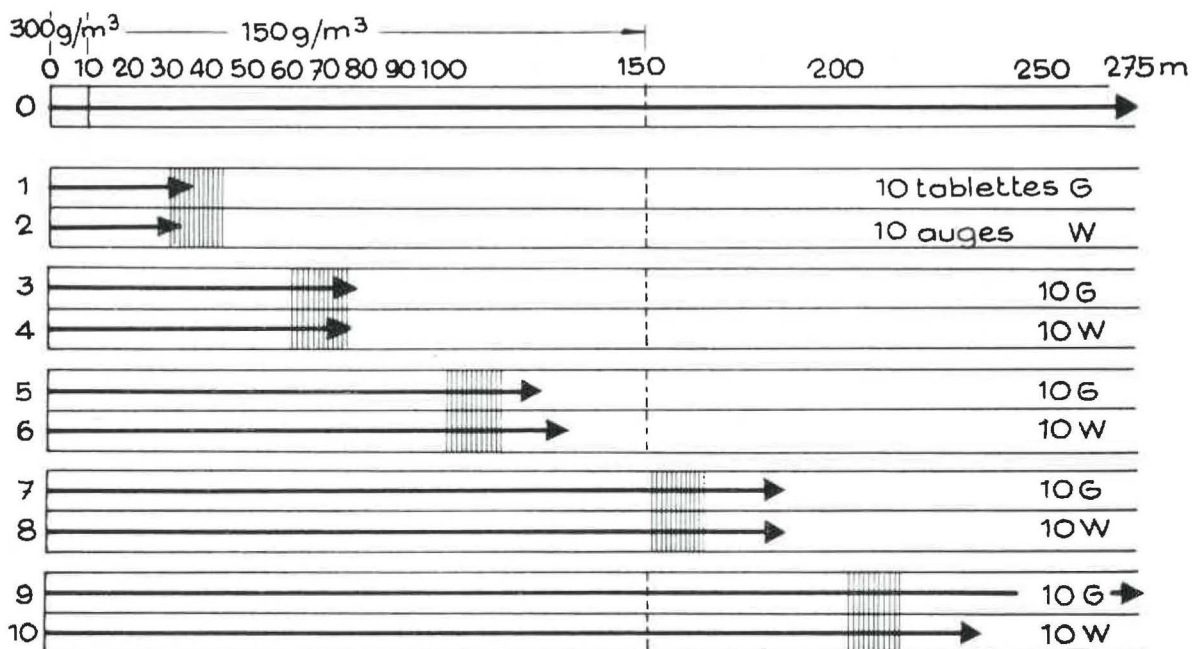


Fig. 27. — Essais d'arrêt-barrages formés de 10 tablettes ou de 10 auges, écartées de 1,50 m. Les flèches représentent les parcours des flammes.

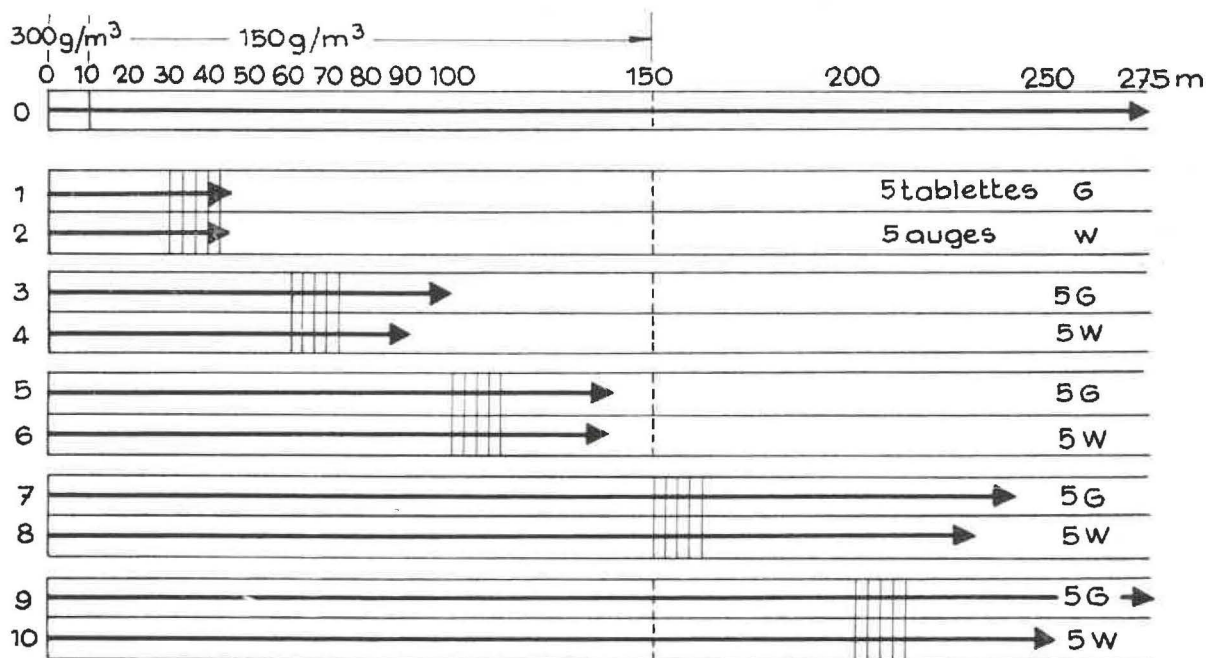


Fig. 28. — Essais d'arrêts-barrages formés de 5 tablettes ou de 5 auges distantes de 3 m. Les flèches indiquent les parcours des flammes.

