

Institut National des Mines  
PATURAGES

## Conférence restreinte des Directeurs des Stations d'essais

Varsovie — Octobre 1961

### RESUMES DES COMMUNICATIONS

E. DEMELENNE

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines

par

H. CALLUT

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines

#### VOORWOORD

*De Directeurs van de Opzoekingsstations voor de veiligheid in de mijnen komen om de twee jaar in internationale conferentie bijeen.*

*Deze conferenties zijn beurtelings beperkt en voltallig, dit wil zeggen dat aan de eerste alleen de afgevaardigden van genoemde stations deelnemen, terwijl de laatste bovendien worden bijgewoond door de vertegenwoordigers van de administratie, door nijveraars, fabrikanten van springstoffen enz.*

*In 1961 werd een beperkte Conferentie georganiseerd door de heer CYBULSKI, Directeur van het Poolse Station, van 16 tot 21 oktober, te Warschau.*

*Deze conferentie werd bijgewoond door afgevaardigden uit zeer vele mijnlanden :*

België . . . . .	2
Bulgarije . . . . .	4
Chinise Volksrepubliek . . . . .	3
Frankrijk . . . . .	6
Groot-Brittannië . . . . .	6
Hongarije . . . . .	5
Indië . . . . .	1
Japan . . . . .	2
Nederland . . . . .	2
Oost-Duitsland . . . . .	3

#### AVANT-PROPOS

*Les Directeurs des Stations de recherche pour la sécurité des mines se rencontrent tous les deux ans en conférence internationale.*

*Ces conférences sont alternativement restreintes et plénières, c'est-à-dire que, si les premières rassemblent uniquement les délégués de ces Stations, les secondes réunissent, en outre, des représentants des Administrations des mines, des exploitants, des fabricants d'explosifs, etc.*

*En 1961, une Conférence restreinte a été organisée par M. CYBULSKI, Directeur de la Station de Pologne, du 16 au 21 octobre, à Varsovie.*

*Des délégués de très nombreux pays miniers y ont pris part :*

Allemagne Occidentale . . . . .	8
Allemagne Orientale . . . . .	3
Belgique . . . . .	2
Bulgarie . . . . .	4
Chine populaire . . . . .	3
Etats-Unis d'Amérique . . . . .	2
France . . . . .	6
Grande-Bretagne . . . . .	6
Hollande . . . . .	2
Hongrie . . . . .	5

Roemenië . . . . .	2
Tsjechoslovakije . . . . .	6
U.S.S.R. . . . .	6
Verenigde Staten . . . . .	2
West-Duitsland . . . . .	8

Inde . . . . .	1
Japon . . . . .	2
Roumanie . . . . .	2
Tchécoslovaquie . . . . .	6
U.R.S.S. . . . .	6

Tijdens de dertien werksittingen van deze Conferentie werden 79 voordrachten gehouden en besproken.

Met het doel al diegenen die zich in onze mijnen met de veiligheid bezighouden, naar best vermogen te documenteren, hebben wij het nuttig geoordeeld in hetgeen volgt een samenvatting van deze mededelingen te verstrekken.

Om het de lezer gemakkelijk te maken hebben wij ze gerangschikt in vijf grote hoofdstukken, te weten :

1. Springstoffen en springwerk.
2. Mijngas.
3. Kolenstof.
4. Vuur en brand.
5. Elektriciteit.

**VORWORT**

Die Leiter der Forschungsstellen für Grubensicherheit treffen sich alle zwei Jahre auf internationalen Konferenzen. Diese Treffen sind im Teilnehmerkreis abwechselnd beschränkt oder plenar. Im ersten Falle umfassen sie nur die Vertreter der Forschungsstellen, im zweiten Falle kommen Angehörige der Bergwerksverwaltungen, der Unternehmer, der Sprengstoffindustrie usw. hinzu.

Im Jahre 1961 wurde eine beschränkte Konferenz veranstaltet durch den Direktor der polnischen Forschungsanstalt Herrn CYBULSKI vom 16. bis 21. Oktober in Warschau. An ihr beteiligte sich eine grosse Anzahl von Vertretern der Bergbauländer, und zwar aus :

Belgien . . . . .	2
Bulgarien . . . . .	4
Frankreich . . . . .	6
Gross-Britannien . . . . .	6
Indien . . . . .	1
Japan . . . . .	2
Niederlande . . . . .	2
Ostdeutschland . . . . .	3
Rumänien . . . . .	2
Sowjet-Union . . . . .	6
Tschechoslowakei . . . . .	6
Ungarn . . . . .	5
Vereinigte Staaten . . . . .	2
Volksrepublik China . . . . .	3
Westdeutschland . . . . .	8

Au cours des treize séances de travail de cette conférence, 79 communications ont été présentées et discutées.

Afin de documenter au mieux tous ceux qui ont charge de la sécurité dans nos mines, nous avons cru bien faire en publiant, dans ces colonnes, les résumés de ces communications.

Pour faciliter la tâche du lecteur, nous avons groupé ces résumés en cinq grands chapitres, à savoir :

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

**PREFACE**

The Directors of Mine Safety Research Stations meet every two years in an international conference. These conferences are alternately limited and plenary, that is to say that the first are simply a meeting of delegates of these Stations, whilst the second also include the representatives of the mining administrations, the managements, manufacturers of explosives, etc.

In 1961, a limited conference was organized by M. CYBULSKI, Director of the Polish Station, from October 16th to 21st, in Warsaw.

Delegates from a great many mining countries took part :

Belgium . . . . .	2
Bulgaria . . . . .	4
Chinese Peoples' Republic . . . . .	3
Czechoslovakia . . . . .	6
Eastern Germany . . . . .	3
France . . . . .	6
Great Britain . . . . .	6
Hungary . . . . .	5
India . . . . .	1
Japan . . . . .	2
Netherlands . . . . .	2
Rumania . . . . .	2
United States . . . . .	2
U.S.S.R. . . . .	6
Western Germany . . . . .	8

Im Laufe von dreizehn Arbeitstagungen dieser Konferenz wurden 79 Vorträge gehalten und ihnen eine Erörterung angeschlossen. Um diese Vorträge von Persönlichkeiten, welche mit den grubensicherheitlichen Aufgaben in unseren Bergwerken befasst sind, nach Möglichkeiten festzuhalten, haben wir es für wertvoll erachtet, sie in Form von Zusammenfassungen und Uebersichten in den nachfolgenden Spalten zu veröffentlichen. Zur Erleichterung für den Leser haben wir sie in fünf grosse Abschnitte unterteilt, nämlich :

1. Sprengstoffe und Schiessarbeit.
2. Schlagwetter.
3. Kohlenstaub.
4. Feuer und Brand.
5. Elektrizität.

During the thirteen working sessions of this Conference, 79 reports were presented and discussed.

In order to give as much documentation as possible to all those responsible for safety in our mines, we considered it would be useful to publish summaries of these reports in our columns.

In order to facilitate the reader's task, we have grouped these summaries into five big chapters, namely :

1. Explosives and shotfiring.
2. Fire-damp.
3. Coal Dusts.
4. Fires.
5. Electricity.

## 1. EXPLOSIFS ET MINAGE

### SOMMAIRE

Ce chapitre comprend 27 communications qui peuvent être classées suivant le tableau ci-dessous.

#### 11. SECURITE DES EXPLOSIFS

##### 111. Sécurité au point de vue du grisou et des poussières.

##### 1111. Explosifs proprement dits.

##### 11111. Recherches fondamentales sur le mécanisme de l'inflammation.

Recherches par cinématographie ultra rapide, sur l'inflammation du grisou par les explosifs antigrisouteux, par Dr. E. Eitz (R.F.A.).

Etude photographique de l'inflammation d'un mélange de méthane et d'air par les explosifs, par W.L. Murray (G.B.).

Méthode simple de détermination de l'aptitude à la réaction des différents types d'explosifs de mines, par H. Ahrens (R.F.A.).

##### 11112. Facteurs influençant la sécurité des explosifs.

Influence du diamètre des cartouches sur la sécurité des explosifs, par Seeleman et Muller, (France).

Recherches sur l'influence du diamètre des cartouches d'explosifs sur leur sécurité vis-à-vis du grisou, par W.B. Cybulski (Pologne).

Influence du temps de stockage des explosifs de sécurité sur la sécurité vis-à-vis du grisou, par W.B. Cybulski (Pologne).

Facteurs influençant la sécurité des explosifs antigrisouteux. Etude du nitrate ammonique et des matières charbonneuses, par Hanna, Grant et Van Dolah (U.S.A.).

##### 11115. Essais dans les conditions du fond.

Essais d'inflammation du grisou dans les conditions du fond de la mine, par Meerbach (R.F.A.).

##### 1112. Détonateurs.

Détonateurs antigrisouteux pour l'emploi dans les mines de charbon, par Yoshida, Katsuki et Kinoshita (Japon).

##### 112. Sécurité des explosifs au point de vue des ratés et des déflagrations.

Interruption de la détonation dans les explosifs miniers en fourneaux, par Yamamoto et Fukuda (Japon).

Transmission de la détonation des explosifs en trou de mine, par Cocu, Giltaire et Seeleman (France).

Le mode de détonation de charges d'explosifs de mine percées d'un trou axial, par Ahrens (R.F.A.).

Comparaison de diverses méthodes de détermination de la sensibilité des explosifs de sécurité, par Grant, Hanna et Van Dolah (U.S.A.).

Influence du diamètre des cartouches sur la sécurité des explosifs, par Seeleman et Muller (France).

Causes de la déflagration des explosifs de sécurité et des mesures destinées à diminuer le danger qui en résulte, par F.M. Galadgi (U.R.S.S.).

Facteurs déterminant la tendance des explosifs antigrisouteux à la déflagration, par Andreev et Khotine (U.R.S.S.).

#### 113. Sécurité des explosifs au point de vue des gaz toxiques.

Comparaison des méthodes de détection et d'analyses des gaz toxiques dans les fumées d'explosifs, par E.M. Murphy (U.S.A.).

Sur les causes pouvant influencer la formation des oxydes de carbone et d'azote au cours de la détonation des explosifs, par Hanel et Pöschl (R.D.A.).

Les gaz dégagés par le tir des mines, par J. Bracke (Belgique).

### 12. SECURITE DES TIRS

#### 121. Conditions d'emploi des explosifs.

Etudes diverses sur l'emploi des explosifs en mines grisouteuses, par R. Loison (France).

La sécurité du minage en Belgique, par E. Deme-  
lenne (Belgique).

#### 122. Tir à retard.

Le mouvement de la roche produit par le tir de volées d'après la méthode des trous parallèles, par Fischer et Meerbach (R.F.A.).

Conditions de la sécurité d'emploi du tir à court retard dans les mines de charbon et moyens d'assurer cette sécurité, par N.L. Rosinski (U.R.S.S.).

Recherches sur la sécurité du tir à retard, en présence de méthane, dans le charbon et dans le schiste, par W.B. Cybulski (Pologne).

#### 123. Bourrage.

Efficacité relative de divers bourrages quant à la réduction de l'incendivité des explosifs permis, par Van Dolah, Hanna et Grant (U.S.A.).

Etude du bourrage et de la protection contre le grisou, par Kota (Hongrie).

### 13. TIR A L'AIR COMPRIME

Tir à l'air comprimé, par Cocu et Thouzeau (France).

### 14. CONDUITE DES ESSAIS ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Influence du pourcentage d'inflammation permis sur l'appréciation des explosifs, par Ramsay et Sae-  
ger (G.B.).

## I I. SECURITE DES EXPLOSIFS

### I I I. Sécurité au point de vue du grisou et des poussières.

#### IIII. EXPLOSIFS PROPREMENT DITS

##### 11111. Recherches fondamentales sur le mécanisme de l'inflammation.

**Communication n° 34. — Recherches, par cinématographie ultra rapide, sur l'inflammation du grisou par les explosifs antigrisouteux, par Dr. E. EITZ (République Fédérale Allemande).**

Le développement dans le temps et dans l'espace des foyers d'inflammation a été observé par cinématographie ultra rapide au cours de tirs au bloc rainuré avec paroi de choc à 20 cm. L'auteur a étudié tout particulièrement les variations des luminosités enregistrées dans le cas de tirs de charges supérieures aux charges limites ; ces charges étaient constituées, soit d'explosifs de la classe II, soit d'explosifs de la classe III.

Des enregistrements obtenus, l'auteur tire les conclusions suivantes :

— Pour tous les explosifs étudiés, l'inflammation définitive du grisou dans la chambre ne se propage pas plus rapidement quand la charge s'accroît ; bien plus, on a constaté des cas de non-inflammation pour des charges supérieures à la charge limite.

— La probabilité d'inflammation du grisou par une charge donnée de ces explosifs est en relation directe avec l'intensité et la durée des luminosités qui accompagnent la détonation.

— Dans le cas de longues charges de ces explosifs, l'inflammation naissante du grisou peut s'éteindre par l'abondance des fumées.

L'auteur termine en remarquant que la présence de résidus salins humides sur la paroi de choc et sur le mortier rainuré entraîne une diminution de l'intensité et de la durée des luminosités qui accompagnent la détonation de la charge d'explosif.

**Communication n° 43. — Etude photographique de l'inflammation d'un mélange de méthane et d'air par les explosifs, par W. L. MURRAY (Grande-Bretagne).**

L'auteur a, en premier lieu, photographié à l'aide d'une caméra ultra-rapide l'inflammation initiale du

grisou provoquée par la détonation de charges de tétryl et d'explosifs de sûreté.

Ensuite, il a examiné systématiquement les premiers stades du processus de l'inflammation en utilisant un obturateur à cellule de Kerr qui permet des prises de vues individuelles d'un temps d'exposition d'une microseconde. Pour cette dernière étude, on a utilisé uniquement de l'explosif de sûreté ; la charge librement suspendue était tirée au centre d'une chambre à gaz munie de parois en matière transparente, comme le montre la figure 1.

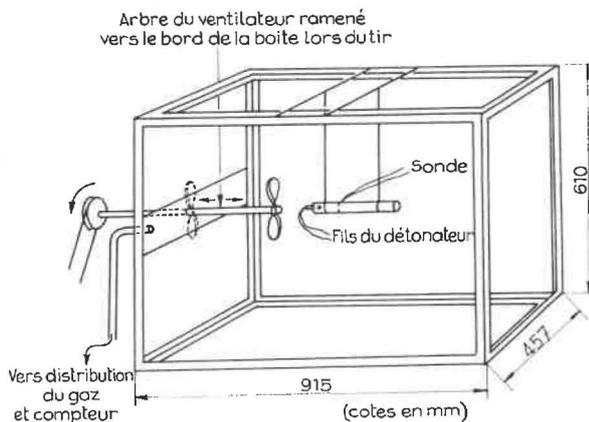


Fig. 1.

Les explosifs de sûreté contenant du Na Cl dans un état très divisé, ainsi que les explosifs à ions échangés, n'ont pas donné d'inflammation.

Cette étude a permis de tirer les enseignements suivants :

— L'inflammation initiale du grisou se produit près de la cartouche immédiatement après le commencement de la détonation.

— L'inflammation locale apparaît dès que l'onde de détonation arrive à la surface de la cartouche et c'est de la surface cylindrique de la cartouche qu'elle se propage dans la chambre.

— La flamme suit immédiatement le front de l'onde de choc.

— On peut observer des inflammations locales de mélanges à 27 % de  $\text{CH}_4$ .

L'auteur émet l'hypothèse que les conditions de température et de pression régnant dans l'onde de choc sont toujours suffisantes pour allumer le grisou. Mais les explosifs les plus faibles ne provoqueraient pas d'inflammation locale parce que la puissance de leur onde de choc est faible et qu'elle est atténuée en moins de temps qu'il n'est nécessaire pour obtenir l'inflammation.

**Communication n° 36. — Méthode simple de détermination de l'aptitude à la réaction des différents types d'explosifs de mines, par H. AHRENS (R.F.A.)**

La méthode s'inspire des observations photographiques faites antérieurement au cours de tirs d'ex-

plosifs antigrisouteux dans le bloc rainuré avec paroi de choc en milieu non grisouteux. L'auteur avait observé au cours de ces essais :

- que les flammes à la paroi de choc étaient d'autant plus intenses que le régime de détonation de l'explosif était moins sélectif, en d'autres mots, que le retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires était faible ;
- que le défaut de sécurité d'un explosif vis-à-vis du grisou était fonction de la durée de ces flammes.

La méthode consiste à enregistrer sur des films en couleur, au moyen d'une camera à miroir tournant, les intensités et la durée des flammes produites par la détonation à l'air libre d'une charge d'explosif amorcée par un cordeau détonant à la penthrite placée axialement dans la charge.

Le rôle du cordeau est de provoquer les effets produits par la rainure rectangulaire du mortier d'angle : projections et action favorisant les décompositions retardées. La figure 2 donne le schéma optique de l'installation.

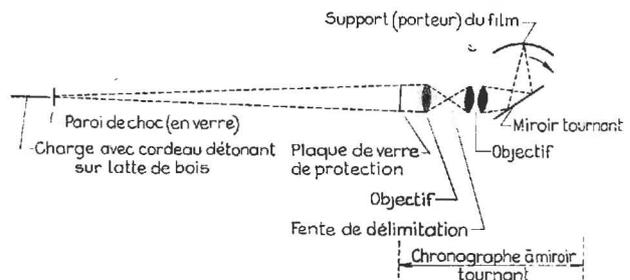


Fig. 2.

Dans une seconde série d'expériences, l'auteur a placé, comme paroi de choc à 20 cm de l'explosif, une plaque de verre afin d'enregistrer également les flammes de réaction retardées qui apparaissent à l'impact.

De ces différents enregistrements photographiques réalisés, il apparaît que :

— L'intensité des flammes dues à la réaction retardée, à proximité de la charge, ainsi que la vitesse des produits de la détonation entre la charge et la paroi de choc, dépendent du taux d'excitation, c'est-à-dire du pourcentage de nitroglycérine.

La gélatinisation ou la phlegmatisation de l'huile explosive (nitroglycérine) provoque un affaiblissement de l'intensité des flammes.

Par contre, les radiations émises par des particules solides inertes au sein des produits de détonation contribuent à accroître la brillance des luminosités.

— Il n'y a pas de flammes de réaction retardée à la paroi du verre, si le régime de détonation de l'explosif est strictement sélectif, c'est-à-dire lorsque le retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires est grand, comme dans le cas des explosifs à ions échangés.

— On a constaté un parallélisme étroit entre l'intensité de ces flammes à proximité de la paroi, la vitesse moyenne des produits de détonation entre la charge et la paroi de verre et le risque d'inflammation du grisou. La vitesse des produits entre la charge et la paroi de verre est sensiblement plus faible dans le cas des formules renfermant la paire de sels échangés que dans celui des formules renfermant du  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et du sel alcalin à composition ionique approximativement égale ; ceci s'explique par le fait que le  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  participe à la réaction retardée.

L'auteur fait observer finalement que les résultats obtenus par la méthode expérimentale décrite ci-dessus sont en bonne concordance avec ceux obtenus par la méthode du bloc rainuré.

11112. *Facteurs influençant la sécurité des explosifs.*

**Communication n° 29. — Influence du diamètre des cartouches sur la sécurité des explosifs, par SEELEMAN et MULLER (France) (1).**

Les épreuves qui furent choisies pour étudier l'effet d'une modification du diamètre sur la sécurité à l'égard du grisou et des poussières sont :

- 1°) pour les explosifs couche améliorés :
  - le tir au mortier court avec plaquette en présence de grisou,
  - le tir en charge suspendue dans un nuage de poussières additionné de 3 % de grisou ;
- 2°) pour les explosifs couche :
  - le tir au mortier court avec plaquette en présence de grisou,
  - le tir en mortier long (2 m) en atmosphère grisouteuse,
  - le tir en mortier long (2 m) en présence de poussières non soulevées.