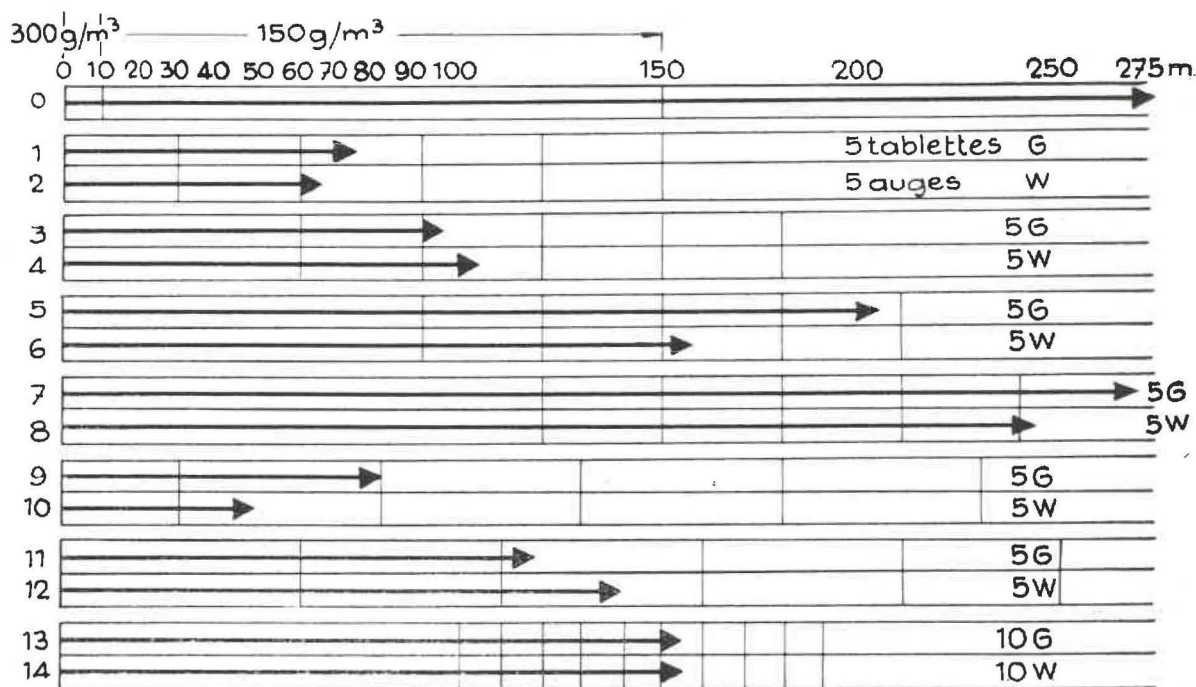


Fig. 29. — Essais d'arrêts-barrages formés de 5 tablettes ou de 5 auges distantes de 10, 30 ou 50 m. Les flèches montrent les parcours des flammes.

Tous ces essais sont représentés à la figure 29. Les arrêts-barrages arrêtent l'explosion, à condition que le premier élément soit à moins de 120 m de l'origine. L'efficacité de l'eau et celle de la poussière restent équivalentes.

Conclusion.

— La quantité d'inerte (poussière ou eau) nécessaire pour arrêter la flamme est d'autant plus grande que l'arrêt-barrage est plus éloigné de l'origine de l'explosion.

- Les barrages doivent être érigés entre 30 et 120 m de l'origine supposée de l'explosion.
- L'eau et la poussière inerte sont équivalentes, sauf si l'arrêt-barrage se trouve à grande distance de l'origine : l'eau paraît alors supérieure.
- Les arrêts-barrages, dont les éléments sont très écartés les uns des autres, semblent très efficaces à condition que la distance de la première tablette (ou auge) à l'origine ne dépasse pas 100 m.

Remarque.

Quelques essais ont porté sur des arrêts-barrages dont les éléments sont placés le long des parois. Ces arrêts-barrages se sont révélés peu efficaces.

B. Amorçage par l'inflammation de 9 m³ de mélange de propane et d'air à 4,5 % de propane.

L'explosion initiatrice est moins forte que dans les essais précédents et la flamme se propage plus lentement.

Les essais ont porté sur des arrêts-barrages constitués de 5 tablettes ou de 5 auges, distantes soit de 3 m, soit de 30 m. L'eau s'est révélée beaucoup plus efficace que le filler si la distance entre éléments est de 3 m. Pour un écart de 30 m, eau et poussière sont équivalentes.

Note du rapporteur.

La solution consistant à écarter les éléments d'un arrêt-barrage jusqu'à la distance de 30 m paraît séduisante pour les galeries de taille.

D'après des expérimentateurs allemands, il conviendrait cependant de vérifier l'efficacité d'une telle disposition par un grand nombre d'essais effec-

tués dans des galeries de section beaucoup plus grande.

Discussion.

Au cours de la discussion sur les arrêts-barrages, on note les différents points suivants.

La schistification augmente notablement l'efficacité des arrêts-barrages, tout en étant, elle seule insuffisante pour arrêter une explosion déclenchée.

On constate que les auges à eau sont au moins aussi bonnes que les planches à poussière stérile : 200 litres d'eau par m² sont, selon certains expérimentateurs, aussi efficaces que 400 kg par m² de poussière stérile. Les essais sont néanmoins à poursuivre.