Dans toutes ces expériences, le diamètre du mortier est adapté au diamètre de la cartouche. Les explosifs couche améliorés et les explosifs couche sont des explosifs à base de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ; les premiers sont utilisés dans le tir avec détonateurs à retard dans les chantiers en charbon, les seconds sont utilisés avec détonateurs instantanés.

L'influence du diamètre sur l'aptitude à la transmission de la détonation a été examinée au cours d'essais faits à l'air libre et en trous de mine.

Les différents essais ont mis en évidence l'effet favorable d'un accroissement du diamètre des cartouches sur l'aptitude à la transmission de la détonation et son effet défavorable sur le risque d'inflammation du grisou et des poussières.

A cette conclusion générale, les auteurs ajoutent les remarques suivantes :

1°) Il est difficile de donner une idée quantitative de l'influence du diamètre sur la sécurité ; il semble que les écarts observés entre le diamètre de 30 mm et le diamètre de 35 mm sont du même ordre de grandeur que ceux observés sur différents lots de fabrication industrielle d'un même diamètre.

2°) L'influence du diamètre sur l'aptitude à la transmission peut, par contre, être appréciée quantitativement. Il en ressort qu'avec les explosifs actuels encartouchés, au diamètre de 25 mm, le risque de ratés n'est pas négligeable. On observe en effet une fréquence de ratés de 5 % pour une distance entre cartouches de l'ordre de 2 cm. Il paraît donc souhaitable d'utiliser un diamètre plus grand. Toutefois, il n'y aurait qu'un faible intérêt à accroître le diamètre au-dessus de 30 mm, car il est peu probable que la distance entre cartouches dans un trou de mine excède 2 à 3 cm.

Les auteurs rapportent en conclusion que l'administration française envisage de porter le diamètre maximum des cartouches de 30 à 35 mm et de fixer un diamètre minimum de 30 mm.

**Communication n° 51. — Recherches sur l'influence du diamètre des cartouches d'explosifs sur leur sécurité vis-à-vis du grisou, par W. B. CYBULSKI (Pologne).**

L'auteur a examiné l'influence du diamètre des cartouches sur la sécurité du tir vis-à-vis du grisou par trois méthodes : le mortier classique à trou central, le mortier à fente et la suspension libre de l'explosif dans le mélange inflammable.

Ces méthodes correspondent aux incidents qui peuvent avoir lieu pendant le tir, à savoir : le coup de mine débouillant, la dénudation d'une charge par l'explosion d'une mine voisine et l'éjection de la charge d'explosif dans l'atmosphère avec le charbon par le tir du trou voisin. Ces deux derniers incidents sont liés à l'emploi des détonateurs à retard.

Les essais sont effectués dans une galerie expérimentale circulaire ayant une section de 3 m<sup>2</sup>. Les volumes des chambres de tir sont de 10 et 20 m<sup>3</sup>.

Pour les essais au mortier classique, les diamètres du trou central sont respectivement de 50 et 58 mm,

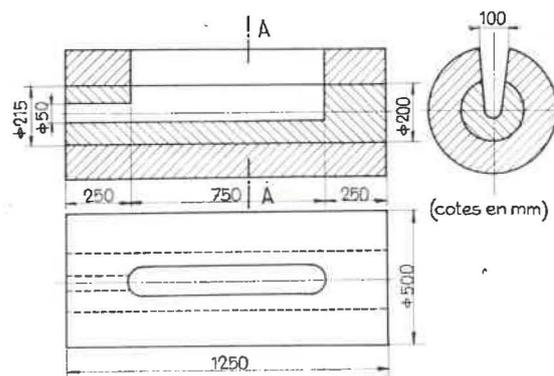


Fig. 3. — Mortier à fente.

(1) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

la longueur du trou varie suivant l'importance de la charge utilisée.

Dans le cas des essais au mortier à fente (fig. 3), la distance du fond de la fente au toit, constitué par une plaque en acier, est de 105 cm.

L'explosif est placé au centre de la chambre d'explosion de la galerie pour les essais en charge suspendue.

Les recherches ont porté sur 7 types d'explosifs dont 3 antigrisouteux au nitrate d'ammoniaque, 2 antigrisouteux spéciaux au nitrate d'ammoniaque, 1 antigrisouteux à la nitroglycérine et 1 antipousière au nitrate d'ammoniaque.

Les tirs ont été exécutés, soit avec amorçage postérieur, soit avec amorçage antérieur.

Il ressort des résultats obtenus, les conclusions suivantes :

1°) Pour les explosifs antigrisouteux au nitrate d'ammoniaque, les essais au mortier classique ont permis de mettre en évidence que la sécurité augmente quand le diamètre diminue à partir d'une valeur limite qui se situe entre 22 et 36 mm.

L'explosif à la nitroglycérine a le diamètre limite le plus bas : 22 mm.

L'influence du diamètre des cartouches sur la sécurité à l'égard du grisou varie assez fortement suivant la formule de l'explosif.

2°) Dans le cas de tirs en charge suspendue avec les explosifs de sécurité au nitrate ammonique, l'accroissement de la sécurité est fonction inverse du diamètre des cartouches. Il existe également un diamètre limite qui se situe, suivant l'explosif, entre 25 et 36 mm.

Par contre, pour les explosifs antigrisouteux à la nitroglycérine, on n'a pu déterminer aucun diamètre limite.

3°) Les essais au mortier à fente n'ont pas mis en évidence l'influence du diamètre des cartouches sur la sécurité du tir. Mais ils ont confirmé l'augmentation importante de la probabilité d'inflammation du grisou par les explosifs antigrisouteux lorsqu'ils sont tirés suivant cette méthode.

Le rapporteur conclut que le choix du diamètre des cartouches résulte d'un compromis : il faut garantir la sécurité vis-à-vis des déflagrations et la sécurité vis-à-vis du grisou. La première augmente en même temps que le diamètre tandis que la seconde diminue.

**Communication n° 3. — Influence du temps de stockage des explosifs de sécurité sur la sécurité vis-à-vis du grisou, par W. B. CYBULSKI (Pologne).**

Pour mener à bien cette recherche, l'auteur a choisi les modes de tirs suivants :

- 1°) tir au mortier classique ;
- 2°) tir au mortier à fente (fig. 3) ; les explosifs étant ou non recouverts d'une couche de charbon ;

3°) tir dans 3 mortiers parallèles.

Ces essais ont été faits avec 5 types d'explosifs de sécurité. On a déterminé la charge qui enflammait le grisou avec une probabilité de 50 % suivant la méthode américaine « up-and-down ». Cette détermination a été faite sur chacun des explosifs à l'état frais et après un certain temps d'emmagasinage dans une mine relativement humide, soit dans leur emballage original, soit dans des caisses spéciales soigneusement fermées.

Durant la période d'emmagasinage, on a périodiquement mesuré la teneur en humidité des explosifs, leur puissance au bloc de plomb, leur vitesse de détonation et leur sensibilité à l'initiation.

Enfin, l'auteur a également provoqué un vieillissement accéléré des explosifs et recherché l'influence de cette opération sur la sécurité.

De l'ensemble des tirs réalisés, plus de 2.000, l'auteur tire les conclusions suivantes :

1°) Pour les explosifs de sécurité au nitrate ammonique, il n'y a pas d'influence sensible du temps d'emmagasinage sur la sécurité, si ce temps est de l'ordre de 3 mois. Cependant, on constate une augmentation nette de la sécurité de ces explosifs aux tirs au mortier à fente latérale uniquement, après un temps d'emmagasinage de 5 mois.

2°) Un temps de stockage de 6 à 7 mois ne modifie pas la sécurité des explosifs de sécurité à la nitroglycérine.

3°) Le vieillissement accéléré des explosifs ne donne aucun résultat net. Dans certains cas, on a constaté une augmentation, dans d'autres cas, une diminution de la sécurité.

4°) On n'a décelé aucune relation entre les variations de la sécurité et les changements au cours de l'emmagasinage dans la teneur en humidité, la puissance au bloc de plomb, la propagation de la détonation, la sensibilité à l'initiation et la vitesse de détonation.

**Communication n° 8. — Facteurs influençant la sécurité des explosifs antigrisouteux. Etude du nitrate ammonique et des matières carbonneuses, par N. E. HANNA, R. L. GRANT et R. W. VAN DOLAH (U.S.A.)**

Les auteurs ont étudié l'influence de la granulométrie du nitrate ammonique et de la nature de la matière carbonneuse, entrant dans la composition des explosifs, sur la sécurité de ceux-ci à l'égard du grisou.

La composition de l'explosif étudié était :

nitroglycérine	12 %
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	71,5 %
NaNO <sub>3</sub>	5,0 %
CaCO <sub>3</sub>	0,5 %
matières carbonneuses	11,0 %

Cinq types de matières charbonneuses sont étudiés, à savoir : la farine de bois, l'amidon, la farine de noyer, la bagasse grosse et fine.

Le diamètre moyen des grains de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  est de 200  $\mu$  pour le nitrate fin, de 450  $\mu$  pour le nitrate moyen et de 680  $\mu$  pour le nitrate gros.

La densité des différentes formules d'explosifs varie de 0,75 à 1,15  $\text{g}/\text{cm}^3$ , tandis que la vitesse de détonation passe de 1910  $\text{m}/\text{s}$  pour les gros grains de nitrate à 3500  $\text{m}/\text{s}$  pour les grains fins de nitrate.

La probabilité de ces différents explosifs à enflammer un mélange de gaz naturel et d'air est calculée par la méthode statistique « up-and-down » qui consiste à déterminer le poids d'explosif pour lequel la probabilité d'enflammer l'atmosphère grisouteuse de la galerie est de 50 %. La durée de chaque série d'épreuves est déterminée par dix paires de résultats positifs et négatifs avec un minimum de 20 tirs par détermination.

Chaque série d'essais a été exécutée en double.

De ces expériences résultent les conclusions suivantes :

1°) Le type de matières charbonneuses n'a pas d'influence sensible sur la sécurité de l'explosif à l'égard du grisou.

2°) La granulométrie influence la probabilité de l'explosif à enflammer le grisou. Cette probabilité augmente quand diminue le diamètre des grains de nitrate ammoniacal et, par conséquent, quand augmente la vitesse de détonation de l'explosif.

3°) Cette étude confirme une conclusion antérieure selon laquelle une série de 20 coups suffit pour obtenir des résultats suffisamment reproductibles.

#### 11113. Essais dans les conditions du fond.

**Communication n° 17. — Essais d'inflammation du grisou dans les conditions du fond de la mine, par H. MEERBACH (R.F.A.)**

Cette étude, qui a été commencée il y a plusieurs années, a pour but d'observer l'influence sur l'inflammation du grisou, d'une part du tir d'angle sans bourrage dans les conditions naturelles (tirs en charbon ou en roches), d'autre part, des fumées de tirs.

La chambre d'explosion avait un volume de 6  $\text{m}^3$ , l'explosif était disposé dans l'un des angles inférieurs d'une niche taillée dans la paroi frontale de la chambre. De nombreux tirs d'explosifs de la classe I (explosifs de sécurité gélatineux) et de la classe II (explosifs pulvérulents à ions échangés) ont été réalisés en présence d'un mélange air-grisou à 10 % de méthane.

On a fait varier la hauteur et la largeur de la niche afin de déterminer l'influence de l'effet « d'angle » sur l'inflammation du grisou. La profondeur de la niche était de 70 cm pour les explosifs de la classe I et de 200 cm pour ceux de la classe II. Les charges

tirées furent en effet respectivement de 7 et 16 cartouches.

1°) La probabilité d'inflammation pour une charge donnée d'explosifs de la classe I croît avec la largeur de la niche. Elle atteint 100 % pour une largeur de 1,05 m. Ce résultat est en contradiction avec l'expérience du tir d'angle contre paroi de choc en galerie métallique, où la distance la plus dangereuse est de l'ordre de 20 cm.

Les auteurs n'ont pas constaté d'inflammation au cours des tirs avec des charges d'explosifs de la classe II.

2°) L'abondance des fumées diminue le risque d'inflammation du grisou. Les fumées d'une seule cartouche d'un explosif de la classe II sont suffisantes pour supprimer pendant 480 millisecondes toute possibilité d'inflammation du grisou dans une chambre de 6  $\text{m}^3$ .

#### 1112. DÉTONATEURS

**Communication n° 46. — Détonateurs antigrisouteux pour l'emploi dans les mines de charbon, par I. YOSHIDA, O. KATSUKI et S. KINOSHITA (Japon).**

Le but recherché par les auteurs a été une meilleure connaissance du mécanisme de l'inflammation du grisou par les détonateurs. Ils ont étudié plusieurs facteurs susceptibles d'influencer cette inflammation, à savoir :

1°) la nature, l'état ou l'aspect de la paroi de la cuve expérimentale ;

2°) les phénomènes lumineux accompagnant la détonation, ces phénomènes étant observés à l'aide d'une camera à grande vitesse ;

3°) la charge de base ;

4°) l'étincelle produite lors de l'impact des éclats du détonateur sur des plaques de fer, d'aluminium et de magnésium.

Dans ce cas également, les phénomènes ont été observés photographiquement.

Les conclusions suivantes se dégagent de ces recherches :

1°) La paroi de la cuve expérimentale n'influence pas l'inflammation du grisou.

2°) L'inflammation du grisou, lorsqu'elle a lieu, commence endéans 0,2 à 0,4 milliseconde après l'explosion du détonateur et la source d'inflammation se situe en avant de la flamme du détonateur.

3°) La composition de la charge de base influence la sécurité du détonateur. On a constaté des inflammations avec des charges contenant 50 % d'hexogène et 50 % de T.N.T. Par contre, la présence d'un agent oxydant, tel que le  $\text{KClO}_4$ , dans la composition de la charge de base, augmente la sécurité du détonateur.

4°) Au cours de l'explosion du détonateur, les étincelles produites par l'impact de fragments métalliques du détonateur sur une plaque d'aluminium

ou de magnésium enflamment le grisou. Il n'y a pas d'inflammation lorsque la plaque est en acier.

Les auteurs mentionnent, pour terminer, la mise au point de détonateurs à retard de 10 millisecondes.

## 112. Sécurité des explosifs au point de vue des ratés et des déflagrations.

**Communication n° 45. — Interruption de la détonation dans les explosifs miniers en fourneaux, par S. YAMAMOTO et H. FUKUDA (Japon).**

Les auteurs ont étudié les différents éléments susceptibles de perturber la transmission de la détonation des explosifs miniers en fourneaux.

A cette fin, des séries de cartouches de petit diamètre (15 à 20 mm) ou des cartouches spécialement longues d'explosifs du type Carit, contenant du nitrate ammonique et du perchlorate ammonique, sont placées dans un tube en acier de diamètre égal ou supérieur à celui des cartouches. La charge est amorcée par un détonateur électrique de puissance n° 6. La longueur de la charge explosée est déterminée à partir de la longueur du tuyau détruite et de la charge restante.

Les résultats obtenus démontrent que l'interruption de la détonation en fourneau est due à des effets de réflexion de l'onde de détonation sur la paroi du fourneau.

Ce phénomène appelé effet « canal » dépend des facteurs suivants :

1°) Du rapport des diamètres du fourneau et de la cartouche.

Lorsque le jeu entre la cartouche et la paroi du fourneau est très grand, comme dans le tir à l'air libre, ou bien très petit, ou nul, il n'y a pas interruption de la détonation. Il en est de même lorsque le tube est perforé quel que soit son diamètre.

2°) De l'état physique de la surface interne du fourneau.

L'interruption de la détonation se produit toujours lorsque la surface interne du fourneau est polie ; par contre, si cette surface est recouverte de matériaux absorbants (coton, feutre), l'interruption n'est plus observée.

3°) De la nature de l'enveloppe de la cartouche.

Lorsque les cartouches sont enveloppées d'une feuille métallique ou d'une pellicule d'eau, on n'observe pas d'arrêt de la détonation.

**Communication n° 27. — Transmission de la détonation des explosifs en trou de mine, par J. COCU, M. GILTAIRE et D. SEELEMAN (France) (2).**

Afin de mieux connaître les causes qui sont à l'origine des ratés de la transmission de la détona-

tion en trous de mines, des recherches ont été menées dans deux voies distinctes. Les auteurs ont en premier lieu étudié statistiquement les risques de ratés de charges longues sous confinement ; ensuite ils ont observé les phénomènes physiques intervenant dans le cas du tir de charges longues.

Dans le cadre de l'étude statistique, les auteurs ont réalisé les essais suivants avec de l'explosif couche amélioré :

a) Tirs d'une file de cartouches disposées au contact les unes des autres en confinement constitué soit par du carton soit par du calcaire. La longueur de la charge était au maximum de 4,50 m.

b) Tirs d'une file de cartouches disposées à intervalles réguliers. L'intervalle entre les cartouches avait une longueur égale à la distance de transmission à l'air libre.

Le confinement était également constitué par du carton ou par du calcaire.

c) Tirs en mortier d'acier de charges constituées par de longues cartouches.

En complément de cette étude, les auteurs ont observé les phénomènes physiques intervenant dans le cas du tir de charges longues à l'aide d'un dispositif de cinématographie par étincelles du type Craz-Schardin.

L'examen statistique des tirs a montré qu'il n'est pas possible d'affirmer que l'allongement de la charge augmente le risque de ratés.

D'autre part, l'observation des tirs de charges longues en mortier d'acier a permis d'expliquer l'arrêt de la détonation par la présence d'une préonde se propageant entre l'explosif et le confinement en avant de l'onde de détonation. Les effets défavorables de la préonde ont pu être évités, soit en entourant la charge d'un tube de carton de faible épaisseur, soit en l'amorçant sur toute sa longueur par un cordeau détonant.

**Communication n° 35. — Le mode de détonation de charges d'explosifs de mine percées d'un trou axial, par AHRENS (R.F.A.)**

Cette étude a été entreprise en vue d'expliquer les irrégularités de la transmission de la détonation en trous de mine.

Dans ce but, des charges de différents types d'explosifs de mine gélatineux et pulvérulents de 30 mm de diamètre ont été percées d'un trou axial continu de 6 mm de diamètre. La paroi interne du trou était, soit nue, soit recouverte d'une garniture de quatre tours de papier. Devant chaque charge comportant un trou axial on a disposé quelques cartouches sans trou. L'évolution dans le temps des luminosités produites par la détonation des charges a été enregistrée sur film en couleurs à l'aide d'une camera à miroir tournant. Des photographies instantanées ont également été prises.

(2) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

Les conclusions que l'auteur a pu tirer de cette étude sont :

1°) Les parties creuses des charges ont une vitesse de détonation  $D_H$  qui est inférieure à la vitesse de détonation  $D$  de la partie pleine correspondante. La vitesse  $D_H$  se maintient sur la longueur d'une ou même de deux cartouches pour s'arrêter ensuite brusquement dans la plupart des cas.

2°) La diminution en pourcentage de la vitesse de détonation par suite de l'existence du trou axial, exprimée par le terme

$$\frac{(D_H - D)}{D} 100$$

s'élève pour tous les types d'explosifs à des valeurs moyennes comprises entre 0 et -3 pour les charges avec un trou non garni de papier.

Quant aux charges dont le trou est garni de papier, on trouve des différences plus marquées selon le type d'explosif comme le montre le tableau I.

TABLEAU I.

Type d'explosif	$\frac{D_H - D}{D} 100$
Explosif gélatineux	- 15
Explosifs antigrisouteux au $NH_4NO_3$	- 7
Explosif de sécurité classe III	0 à - 2

3°) Lorsque la cavité est garnie de papier il se forme, en place des autres phénomènes déjà décrits, un jet de produits dont la vitesse est à peu près égale à celle de la luminosité se propageant dans le trou axial.

L'étude sera poursuivie afin d'élucider définitivement les causes qui sont à l'origine des ratés de transmission.