Dans les coups de poussières expérimentaux, on a approché le régime de la détonation sans cependant l'atteindre. Il faudrait pour y arriver opérer dans des conditions très particulières et notamment utiliser de la poussière pure. Une telle expérience provoquerait des destructions importantes dans la galerie, comme c'est le cas déjà lorsque la vitesse de la flamme dépasse 1.000 m/s.

Les expérimentateurs ont réalisé leurs essais dans des galeries dont la section est tout au plus égale à 7,5 m². L'extrapolation aux galeries de 12 à 15 m² ne peut être faite en toute connaissance de cause. Mais, comme une quantité de stérile de 100 kg/m² suffit dans une section de 7,5 m², la quantité réglementaire de 400 kg/m² reste suffisante dans les sections de 15 m².

Un changement de direction de 90° dans une galerie a une influence importante sur l'efficacité d'un arrêt-barrage, établi un peu au-delà ; un tournant à 30° n'aura d'influence que sur les explosions faibles.

3 2. RECHERCHES FONDAMENTALES SUR LES COUPS DE POUSSIÈRES

Deux communications peuvent être classées sous cette rubrique.

3 2 1. Communication n° 36. — Mécanisme de l'inflammation des poussières, par R. LOISON et R. CHAUVIN (Cerchar - France).

Les auteurs ont donné de cette communication le résumé suivant :

« Nous avons tenté d'analyser comment s'amorce » la combustion vive d'un nuage de poussières sou- » mis à un échauffement brusque, comme c'est le » cas dans une explosion de poussières. De cette » analyse, nous avons essayé de déduire quelles

» sont, parmi les propriétés des charbons, celles qui » déterminent son aptitude à l'inflammation.

» L'échauffement des poussières provoque, d'une » part, l'accélération de l'oxydation superficielle du » charbon, d'autre part, le dégagement, puis la com- » bustion des M.V., soit au contact des particules, » soit en phase gazeuse. Pour mettre en évidence » l'importance relative de ces différents phénomènes » et leur succession dans le temps, nous avons appli- » qué simultanément trois méthodes :

» 1^{re} méthode :

» Nous avons déterminé séparément, d'une part, » la vitesse de la réaction d'oxydation du charbon » en fonction de la température par la méthode du

» « point de croisement », d'autre part, les caractéristiques de la pyrolyse rapide (seuil de pyrolyse, nature des produits de pyrolyse) au moyen d'un four à ruban chauffant, permettant d'atteindre des vitesses de chauffage de l'ordre de 1000° C/seconde.

» 2^{me} méthode :

» Un jet de charbon pulvérisé a été soumis au rayonnement d'une paroi portée à des températures croissantes, tantôt en atmosphère d'azote, tantôt dans l'air, afin de comparer le développement de la pyrolyse au développement de la combustion en fonction de la température.

» Ces deux méthodes montrent que l'oxydation s'amorce avant la pyrolyse, mais qu'elle est encore très peu développée lorsque commence la pyrolyse.

» Dans le cas des charbons maigres, les M.V. doivent brûler au contact des particules ; leur combustion contribue à l'échauffement des particules en même temps que l'oxydation du charbon. La propagation de l'inflammation dans le nuage est constituée par une suite d'inflammations individuelles des particules. L'aptitude à l'inflammation est déterminée surtout par la réactivité du charbon, mais également par la quantité de M.V. et particulièrement de goudrons.

» Dans le cas des charbons gras, le dégagement des M.V. s'oppose à la poursuite de l'oxydation superficielle du charbon et leur combustion s'effectue en phase gazeuse. La propagation de l'inflammation dans le nuage s'identifie à la propagation d'une flamme de gaz, la quantité de goudron dégagée étant généralement suffisante pour constituer, avec l'air, un mélange inflammable. L'aptitude à l'inflammation n'est plus déterminée par la réactivité, mais uniquement par les caractéristiques de la pyrolyse.

» 3^{me} méthode :

» Un essai global, du type brûleur à poussières, permet de caractériser avec précision l'aptitude à l'inflammation, sans faire d'hypothèse sur le mécanisme. Nous avons comparé ses indications aux différentes propriétés du charbon afin de voir celles qui sont le mieux en corrélation avec l'aptitude à l'inflammation. Le nombre de charbons examinés par cette méthode est encore trop petit pour que des conclusions précises puissent être tirées. »

Discussion.

Au cours de la discussion, on note que l'explication donnée pour les charbons gras conduit à un minimum de poussières qui ne correspond pas au minimum expérimental de 50 g/m³, ce qui est probablement dû au fait que la totalité de la section

de la galerie n'est pas nécessairement rempli de poussières à une concentration uniforme.

On fait remarquer que la montée en température devrait se faire à l'allure de 1000° C en 10/20 ms au lieu de 1000°/s et qu'une telle allure pourrait être obtenue au moyen de lampes flash.

3 2 2. Communication n° 4. — L'inflammation de mélanges : poussière de charbon - méthane - air par jet turbulent de gaz chauds, par J. M. SINGER (Bureau of Mines - Pittsburgh Pa - U.S.A.)