**Communication n° 9. — Comparaison de diverses méthodes de détermination de la sensibilité des explosifs de sécurité, par R. L. GRANT, N. E. HANNA, R. W. VAN DOLAH (U.S.A.)**

L'étude a pour but de mettre au point un procédé qui permette de mesurer avec le maximum de précision la sensibilité des explosifs de sécurité à la détonation par influence.

La méthode des demi-cartouches, telle qu'elle est normalisée aux U.S.A., offre plusieurs désavantages. Elle consiste à couper en son milieu une cartouche de 30 mm de diamètre et 20 cm de longueur et à déterminer l'espace d'air maximum entre les deux demi-cartouches assurant encore quatre transmissions consécutives de la détonation. Ses deux inconvénients les plus importants sont les suivants :

1°) Une demi-cartouche n'a pas une longueur suffisante pour que la vitesse de détonation et par conséquent la pression d'explosion atteigne sa valeur normale.

2°) Les essais sont conduits sur le flanc de la courbe de probabilité, là où les déterminations expérimentales sont sujettes à de grossières erreurs si le nombre d'essais est limité.

Le procédé préconisé consiste à utiliser comme charge initiatrice et charge réceptrice une cartouche de 30 mm de diamètre et 20 cm de longueur coupée à 2 cm de l'une de ses extrémités. Pour l'essai, les deux extrémités sectionnées se font face. Elles sont recouvertes d'une feuille de plastique mince afin de prévenir toute perte de matière.

La méthode statistique « up-and-down » a été utilisée. Elle consiste à déterminer la distance entre cartouches conduisant à 50 % de transmissions. Son application a d'abord été justifiée par une série d'essais qui ont révélé que la loi de distribution de la fréquence des détonations en fonction de la distance entre cartouches est logarithmo-normale.

Les auteurs ont ensuite commencé une étude sur le procédé d'essais en tube de carton. Ils ont déterminé l'influence :

- 1°) du diamètre du tube,
- 2°) de l'épaisseur de sa paroi,
- 3°) de la nature de la matière remplissant l'espace entre cartouches excitatrice et réceptrice : air, poussière de charbon ou cylindre de matière plastique.

Ils retiennent le cas du tube en carton à paroi mince, d'un diamètre intérieur égal à celui des cartouches avec intervalle d'air ou rempli de poussières de charbon.

En comparant les résultats du procédé standard des deux demi-cartouches à ceux du nouveau procédé, la corrélation ne paraît bonne que pour le cas des tirs avec intervalle d'air.

De nouveaux travaux sont nécessaires avant de pouvoir préconiser une nouvelle méthode officielle d'essais.

**Il est bon de rappeler ici l'étude de MM. SEE-LEMAN et MULLER (Communication n° 29) : Influence du diamètre des cartouches sur la sécurité des explosifs.**

Cette étude déjà analysée plus haut (11112.) a envisagé la sécurité vis-à-vis du grisou et vis-à-vis des ratés et déflagrations.

**Communication n° 56. — Causes de la déflagration des explosifs de sécurité et des mesures destinées à diminuer le danger qui en résulte, par F. M. GALADGI (U.R.S.S.)**

L'auteur a étudié, d'une part, les causes qui sont à l'origine de la déflagration des explosifs de sécu-

rité, d'autre part, les divers moyens susceptibles de diminuer le danger.

A la suite des recherches qui ont été menées sur le terrain d'essais et dans les conditions de la mine, l'auteur formule les remarques suivantes concernant les causes de la déflagration des explosifs de sécurité :

1°) Les déflagrations se produisent généralement dans le tir en charbon.

2°) La cause principale de la déflagration des charges est la haute compression des cartouches dans le trou de mine. Cette compression excessive est due à la détonation des charges placées dans des trous voisins ; cette compression ne se manifeste cependant que si les trous de mine sont distants de moins de 0,60 m.

3°) Les petites quantités de charbon ou autres matières inertes remplissant les espaces vides entre les cartouches sont à l'origine des ratés dans la transmission de la détonation et, de ce fait, ils contribuent à augmenter le danger de déflagration.

En conclusion, l'auteur propose, pour diminuer le danger de la déflagration, d'augmenter la puissance de l'impulsion initiatrice (détonateur) et d'entourer les cartouches d'une enveloppe rigide, tout en veillant à maintenir, autant que possible, les trous de mine à plus de 0,60 m l'un de l'autre.

**Communication n° 76. — Facteurs déterminant la tendance des explosifs antigrisouteux à la déflagration, par K. K. ANDREEV et W. G. KHOTINE (U.R.S.S.)**

Les caractéristiques principales d'un explosif antigrisouteux qui déterminent la possibilité de sa déflagration dans un trou de mine sont :

- l'aptitude à la détonation,
- la compressibilité,
- l'aptitude à la combustion.

La caractéristique qui a le plus de signification est l'aptitude à la détonation sous densité normale et élevée puisque la charge peut brûler uniquement lorsqu'elle n'a pas détoné.

L'aptitude à la détonation peut être caractérisée par le diamètre critique de détonation, et la compressibilité par l'accroissement du diamètre critique avec la pression ou bien par la relation entre la pression et l'aptitude à déflagrer. Cette dernière aptitude peut s'exprimer par le diamètre et la pression critiques de déflagration.

On a déterminé le diamètre critique de la détonation pour différentes densités ainsi que le diamètre critique de la combustion, c'est-à-dire le plus grand diamètre auquel la combustion à une pression quasi constante (100-120 atm) cesse de se propager.

L'étude a porté sur l'ammonite P J V - 20 de composition

nitrate ammonique	64 %
trinitrotoluène	16 %
chlorure de sodium	20 %

et le pobédite VP-I contenant environ 10 % d'un sensibilisateur liquide.

La compressibilité du pobédite est beaucoup plus grande que celle de l'ammonite à cause du liquide qu'il contient et de l'absence de toute addition poreuse. Il en résulte que déjà à une pression modérée (2 à 6 kg/cm<sup>2</sup>) le diamètre critique de détonation du pobédite devient plus grand que celui de l'ammonite.

La comparaison de pobédites différant par la nature du sensibilisateur : nitroglycérine, dinitrate de diéthylèneglycol, solution de la première dans le second dans la proportion de 60 à 40, montre que, dans ces deux derniers cas, l'aptitude à la détonation diminue avec l'augmentation de la densité beaucoup plus rapidement que dans le premier cas.

L'aptitude des ammonites et des pobédites à la combustion augmente aussi avec la compression bien que la vitesse de combustion diminue.

Pour diminuer l'aptitude des explosifs antigrisouteux à la déflagration, on peut utiliser différents moyens :

- 1°) addition à l'explosif d'un constituant poreux en quantité correspondante à la teneur en liquide sensibilisateur,
- 2°) emploi de sensibilisateurs solides,
- 3°) emploi des sensibilisateurs liquides les plus efficaces,
- 4°) utilisation d'explosifs ne se laissant pas comprimer ou ne craignant pas la compression.

### 113. Sécurité des explosifs au point de vue des gaz toxiques.

Au cours de ces dernières années, des accidents se sont produits lors des tirs de mines, par intoxication due à certains gaz contenus dans les fumées : l'oxyde de carbone et les oxydes d'azote.

Les faits se sont passés en général dans des endroits mal ventilés et il suffit d'améliorer la ventilation pour éviter pratiquement tout danger.

Cependant, comme la ventilation peut accidentellement être déficiente, il n'est pas inutile de procéder à des recherches visant la formation de ces gaz, les circonstances qui la favorisent et les moyens dont on pourrait éventuellement disposer pour la réduire.

Le problème a déjà été traité par différentes stations. Trois d'entre elles ont présenté chacune une communication sur le sujet.

**Communication n° 10. — Comparaison des méthodes de détection et d'analyses des gaz toxiques dans les fumées d'explosifs, par E. M. MURPHY (U.S.A.)**

La station américaine se dispose à entreprendre un travail sur une grande échelle concernant les fu-

mées des explosifs composés de nitrate ammonique et de fuel oil. Elle envisage l'emploi de ces explosifs au fond. A cette fin, elle a d'abord étudié les diverses méthodes d'analyse dont elle dispose. Elle publie les résultats de ce travail dans la présente communication.

Y sont décrites les différentes méthodes analytiques utilisables en laboratoire ou directement sur place et les appareils à tube indicateur. Toutes ont été utilisées concurremment pour la détermination de la teneur en CO et NO<sub>2</sub> dans les fumées produites par les tirs dans un tunnel creusé en granit.

#### a) Détermination des oxydes d'azote.

##### — Méthodes analytiques.

Les méthodes étudiées sont du type colorimétrique.

L'échantillon gazeux à analyser est mis en contact avec la réaction du réactif spécifique. L'oxyde d'azote, transformé au préalable en nitrate ou nitrite, réagit quantitativement en colorant la solution. La teneur est déterminée par une mesure au colorimètre suivie d'un report à un diagramme établi d'après les solutions-types.

Parmi les trois méthodes présentées, la première est basée sur la propriété de l'acide phénoldisulfonique de former avec les nitrates l'acide nitrophénoldisulfonique qui, repris par l'ammoniaque, donne un sel triammonique colorant la solution en jaune. Elle comporte de nombreuses opérations et reste réservée au laboratoire.

Dans les deux autres méthodes d'analyses (Patty et Petty, Apha), la solution colorée est obtenue dans le flacon de prélèvement. Ces méthodes applicables sur le terrain sont basées sur le fait que l'acide nitrique mis en contact avec une solution d'acide sulfanilique et de 1-naphtylamine dans l'acide acétique, forme avec l'acide sulfanilique un sel de diazonium, lequel réagit avec la naphtylamine en donnant à la solution une teinte rouge pourpre. Elles ne diffèrent entre elles que par le mode de prélèvement.

##### — Tubes indicateurs.

Les tubes contiennent du gel de silice imprégné d'une imide aromatique, constituant le réactif. Lorsque l'air contenant de l'oxyde d'azote est aspiré à travers le tube indicateur, le gel de silice change de couleur suivant la concentration en NO<sub>2</sub>. Celle-ci est déterminée par comparaison de la teinte du réactif avec une échelle imprimée sur le tube.

Le gel de silice peut être imprégné de pentoxyde d'iode pour transformer le NO éventuel en NO<sub>2</sub> et permettre ainsi la détermination de la teneur en NO + NO<sub>2</sub>.

#### b) Détermination du CO.

##### — Méthode de laboratoire.

Il s'agit aussi d'une méthode colorimétrique. Le procédé est basé sur la réaction du CO avec l'acide phosphomolybdique, le chlorure de palladium et l'acétone en solution dans l'acide sulfurique. Le résultat est un complexe bleu de molybdène.

##### — Tube indicateur.

Le tube contient du gel de silice imprégné d'un complexe de silicomolybdate activé par du sulfate de palladium.

Le changement de teinte du gel de silice est fonction de la teneur en CO de l'air aspiré à travers le tube.

Le travail rapporte les résultats comparés, groupés en tableau, de très nombreuses analyses. De l'étude statistique de ces résultats, les auteurs tirent les conclusions suivantes :

La méthode à l'acide phénoldisulfonique pour la détermination du NO<sub>2</sub> est la plus précise et la plus sûre (3).

Les méthodes de Patty et Petty, et Apha, moins précises, sont également très sûres. Elles ont l'avantage de n'exiger qu'un minimum de matériel et d'entraînement ; c'est pourquoi, elles conviennent très bien sur le terrain.

Des deux tubes indicateurs essayés, l'un donne des résultats convenables quoiqu'un peu forts et l'autre, des indications erratiques.

En ce qui concerne la détermination du CO, quatre types de tubes indicateurs ont été essayés. Leurs résultats concordent avec ceux obtenus par la méthode colorimétrique décrite.

**Communication n° 71. — Sur les causes pouvant influencer la formation des oxydes de carbone et d'azote au cours de la détonation des explosifs, par H. HANEL et H. POESCHL (République Démocratique Allemande).**

Les auteurs ont étudié successivement les différents éléments susceptibles d'avoir une influence sur la formation des gaz toxiques lors de la détonation des explosifs.

A cette fin, ils ont exécuté des tirs d'une charge, normalement de 50 g, de Gelatine-Donarit 1, amorcée d'un détonateur électrique de puissance n° 8, placée dans un fourneau de 55 mm de diamètre et de 600 mm de profondeur.

Immédiatement après le tir, le fourneau du mortier était fermé au moyen d'un disque métallique à travers lequel on prélevait 150 cc de gaz. Cet échantillon était analysé à l'appareil d'Orsat.

L'étude des résultats permet de tirer les enseignements suivants :

(3) C'est la méthode utilisée à l'I.N.M. (Belgique).

a) Le diamètre du fourneau, le diamètre et l'âge des cartouches et, dans les conditions de l'essai, la quantité d'explosif tiré n'ont pas d'influence sur la formation de CO et de NO-NO<sub>2</sub>.

b) Le bourrage diminue la quantité de gaz toxique produit.

c) L'enveloppe des cartouches a une grande importance. Les teneurs les plus faibles ont été obtenues lors des tirs d'explosif nu ou enveloppé d'une feuille d'étain, de cuivre ou de laiton.

Les enveloppes en aluminium et en papier ont une influence défavorable, sans pourtant que la nature du papier ait une importance quelconque. Celles en matière plastique et surtout en papier paraffiné conduisent à des teneurs particulièrement élevées.

Les auteurs proposent en conclusion de paraffiner non plus les cartouches, mais les boîtes d'emballage seules de façon à conserver la protection contre l'humidité.

Ils rapportent, à titre documentaire, les résultats d'une vingtaine d'analyses d'échantillons prélevés après tirs au fond.

#### Communication n° 73. — Les gaz dégagés par le tir des mines, par J. BRACKE (Belgique).

L'étude porte :

a) sur la détermination des gaz toxiques, CO<sub>2</sub>, CO et oxydes d'azote non seulement en teneur mais en quantité totale, c'est-à-dire en litres par kg d'explosif ;

b) sur le comportement du bouchon de fumées dans les galeries en creusement.

Elle est basée sur des expériences de laboratoire et des observations faites au cours de tirs réels de creusement de bouvaux.

En laboratoire, le tir est effectué dans un mortier d'acier. Les gaz de la détonation débouchent dans une enceinte fermée où ils sont d'abord mélangés à l'air de cette enceinte au moyen d'un ventilateur avant d'être prélevés pour analyse.

Dans la mine, les prélèvements sont effectués généralement en un point à 50 m du front, à des intervalles de temps réguliers pendant le passage du bouchon de fumées.

Les teneurs successives de chacun des gaz sont reportées sur un diagramme. En surfaçant ce diagramme, on calcule aisément la teneur moyenne dans le bouchon et la quantité totale du gaz dégagé si l'on connaît le débit d'air de ventilation.

Les investigations ont porté sur la dynamite type 3 et sur un explosif à ions échangés, la charbrite 41.

De ces essais, on peut avancer les conclusions suivantes :

a) Les quantités de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dégagées par kg d'explosif sont fonction de la composition de celui-ci et des conditions du minage.

b) Pour l'explosif à ions échangés, la quantité de carbone retrouvée dans les fumées de tir sous forme de CO et de CO<sub>2</sub> est plus importante que celle contenue dans l'explosif : il semble que le papier paraffiné soit la cause de cette anomalie.

c) La quantité de CO dégagée varie en sens inverse du travail fourni par l'explosif.

d) Au fur et à mesure que le bouchon de fumées s'éloigne du front de minage, les maxima de concentrations des gaz diminuent.

Cette étude n'est pas terminée : elle doit être suivie de la recherche des moyens de réduire la concentration de CO et NO<sub>2</sub> dans les fumées.

#### Remarque.

Plusieurs interventions ont lieu à la suite de la présentation de ces communications sur les gaz des tirs de mine.

Les représentants des stations étrangères exposent les résultats des recherches faites chez eux.

De ces discussions, il résulte que :

a) La quantité de gaz toxiques dépend du processus de la détonation, c'est-à-dire de chaque élément pouvant avoir une influence sur ce phénomène et notamment du rapport des diamètres du fourneau et des cartouches, de la manière de disposer les charges, du travail de l'explosif, etc... Dans ces conditions, *il est impossible d'obtenir des résultats satisfaisants en laboratoire.*

b) Un bilan positif d'oxygène dans la composition de l'explosif n'est pas suffisant pour empêcher la formation de CO.

c) Un explosif tiré en charge suspendue produit plus de gaz toxique s'il est gainé.

d) Il y a d'autant moins de gaz toxique formé que la température et la pression de détonation sont plus élevées et que le grain de l'explosif est plus fin.

e) On constate un accroissement de CO pour une augmentation du poids du papier ou de la paraffine.

Cette énumération de facteurs influençant la formation des gaz toxiques n'est pas limitative. La quantité de gaz toxiques formée au cours de la détonation d'un explosif déterminé ne peut donc être fixée par une expérience de laboratoire. Il faut nécessairement opérer au fond pour obtenir des données certaines et comparer au besoin des procédés de nature à réduire la formation de gaz toxiques.

## 1 2. SECURITE DES TIRS

### 1 2 1. Conditions d'emploi des explosifs.

**Communication n° 28. — Etudes diverses sur l'emploi des explosifs en mines grisouteuses, par R. LOISON (France). — Résumé de l'auteur (4).**

Alors que nous nous étions efforcés précédemment d'élever le niveau de sécurité des explosifs utilisés en mines grisouteuses, nous portons nos efforts, depuis quelques années, beaucoup plus vers l'amélioration des conditions d'emploi. Il paraît, en effet, extrêmement difficile, en jouant sur les caractéristiques des explosifs, de réduire le risque d'inflammation du grisou et des poussières par la détonation de l'explosif, sans diminuer en même temps l'aptitude à la transmission de la détonation et accroître ainsi le risque de déflagration. Nous estimons donc préférable, pour augmenter la sécurité du tir en mines grisouteuses, d'une part de rechercher les moyens d'accroître l'aptitude à la transmission de la détonation en trou de mine (communications 27 et 29), d'autre part d'améliorer les conditions d'emploi.

#### a) Sécurité du tir à retard.

Les études précédentes ont montré que le danger principal introduit par le tir à retard résidait dans le risque de dénudation des charges au cours du tir, et que les conséquences de ces dénudations étaient d'autant moins à craindre que le délai entre la détonation de la charge dénudante et de la détonation de la charge dénudée était plus faible. Un progrès important a été obtenu par le développement de l'emploi des détonateurs à très courts retards et par la réduction de l'échelonnement des retards à 25 ms.

De nouvelles études ont été entreprises en vue d'apprécier le risque réel de dénudation au chantier et d'essayer de le réduire. Ce risque dépend naturellement des caractéristiques des terrains et du plan de tir : importance des charges, écartement des trous, diamètre des cartouches. Avec un plan de tir correctement conçu, le risque de dénudation est très faible ; le risque d'amputation, entraînant l'élimination d'une fraction du bourrage, est nettement plus grand ; il est surtout sensible pour les trous voisins du bouchon. Lorsque le front comporte l'abatage de charbon et d'épentes, l'amputation des trous forés dans les épentes par les charges placées dans le charbon n'a jamais été observée. Les essais effectués jusqu'ici ne mettent point en évidence une influence nette du diamètre des charges sur le risque de dénudation, mais ce point demande à être confirmé.

#### b) Tir instantané par volées successives.

On a suivi au moyen de grisoumètres téléindicateurs (voir communication n° 31) le dégagement du

grisou au voisinage du front durant les quelques minutes qui suivent un tir. Ce dégagement est souvent important. Dans le tir instantané par volées successives, on court donc le risque de tirer en atmosphère explosive si les coups se succèdent trop rapidement et si la visite grisouscopique n'est pas régulièrement faite entre chaque coup. Une nouvelle réglementation en cours d'élaboration prévoit que la totalité du charbon abattu par une charge doit être évacuée avant que soient tirées les charges suivantes. Le tir du front en une seule volée avec détonateurs à très courts retards est en général préférable au tir instantané par volées successives.