L'inflammation de mélanges mixtes de poussière de charbon, de méthane et d'air par jet turbulent et pulsé de gaz chauds est étudiée de la manière suivante. Le jet turbulent est produit par l'explosion, dans une première chambre, d'un mélange stœchiométrique de méthane, d'oxygène et d'azote. Les produits de l'explosion pénètrent par un étroit conduit cylindrique dans une deuxième chambre renfermant le mélange mixte. On obtient ainsi des données et des renseignements nouveaux sur le mécanisme de l'inflammation par gaz chauds. En outre, il s'avère que l'appareil conçu pour cette recherche peut servir de moyen auxiliaire pour l'étude, à l'échelle du laboratoire, du type d'inflammation se produisant en grande galerie ou dans les mines de charbon.

Les variables qui régissent l'inflammation du mélange mixte sont le diamètre et la longueur du conduit cylindrique formant le jet, la granulométrie de la poussière de charbon, la teneur en combustible du mélange mixte et la température du jet de gaz chauds. On a fait varier cette dernière en modifiant l'indice d'oxygène, c'est-à-dire le rapport $O_2/(O_2 + N_2)$ du mélange donnant l'explosion initiale. La poussière de charbon utilisée contenait environ 37 % de matières volatiles ; elle a servi à toutes les expériences.

Les conclusions les plus importantes de cette étude sont les suivantes :

1°) L'inflammation des mélanges mixtes poussière de charbon - méthane - air exige des jets à température plus élevée (indice d'oxygène plus fort) que l'inflammation des mélanges gazeux simples de méthane et d'air. A condition d'augmenter la température du jet, il est possible d'enflammer ces mélanges mixtes dont la teneur en méthane est en dessous de la limite inférieure d'inflammabilité.

2°) Il existe, pour chaque teneur du mélange mixte en poussière de charbon, une courbe (température du jet, teneur en méthane du mélange mixte) spécifique de transmission de l'explosion ou d'inflammabilité. La teneur totale en combustible à la limite inférieure de chacune de ces courbes, est toujours égale ou supérieure à la teneur stœchiométrique.

que, ce qui indique que la totalité de la poussière de charbon ne participe pas à l'inflammation.

3°) La transmission d'une première explosion à un mélange mixte se produit le plus facilement par un conduit de longueur moyenne (1 cm environ). Les jets étroits doivent être plus chauds que les jets larges pour provoquer l'inflammation.

4°) Les hydrocarbures halogénés ne suppriment pas efficacement les inflammations par jets turbulents chauds, pas plus d'ailleurs que celles qui sont initiées par les produits de détonation des explosifs lors de tirs au mortier dans une galerie d'essais.

Des films cinématographiques à grande vitesse indiquent qu'il est possible que le mécanisme de l'inflammation par jet turbulent de gaz chauds com-

porte l'accumulation de produits gazeux émis par la poussière de charbon qui tourbillonne dans la zone très proche de la surface du jet à sa sortie du conduit. Le mélange mixte s'enflamme généralement près du point où le jet commence à se désagréger, c'est-à-dire à l'aval de l'orifice du conduit, à une distance égale à quelques diamètres de cet orifice.

Discussion.

Au cours de l'échange de vues, il est précisé que la température du jet de gaz chauds n'a pas été mesurée, mais calculée en supposant que l'inflammation du mélange dans la première chambre est adiabatique.

4. ELECTRICITE

4 1. ANTIDÉFLAGRANCE

4 1 1. Communication n° 35. — Perfectionnement de l'équipement électrique antidéflagrant pour les mines, par V. A. KHOROUNJII (U.R.S.S.)

Il est bien connu que l'inflammation d'un mélange de grisou et d'air à l'intérieur d'une enceinte antidéflagrante n'est pas le cas le plus dangereux. Celui-ci se rencontre lorsque cette inflammation, initiée par un arc très intense de court-circuit, projetée à l'extérieur par les joints des particules métalliques incandescentes ou même en fusion.

De telles particules passent, en effet, par des interstices beaucoup plus étroits que la flamme de grisou, sans perdre leur faculté d'allumer une atmosphère inflammable de grisou et d'air.

Ainsi en joint plan, l'interstice de sécurité vis-à-vis d'un arc de court-circuit entre conducteurs de cuivre ne dépasse pas 0,2 mm ; s'il s'agit de conducteurs d'aluminium, cet interstice est tout au plus de 0,05 mm.

On peut évidemment chercher à diminuer le danger d'un court-circuit à l'intérieur des enceintes antidéflagrantes en écartant les conducteurs les uns des autres, en allongeant les lignes de fuite et en utilisant des isolants réfractaires résistant à l'arc. Mais la mise en pratique de ces mesures est entravée par la nécessité de réaliser un équipement électrique compact, et d'ailleurs leur efficacité pourrait être mise en défaut par l'apparition de trajets conducteurs entre pièces sous-tension, à la suite de la pénétration de poussière de charbon à l'intérieur de l'enceinte.

La diminution des interstices de construction est d'application difficile et coûteuse, c'est pourquoi certains types de joints ont été mis à l'étude et notamment le joint en chicane ou en labyrinthe représenté à la figure 30 et le joint « barrière » ou « anti-particules » dont deux types A et B sont donnés respectivement aux figures 31 et 32.

Ces joints sont essayés entre couvercle et corps d'une enveloppe de 1,5 litre, dans laquelle on réalise un mélange inflammable de méthane et d'air et on provoque un court-circuit triphasé de 2.200 A et d'une durée de 0,2 s, entre trois conducteurs de 2,5 mm de diamètre.

L'enveloppe se trouve dans une cuve contenant elle-même un mélange inflammable de méthane et d'air.

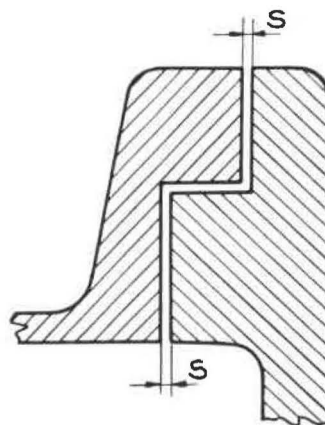


Fig. 30. — Joint en chicane ou labyrinthe.

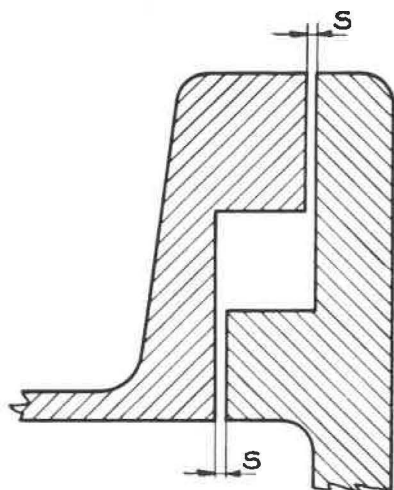


Fig. 31. — Joint barrière. Type A.

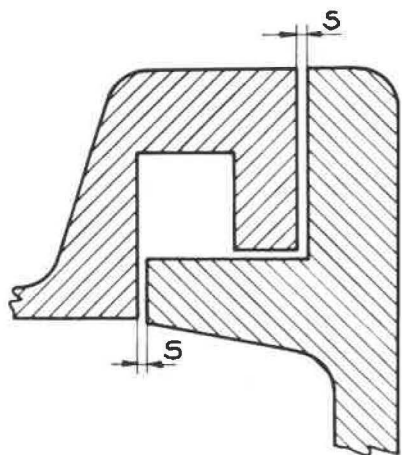


Fig. 32. — Joint barrière. Type B.

L'interstice S du joint est réglé au moyen de cales d'épaisseur bien précise.

On détermine, pour un certain nombre d'interstices, la fréquence de propagation de l'inflammation à la cuve par un nombre suffisant d'essais effectués dans les mêmes conditions. On obtient ainsi facilement l'interstice $S_{0,5}$ qui donne une fréquence de traversées égale à 0,5. Et l'on déduit de ces résultats l'interstice $S_{10^{-4}}$, c'est-à-dire celui pour lequel la probabilité de traversée ne dépasse pas 10^{-4} .

Les interstices $S_{10^{-4}}$ trouvés sont les suivants :

- joint en labyrinthe (fig. 30) : 0,3 mm
- joint barrière A (fig. 31) : 0,6 mm
- joint barrière B (fig. 32) : 0,7 mm

Des mesures simultanées de la pression dans l'enceinte et dans la rainure du joint barrière ont montré que la valeur de cette pression peut atteindre plusieurs atmosphères dans l'enceinte, mais reste très faible ou même nulle dans la rainure.

Cette chute de pression dans la rainure du joint « barrière » explique l'efficacité de celui-ci : les par-

ticules incandescentes y perdent leur vitesse ou même s'y arrêtent.

Ces « joints barrières » sont également très efficaces lorsque le court-circuit se produit entre conducteurs en aluminium, même en présence d'un mélange air-gaz de cokerie. Ils présentent l'avantage d'être de réalisation facile.

Discussion.

On rappelle d'abord les travaux allemands sur le même sujet, lesquels ont fait l'objet de communications aux conférences de 1952 et de 1954.

On reconnaît ensuite la nécessité de prévoir deux types d'équipement antidéflagrant suivant que la production d'un arc de court-circuit y est possible ou non.

On apprend que les alliages légers ne sont pas utilisés en U.R.S.S. pour la construction des carters antidéflagrants.

412. Communication n° 17. — Propagation de l'explosion dans les enceintes cloisonnées du matériel électrique, par H. M. MASKOW (Versuchsstrecke, Dortmund-Derne, R.F.A.)

L'auteur a repris l'étude d'un phénomène connu déjà depuis une cinquantaine d'années et qui peut être décrit comme suit.

Deux compartiments d'une enveloppe antidéflagrante, en communication par un orifice étroit, sont remplis tous deux d'un mélange gazeux inflammable, par exemple, un mélange de grisou et d'air. Si ce mélange est allumé dans le grand compartiment, il se produit dans le second une surpression importante.

Pour expliquer ce phénomène, on a admis jusqu'à présent que, pendant que la flamme se propage dans le grand compartiment, des gaz non brûlés pénètrent dans le petit et y établissent une pression qui peut être très supérieure à la valeur initiale. La pression d'inflammation de ce mélange comprimé doit évidemment être plus élevée que celle d'un mélange à la pression atmosphérique.

M. Maskow montre que cette explication n'est pas valable.

En effet, s'il y avait une augmentation sensible de la pression dans le deuxième compartiment pendant la propagation de la combustion dans le premier, on le constaterait sur l'enregistrement. Ce n'est pas le cas.

De plus, la surpression observée se présente comme une pointe de courte durée, ne modifiant que localement la courbe normale. Elle ne se produit d'ailleurs que pour certaines positions du point d'allumage dans le grand compartiment, mais s'observe

même lorsque l'orifice de communication est partiellement obstrué par un ruban métallique en spirale, qui ne laisse pas passer la flamme.