#### c) Bourres à l'eau.

L'emploi d'un bourrage constitué par une enveloppe remplie d'eau au moment du tir a été expérimenté. En tir instantané, l'efficacité de ces bourres à eau est certaine, pourvu que leur qualité soit satisfaisante et qu'elles ne risquent pas de se vider prématurément. Dans le tir à retards, on court le risque que les bourres à eau soient détruites prématurément par la détonation des charges voisines (5).

#### d) Tir sous pression d'eau.

En s'inspirant de l'expérience anglaise, plusieurs exploitations ont expérimenté le tir sous pression d'eau, consistant à remplir le trou de mine d'eau sous pression avant et pendant le tir. On en attend à la fois une réduction de l'empoussièrement de l'atmosphère, une augmentation de l'efficacité de l'explosif et un accroissement de la sécurité vis-à-vis du grisou. Nous recherchons un explosif qui résiste à la pénétration de l'eau sous pression tout en ayant un niveau de sécurité analogue à celui qu'on exige des explosifs tirés dans les mêmes conditions en l'absence d'eau.

**Communication n° 72. — La sécurité du minage en Belgique, par E. DEMELENNE (Belgique)**

Malgré les progrès incessants de l'art des mines et la réglementation toujours plus poussée, la sécurité du minage dépend encore beaucoup du boutefeu.

C'est pourquoi l'Institut National des Mines a fait une brochure intitulée « L'I.N.M. et le Boutefeu » à l'intention de cet agent.

Cette brochure comporte 5 chapitres :

*Le chapitre premier* traite des dangers du grisou et des poussières de charbon.

*Le deuxième chapitre* décrit le matériel de minage : explosifs, détonateurs, explodeurs, lignes de tir et ohmmètres.

(4) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

(5) Se basant sur les essais qu'il mentionne, l'auteur signale que le retard entre des mines voisines doit être inférieur à 125 ms pour que la bourre à l'eau conserve une efficacité suffisante.

Les différents types d'explosifs y sont donnés avec leurs caractéristiques et leur degré de sécurité vis-à-vis du grisou.

On distingue :

- le type I ou dynamite, qui ne présente aucune sécurité ;
- le type II ou brisant gainé dont la sécurité relative résulte uniquement de la gaine de sels entourant le noyau explosif de la cartouche ;
- le type III ou S.G.P. gainé, de haute sécurité. Celle-ci est due non seulement à la gaine mais aussi à la composition du noyau ;
- le type IV, de très haute sécurité. C'est l'explosif à ions échangés qui ne comporte pas de gaine et dont la sécurité vis-à-vis du grisou provient uniquement de sa composition.

Les détonateurs utilisés dans les mines sont à allumage électrique.

Ils doivent être antigrisouteux.

Suivant le type, ils détonent instantanément ou avec un retard déterminé par un numéro d'ordre entre 1 et 10. L'échelon de retard est de 0,5 s (long retard) ou de 30 ms environ (court-retard).

Les *exploseurs* doivent fournir le courant nécessaire à la mise à feu d'un certain nombre de détonateurs raccordés en série. Ils sont enfermés dans une enveloppe antidéflagrante. Leur débit est limité en durée à 4 ms et en intensité à 1,25 A minimum pendant 2 ms au moins.

La *ligne de tir*, qui relie l'exploseur aux détonateurs, comporte deux conducteurs isolés qui ne peuvent se toucher. La séparation des deux conducteurs est le moyen le plus efficace pour éviter les étincelles aux défauts éventuels dans l'isolant.

L'*ohmmètre* permet au boutefeu de réduire au minimum le risque de raté.

*Remarque* : Les explosifs (sauf ceux du type I), les détonateurs, les exploseurs, les lignes de tir et les ohmmètres doivent être agréés avant de pouvoir être utilisés au fond.

Le *chapitre III* rappelle au boutefeu les expériences auxquelles il a assisté à l'I.N.M. lors de la visite requise pour l'obtention de son certificat de capacité.

Les premières concernent les explosifs. Elles montrent :

- le danger que présentent les explosifs du type I, ainsi que ceux des types II et III si l'on enlève leur gaine ;
- l'énorme flamme et le souffle violent qui résultent de l'explosion de quelques m<sup>3</sup> de grisou ou de quelques kg de poussières de charbon.

Les expériences suivantes visent les lampes et les grisoumètres.

Le boutefeu voit comment la lampe à flamme doit être utilisée pour la détection du grisou et le danger que cet appareil présente.

Il peut observer également comment un filament incandescent de lampe électrique portable, mis à l'air libre par le bris de l'ampoule, allume l'atmosphère si elle est inflammable.

Il s'exerce au maniement des grisoumètres interférentiels.

Une troisième série d'expériences a pour objet le danger que présentent les étincelles électriques vis-à-vis du grisou et notamment les étincelles des exploseurs jaillissant, soit par contact entre conducteurs de la ligne de tir, soit par l'intermédiaire d'une goutte d'eau salée formant pont électrique entre deux conducteurs dénudés.

Le *quatrième chapitre* vise les précautions essentielles à prendre notamment en ce qui concerne le grisou et les poussières, les explosifs et les détonateurs, les circuits de tir, les exploseurs, le poste de tir et les gardes d'issues, les fumées de tir, etc. Les raisons qui justifient ces précautions sont reprises en détail.

Enfin, un *dernier chapitre* résume le Règlement en ce qui concerne les critères du classement des ateliers de minage et indique les types d'explosifs et de détonateurs à utiliser dans les différents ateliers.

## 122. Tir à retard.

**Communication n° 18. — Le mouvement de la roche produit par le tir de volées d'après la méthode des trous parallèles, par K. FISCHER et H. MEERBACH (R.F.A.)**

Pour creuser les galeries au rocher, on utilise maintenant, outre les méthodes conventionnelles, la *méthode dite « des trous de mine parallèles »* où, sans égard à la condition du massif, on fore les trous de mine tous parallèles, d'après un plan de tir fixé.

La présente communication traite de l'effet des volées individuelles et de l'interaction de volées successives dans le tir avec détonateurs à courts retards, pratiqué selon cette nouvelle méthode.

D'une part, on a pu filmer le début du mouvement des roches se détachant du front ; d'autre part, l'induction électrique dans des bobines, placées à une profondeur de 0,60 m environ dans des trous forés à front, fournit des courbes, de l'espace parcouru en fonction du temps, qui permettent de suivre le mouvement de la roche détachée.

Il résulte des expériences ainsi réalisées que : la plupart des pierres détachées par les premiers coups se trouvent toujours, pendant les deux volées suivantes, dans l'espace de la cavité qui se crée, où elles sont exposées à la pression des gaz des dites volées.

Cette pression des gaz est favorable à l'évacuation des pierres détachées pendant chaque volée, mais elle imprime une accélération additionnelle aux pierres déjà en cours de projection et présente donc l'inconvénient d'augmenter la distance de projection des débris.

D'après les courbes du trajet en fonction du temps, ces accélérations additionnelles n'agissent que pendant 2 à 3 millisecondes (par volée) et peuvent provoquer un accroissement, par exemple de 6 à 12 m/s de la vitesse des pierres en cours de projection.

On peut éviter cet inconvénient en laissant un peu plus de temps aux premières pierres détachées pour se déplacer et quitter la cavité de sorte qu'elles soient moins soumises à la pression des gaz.

Avec des détonateurs à retard de 32 ms, on a pu ramener la distance de projection de 30 m à la distance normale de 7 m en omettant les retards n° 1 et 3.

**Communication n° 55. — Conditions de la sécurité d'emploi du tir à court retard dans les mines de charbon et moyens d'assurer cette sécurité, par N. L. ROSINSKI (U.R.S.S.)**

En U.R.S.S., l'emploi des détonateurs à retard est autorisé depuis 1958 dans les mines grisouteuses et poussiéreuses.

Il s'agit de détonateurs du type E.D.K.Z. dont les retards sont de 25 ou 35 ms et multiples. On achève actuellement la mise au point de détonateurs à retard de 15 ms et multiples. Les détonateurs pour le tir à retard doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

1°) Les détonateurs ne doivent pas donner de ratés ni de détonations incomplètes lorsqu'ils sont tirés avec un courant continu de 0,8 A par groupe de 20, et aussi lorsqu'ils sont tirés par la décharge d'un condensateur de 20 microfarads chargé à 1.200 V, par groupe de 2 à 10, avec un branchement convenable.

2°) Les détonateurs doivent être étanches à l'eau et à l'humidité ; ils doivent supporter un séjour dans l'eau sous une profondeur de 3 m pendant 10 h et un séjour de 7 jours dans une atmosphère à 100 % d'humidité. Lorsqu'on les tire sous l'eau, sous une profondeur qui ne doit pas être inférieure à 1 m, les détonateurs doivent répondre aux normes de dispersion en ce qui concerne les délais avant détonation.

3°) La capsule du détonateur et la perle d'allumage doivent être reliées solidement et :

- a) en effectuant une traction sur les fils avec un poids de 3 kg pendant 5 minutes, il ne doit pas se produire de séparation de la perle d'allumage et de l'enveloppe ;
- b) en effectuant une traction dynamique sur les fils du détonateur avec un poids de 3 kg tombant d'une hauteur de 0,5 m pour les fils de cuivre, et avec un poids de 6 kg tombant de 0,5 m pour les fils d'acier, il ne doit pas se produire d'explosion.

4°) Les détonateurs doivent avoir une impulsion de départ comprise entre 0,7 et 2,0 millijoules par ohm de résistance.

5°) Les détonateurs instantanés et à court retard, de retards nominaux allant jusqu'à 120 ms, sont exclusivement réservés au tir dans les mines de charbon, et ils doivent être sûrs, vis-à-vis du grisou et des poussières de charbon lorsqu'on les tire dans une chambre de volume 1 m<sup>3</sup> avec un mélange de teneur 9,5 %. Dans ces conditions, ils ne doivent pas donner plus de 2 % d'inflammations.

6°) Les conducteurs des détonateurs doivent être :

- a) dans les puits de catégorie supérieure ou égale à la 3<sup>e</sup> (en ce qui concerne le grisou et les poussières), en cuivre
- b) dans les autres catégories, en aciers spéciaux.