L'auteur en conclut que l'inflammation dans le second compartiment se produit par onde de choc dans certaines conditions de volumes relatifs des compartiments, de dimension de l'ouverture de communication et de position du point d'allumage.

Cette surpression peut facilement être évitée par un dimensionnement convenable des ouvertures de communication entre compartiments, lesquelles peuvent être très larges ou très étroites.

L'auteur qui a mené son étude au moyen de mélanges inflammables, soit de méthane et d'air, soit de méthane, d'hydrogène et d'air, constate que ces derniers constituent des produits de substitution à recommander pour l'étude de toutes les atmosphères explosives. En choisissant convenablement les proportions entre hydrogène et méthane, on réalise aisément des atmosphères types pour chacune des classes d'explosion. La pression d'explosion, la vitesse de propagation et même l'interstice expérimental peuvent être modifiés avec précision par la compression du mélange préalablement à l'allumage par étincelle. Les mélanges stœchiométriques sont, dans ces cas, à préférer.

413. Communication n° 22. — Une batterie de grande sécurité pour l'emploi dans les mines grisouteuses, par W. MAAS et P. QUADEN (Mines d'Etat - Pays-Bas).

La batterie ci-dessous décrite a été étudiée en vue de pouvoir équiper les locomotives Diesel utilisées dans la mine, d'un système de démarrage électrique. Le moteur de démarrage et la dynamo de charge avec son régulateur de tension peuvent facilement être réalisés en modèle antidéflagrant. La batterie présente, par contre, certaines difficultés et le problème n'a, jusqu'à maintenant, été envisagé que pour les batteries de traction.

Examen des moyens employés pour rendre une batterie de traction antigrisouteuse.

1) La plupart des batteries sont enfermées dans un coffre antidéflagrant, dont les orifices nécessaires à l'échappement des gaz sont pourvus de coupe-flamme pour le méthane.

Mais les batteries émettent des gaz électrolytiques longtemps après la fin de la charge et, si un élément se décharge plus vite que les autres, il devient, lorsqu'il est entièrement déchargé, une source abondante de ces gaz, parce que, parcouru par le courant

fourni par les autres éléments, il reçoit en quelque sorte une charge inverse.

2) Dans un autre type de batteries, les gaz électrolytiques sont évacués par ventilation. Mais si une telle batterie passe dans une atmosphère grisouteuse inflammable, elle peut allumer celle-ci par une étincelle aux connexions.

Les dangers d'une batterie d'accumulateurs peuvent donc se résumer comme suit :

a) Danger d'étincelles le long des conducteurs de courant et notamment aux connexions entre éléments et entre câbles et batterie.

b) Emission de gaz électrolytiques (H_2 et O_2) par les éléments. La flamme de ces gaz passe par des interstices beaucoup plus étroits que la flamme de méthane.

Principe et réalisation de la nouvelle batterie.

L'idée de base est de séparer les conducteurs de courant des gaz émis par les éléments et de diluer ces gaz dans l'air de ventilation.

En fait, un tube de 50 mm de longueur est soudé à l'ouverture d'évacuation des gaz de chaque élément et fermé au moyen du bouchon usuel de dégazage. La batterie est introduite dans un coffret en matière plastique et recouverte entièrement d'un lit de billes de verre de 3 mm de diamètre. L'épaisseur du lit au-dessus des conducteurs est uniforme et de 35 mm au moins. Seules, les extrémités des tubes de dégazage émergent du lit de billes et du couvercle qui ferme le coffret. La boîte de connexion des câbles est elle-même remplie de billes de verre. La batterie est placée dans le courant du ventilateur de la locomotive afin de favoriser l'échappement des gaz et leur dilution.

Essais de principe.

Les essais ont montré qu'en injectant un mélange d'oxygène et d'hydrogène dans un lit de billes de verre et en faisant éclater une étincelle à l'intérieur de ce lit à 35 mm de la surface libre, on n'obtenait pas l'inflammation d'un mélange extérieur de méthane et d'air en teneur explosive.

Discussion.

On remarque que, dans la solution proposée, l'enceinte de l'accumulateur ne présente toute sécurité que si le niveau de l'électrolyte est normal. En cas de baisse de ce niveau, laquelle peut être accidentelle, les plaques de polarités différentes émergent dans un mélange d'hydrogène et d'oxygène qui n'est séparé de l'extérieur par aucun coupe-flamme.

4 2. SECURITE INTRINSEQUE

4 2 1. Communication n° 28. — Examen et construction des appareils électriques de sécurité intrinsèque en France, par R. LOISON, P. BELUGOU et L. CHAINEAUX (Cerchar-France).

Le présent travail expose la méthode adoptée au Cerchar pour l'examen des appareils de sécurité intrinsèque. Cette méthode s'est définie progressivement au cours de l'examen des nombreux appareils, soumis à l'agrégation pour emploi dans la mine. Elle fera prochainement l'objet d'une codification qui faciliterait le travail des constructeurs, l'information des utilisateurs et la tâche des laboratoires chargés de l'examen et des essais.

Les auteurs rappellent d'abord les données expérimentales acquises au moyen d'éclateurs, lent ou rapide, de réalisation bien précise, fonctionnant en atmosphère inflammable à 8,5 % de méthane et coupant ou fermant des circuits résistifs, capacitifs ou selfiques.

Quelle que soit la sévérité des essais de sécurité intrinsèque, ceux-ci ne couvrent pas le risque introduit par un effet thermique et, pour se protéger contre celui-ci, il faut imposer une limite inférieure au diamètre des brins qui composent les conducteurs.

La note décrit également les divers moyens capables de rendre un circuit de sécurité intrinsèque comme

- la limitation de la puissance du circuit, la dissipation de l'énergie inductive dans un circuit spécial (enroulement en court-circuit), redresseur orienté dans le sens approprié, condensateur, résistance VDR ou diode de Zener,
- la limitation de l'énergie accumulée dans une self, par exemple, en déterminant le noyau de telle sorte qu'il se trouve à la limite de la saturation en fonctionnement normal, et que son énergie ne puisse augmenter même en cas de défaut,
- la réduction de la tension sur un appareil endommagé par mise en court-circuit de la ligne d'alimentation au moyen d'un thyatron solide.

Sont envisagés également les moyens de maintenir l'efficacité de ces dispositifs qui n'ont aucun rôle dans le fonctionnement normal et dont l'élimination accidentelle pourrait passer inaperçue : artifices de construction, utilisation de pièces de qualité (pas de condensateurs chimiques ni de redresseurs à pointe), solidité indiscutable.

Au cours de l'examen d'un appareil, il y a lieu d'évaluer le risque de rupture de certaines branches. Celles-ci sont donc classées en trois catégories suivant que leur rupture est normale (interrupteur,

ligne extérieure...), peu probable mais à envisager, ou hautement improbable.

Il faut ensuite envisager les dommages possibles, soit apparents, soit cachés de certains éléments et leur répercussion sur d'autres branches de l'appareil.

Sauf si le circuit est directement comparable à l'un des circuits expérimentaux, on procède à des essais directs au moyen des éclateurs normaux en majorant l'intensité dans la branche à l'épreuve, de 100 % ou de 50 % suivant les cas.

Si des bornes sont accessibles, on vérifie qu'en aucune circonstance, on ne peut en tirer un courant d'intensité supérieure à 50 mA, ceci afin d'éviter tout risque de départs intempestifs de détonateurs.

Le développement des considérations précédentes fait apparaître l'utilité d'un classement des appareils de sécurité intrinsèque en trois catégories qui seraient soumises à des conditions d'emploi différentes.

4 2 2. Communication n° 20. — L'emploi des semi-conducteurs comme éléments de protection dans les circuits électriques, par I. BERZ (M.R.E. National Coal Board - Grande-Bretagne).

Un circuit est de sécurité intrinsèque si l'énergie qui y est emmagasinée est inférieure à une limite déterminée pour laquelle une certaine probabilité d'inflammation apparaît.

Si cette limite est dépassée dans un certain circuit selfique, il est possible de rendre celui-ci de sécurité intrinsèque au moyen d'artifices qui ont généralement pour effet de détourner et de dissiper une partie de l'énergie au moment de la rupture.

L'emploi de semi-conducteurs constitue l'un des moyens d'obtenir un tel résultat, aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu.

L'auteur examine trois dispositifs différents : les résistances non-linéaires, les cellules au selenium en opposition et les diodes de Zener.

Résistances non linéaires.

La résistance non-linéaire, appelée généralement VDR (Voltage dependent resistor), est un élément au carbure de silicium ayant une caractéristique

$$I = f(V) \text{ de la forme} \\ I = kV^\alpha$$

avec α compris entre 4 et 5.

Une telle résistance connectée aux bornes d'une inductance protégera le circuit contre les effets de celle-ci, aussi bien en courant continu qu'en cou-

rant alternatif. En courant continu, l'efficacité de la VDR est moindre que celle d'une diode ou d'une cellule redresseuse.

Elle est maximum lorsque le courant de régime dans la résistance est égal à 15 % de l'intensité dans l'inductance. Le domaine de protection peut être étendu en utilisant un condensateur en parallèle.

Il est cependant toujours limité par l'impédance relativement faible de claquage de la VDR.

Cellules redresseuses au sélénium connectées en opposition.

Le redresseur au sélénium présente une faible chute de tension dans le sens direct. Dans le sens inverse, le courant augmente linéairement, tout en restant très faible (quelques mA), jusqu'à une tension critique qui, dans le cas cité, est d'environ 90 V. Au-delà de cette valeur, l'intensité augmente rapidement avec la tension. Si deux cellules sont connectées en opposition et raccordées aux bornes de l'inductance, toute surtension (dépassant 90 V dans le cas ci-dessus) à ces bornes sera absorbée quel que soit son sens.

En cas de surcharge, ces éléments peuvent se détériorer et rester à circuit ouvert. Dès ce moment, ils n'apportent plus aucune protection au circuit.

Diodes de Zener au silicium.

Les diodes du type Zener ont une caractéristique inverse présentant un coude bien défini au-delà duquel le courant augmente rapidement à tension presque constante.

Des diodes de puissance au silicium de ce type connectées en opposition pour former un écrêteur symétrique, ont pu rendre de sécurité des circuits, contenant des inductances atteignant 330 mH, dans lesquelles circulaient des courants de 3,2 A efficaces sous des tensions allant jusqu'à 75 V efficaces.

L'auteur a déterminé le maximum de la puissance pouvant être dissipée à la jonction par de tels dispositifs en régime d'impulsions d'une durée de l'ordre d'une milliseconde.

Il a ensuite soumis des circuits dont la sécurité intrinsèque était assurée par de tels écrêteurs, à des essais de durée en leur faisant subir un million de mises sous tension, et de ruptures et n'a constaté aucune variation apparente des performances.

Cinquante écrêteurs, détruits volontairement par fortes surcharges, présentèrent une résistance de 1 à 3 ohms pour un courant de 2 A.

Il semble donc bien que la défaillance de ces écrêteurs modifie toujours les caractéristiques du circuit dans le sens de la sécurité.

Les diodes Zener de puissance, connectées en écrêteur symétrique, paraissent donc former le dispositif « anti-self » (D.A.S.) le plus efficace pour les circuits à courant alternatif.

Discussion.

Au Cerchar, on utilise maintenant, pour séparer un montage complexe d'un circuit de sécurité intrinsèque, un dispositif écrêteur à diodes Zener opposées, représenté à la figure 33.

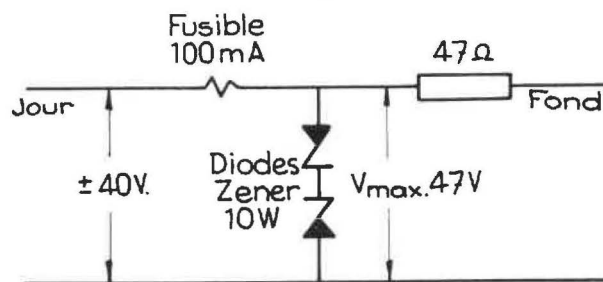


Fig. 33.

En fonctionnement normal, l'écrêteur n'intervient pas. Ce n'est qu'en cas d'un défaut qui aurait pour effet de faire apparaître une tension élevée entre les deux conducteurs de la ligne, que l'écrêteur entrerait en jeu pour limiter cette tension côté fond à 47 V. Les diodes utilisées ont pu être surchargées jusqu'à 230 W sans se couper. La figure ne représente évidemment qu'un cas d'application très particulier.

4.3. SECURITE DES CABLES

431. Communication n° 23. — Expériences relatives à la sécurité des câbles électriques en atmosphère grisouteuse, par W. KEMPEN, W. MAAS et C. van REIJEN (Mines d'Etat - Pays-Bas).

Les réseaux électriques envisagés dans cette communication sont du type à neutre mis à la terre par une impédance de 0 ou de 50 ohms, suivant que la tension est de 500 ou de 865 V. Cette valeur de

l'impédance est choisie de manière à limiter l'intensité d'un court-circuit à la masse dans une enveloppe antidéflagrante.

Le système de protection comprend sur chaque dérivation un détecteur de défaut à la terre du type « core-balance » présentant une sensibilité de 3 A et un retard d'intervention de 0,1 s.

On tend, par ailleurs, en Hollande, à généraliser les câbles souples dans lesquels chaque conducteur

est entouré d'un écran métallique mis à la terre, de telle sorte que les défauts phase-phase deviendront très rares vis-à-vis des défauts phase-terre.

La sécurité de ces câbles protégés par « coré-balance » a été éprouvée en présence d'un mélange inflammable de méthane et d'air par deux séries d'essais effectués suivant les modes opératoires ci-après.

Dans la première série, le câble sous tension est détérioré :

- soit par enfoncement progressif d'une pointe métallique,
- soit par projection d'une telle pointe à grande vitesse,
- soit par sciage partiel.

Les câbles essayés, isolés au caoutchouc ou au chlorure de polyvinyle, sont du type à écran métallique individuel réalisé en fils de cuivre tressés ou en feuillards minces de cuivre.

Au cours de 41 essais effectués sur un câble à isolement en caoutchouc, on a obtenu 23 mises à la terre et 9 courts-circuits. Dans les autres cas, on n'a constaté aucun défaut. Seul un court-circuit a donné l'inflammation de l'atmosphère grisouteuse.

Dix-sept essais réalisés sur un câble isolé au PVC ont donné 15 mises à la terre et 2 courts-circuits sans inflammation du mélange grisouteux.

Dans la deuxième série, le câble est blessé, au préalable, suivant le premier ou le troisième des procédés ci-dessus et la tension n'est enclenchée qu'après enlèvement de la pointe ou de la scie.

Le câble isolé au caoutchouc a subi ainsi 95 essais à la pointe métallique et 40 à la scie.

Au cours des premiers, on a obtenu un seul court-circuit et une seule mise à la terre, cette dernière suivie d'inflammation.

Les seconds, au contraire, n'ont donné aucun défaut permanent, ni aucune inflammation. En relevant et en abaissant la partie du câble où se trouvait le trait de scie, on a constaté deux mises à la terre sans inflammation. Mais en opérant de la même façon après avoir introduit des saletés dans le trait de scie, on a pratiquement une inflammation dans chaque cas si ces saletés contiennent de la limaille de cuivre.

Sur le câble isolé au P.V.C., on a procédé à 25 essais de détérioration par enfoncement de la pointe métallique. Un seul d'entre eux a donné un court-circuit suivi d'une explosion.

Vingt essais à la scie n'ont donné aucun défaut. Finalement, on a encore procédé à 8 essais du même type, mais en laissant la scie dans le câble. Ceux-ci ont donné, chaque fois, une mise à la terre mais n'ont pas été suivis d'inflammation.

Les auteurs notent, pour terminer, que les essais sont loin d'être complets mais que les résultats partiels obtenus jusqu'à présent ont été communiqués immédiatement parce qu'ils étaient plus favorables que prévu.

Discussion.

En réponse à une question, il est précisé que le courant de court-circuit était de l'ordre de 200 A.