7°) Les conducteurs d'acier doivent avoir un revêtement métallique les protégeant contre la corrosion, garantissant leur faible résistance et excluant les étincelles dangereuses aux endroits dénudés, du fait des conditions d'exploitation, en présence d'eau alcaline ou acide (pH 2 ou 11).

8°) L'intervalle de temps entre le tir des détonateurs instantanés et la première série de détonateurs à court retard doit être supérieur à 25 - 30 ms ; entre les séries suivantes, il doit être supérieur à 15 ms. Les détonateurs qui ne satisfont pas à la réglementation de base ci-dessus et à une série de conditions complémentaires, ne peuvent être utilisés dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses.

En outre, l'Institut de Recherches de Makiev a établi les recommandations suivantes :

Dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses, mines à dégagements instantanés comprises, le tir doit être effectué avec des détonateurs instantanés et à court retard, avec une durée maxima de la volée inférieure à 130 ms dans les chantiers au charbon et à 195 ms dans les chantiers purement au rocher.

Le rapporteur a particulièrement étudié le mouvement des roches après le tir en utilisant un oscillographe magnétique du type MPO-2 et une camera à prises de vue rapide SKS-1.

Il a constaté que le délai minimum du début du déplacement des roches n'est que de quelques millisecondes et qu'il est donc nécessaire d'établir le plan de tir avec grande précision lorsque l'on emploie des détonateurs à retard.

D'un autre côté, il a observé que la durée des mouvements vibratoires dans les roches est en moyenne de 4 à 8 ms et que, par conséquent, le tir avec des détonateurs à retard, dépassant cette durée, se comporte comme une succession de tirs instantanés.

Il attire aussi l'attention sur l'action dénudante des charges entre elles et sur le danger des contacts postérieurs entre les fils ; ces phénomènes peuvent se produire moins de 10 ms après l'explosion.

Enfin, grâce à un appareillage approprié, dont il donne la description, il a pu prélever des échantillons d'air immédiatement après tir en couche de charbon très grisouteuse ; il en résulte que la teneur

en méthane est passée de 0,4 à 0,8 % en 200 ms et à 1,6 % en 3 s.

**Communication n° 77. — Recherches sur la sécurité du tir à retard, en présence de méthane, dans le charbon et dans le schiste, par W. B. CYBULSKI (Pologne).**

Les détonateurs employés avaient des retards de 180, 150, 120, 90, 60 et 40 ms. Les essais furent effectués volontairement dans des conditions très sévères. Les trous furent disposés en conséquence et les trous décapitants furent chargés de 100 à 400 g d'explosif de sûreté au nitrate d'ammoniaque tandis que les trous, pouvant être décapités, contenaient 3 à 600 g d'explosif non de sûreté (dynamite). Tous les trous étaient bien bourrés au moyen d'un mélange d'argile et de sable. On s'assura, au préalable, que les trous chargés d'explosif non de sûreté n'enflammaient pas le grisou s'ils étaient tirés seuls, de façon à pouvoir être certain de l'influence des trous décapitants qui eux ne devaient de toute manière pas enflammer le grisou puisque chargés faiblement d'explosif de sûreté.

En charbon, sur 170 essais, on a obtenu 6 inflammations de grisou et parmi elles une avec un détonateur à retard de 60 ms.

D'après l'analyse statistique des résultats obtenus, la probabilité d'inflammation du grisou pour un retard de 30 ms est encore de 0,012.

En schiste, la facilité d'inflammation est plus grande qu'en charbon. Sur 91 essais, on a observé 12 cas d'inflammation du grisou et, parmi ceux-ci, une fois avec un retard de 40 ms. L'analyse statistique a montré que, pour un retard de 30 ms, la probabilité d'inflammation du grisou était de 0,016.

Le rapporteur fait remarquer que, dans la pratique, la probabilité doit être plus faible puisque les conditions de tir sont moins sévères, mais il croit qu'elle est cependant plus élevée qu'on ne le pense généralement.

Il n'exclut pas non plus l'inflammation du grisou lors de certaines décapitations des trous chargés d'explosif de sûreté. Enfin, il termine en disant que les essais ont montré que l'emploi de retards supérieurs à 30 ms ne peut que diminuer la sécurité du minage.

### 1 2 3. Bourrage.

**Communication n° 11. — Efficacité relative de divers bourrages quant à la réduction de l'incendivité des explosifs permis, par R. W. VAN DOLAH, N. E. HANNA et R. L. GRANT (U.S.A.)**

Les auteurs relatent l'étude expérimentale qu'ils ont faite pour déterminer le degré de sécurité de divers bourrages.

Leurs essais ont été faits à l'aide d'un mortier cylindrique en acier dont le fourneau débouchait

dans une galerie métallique dont l'atmosphère grisouteuse contenait 8 % de méthane.

Ils ont essayé les types de bourrage suivants :

- l'argile sèche ou humide à 20 % d'eau,
- l'eau pure,
- l'eau salée saturée (20 %) de chlorure de sodium,
- l'eau gélifiée au moyen de 3 % de cellulose carbosyméthyl,
- le chlorure de sodium en grains de 20 à 60 mailles (U.S. standard) de diamètre,
- et un dispositif spécial, parfois utilisé aux U.S.A. et consistant en un cylindre en amiante contenant du bicarbonate de soude que l'on cale dans le trou de mine à l'aide d'un coin en amiante et ciment.

Ils ont soumis ces bourrages à l'action de 8 explosifs différents, tous de sûreté et, pour juger de leur efficacité respective, ils ont appliqué la méthode « up and down », c'est-à-dire que, pour un poids donné de chaque bourrage, ils ont exécuté de nombreux tirs en faisant varier la charge d'explosif jusqu'à détermination de celle qui provoque l'inflammation du mélange grisouteux dans 50 % des cas ; cette charge devait être confirmée par 10 paires de résultats positifs et négatifs.

A remarquer que les 3 bourrages liquides étaient placés dans des petits sacs en plastique.

On trouvera dans le tableau II la moyenne des résultats obtenus, à la suite des centaines de tirs ainsi effectués.

TABLEAU II.

Types de bourrage	Quantité de bourrage	Poids d'explosif de sûreté donnant l'inflammation du mélange grisouteux 50/100
Dispositif spécial en amiante	1 pièce	278 g
Chlorure de sodium en grains	¼ lb = 113 g	472 g
Argile humide	1 lb = 453 g	530 g
Argile sèche	1 lb = 453 g	540 g
Eau pure	½ lb = 226 g	607 g
Eau gélifiée	½ lb = 226 g	662 g
Eau salée	½ lb = 226 g	682 g

En ce qui concerne la sécurité des bourrages, les auteurs concluent comme suit :

- 1) à poids égal, le chlorure de sodium, l'eau pure, l'eau gélifiée et l'eau salée sont beaucoup plus efficaces que l'argile sèche ou humide,
- 2) l'eau pure, l'eau gélifiée et l'eau salée ont une efficacité du même ordre,
- 3) la sécurité procurée par le dispositif spécial en amiante avec bicarbonate de soude est inférieure au bourrage d'argile.

**Communication n° 66. — Etude du bourrage et de la protection contre le grisou, par J. KOTA (Hongrie).**

L'auteur a d'abord étudié le comportement des roches après l'explosion des mines.

D'après lui, l'influence de l'explosion se fait sentir, en premier lieu, dans une « zone extérieure » où elle provoque le détachement des roches à front par ondes de choc ; ensuite, elle agit par la pression des gaz dans une « zone intérieure » plus éloignée de la surface libre.

La « zone extérieure » se formerait très rapidement et, dans certains cas, déjà après 1 ms tandis que, dans la « zone intérieure », l'action des gaz durerait au moins 10 ms et dépendrait notamment de la résistance du bourrage.

L'auteur a constaté que la plupart des bourrages commencent généralement à se déplacer bien avant ce laps de temps de 10 ms.

D'un autre côté, il pense qu'un bourrage remplissant le trou de mine de façon impeccable peut influencer favorablement le processus de détonation de la charge d'explosif et réduire le risque de déflagration dont le danger n'est plus à souligner.

En conclusion, il préconise l'emploi de la turbine de bourrage au sable, dénommée B.B.T. et utilisée en Hongrie sur une grande échelle.

Avec cet appareil, il propose d'introduire d'abord un bourrage de schlamm (sans indication de la nature) d'une trentaine de centimètres contre la charge d'explosif, puis un bourrage au sable très solide ; le but du bourrage de schlamm est d'éteindre la flamme de l'explosion et d'absorber les gaz nitreux.

### 1 3. TIR A L'AIR COMPRIME

**Communication n° 30. — Tir à l'air comprimé. (Procédé Armstrong), par J. COCU et G. THOUZEAU (France) (6).**

Schématiquement, une installation de tir à air comprimé comporte un compresseur fournissant de l'air à une pression de plusieurs centaines de kg/cm<sup>2</sup> (600 à 700), des canalisations de distribution et des tubes de tir que l'on introduit dans les trous de mines.

Les tubes de tir sont de deux types : des tubes à plaquette et des tubes à piston.

Le tube à plaquette est fermé par une plaquette qui se rompt lorsque la pression de l'air dans le tube atteint une certaine valeur, ce qui permet à cet air de s'échapper par des événements ménagés dans la tête du tube.

Dans le tube à piston, un piston recouvre les événements de la tête du tube ; quand la pression dans le tube atteint une valeur déterminée, une goupille, qui maintenait le piston en place, est cisailée ; le piston est refoulé par l'air qui s'échappe alors par les événements.

Contrairement à ce que l'on pouvait croire, il est apparu que le tir à air comprimé n'était pas de sécurité absolue et qu'un risque sérieux réside dans la présence, dans les tubes de tir, de brouillards d'huile susceptibles d'exploser au moment du tir et d'enflammer grisou et poussières.

Avec les tubes à piston, le mineur a tendance à lubrifier trop abondamment pour éviter les grippages.

C'est pour cela que, depuis 1959, l'Administration française a interdit l'usage de ces tubes à piston ; il n'y a plus que les tubes à plaquettes dont l'emploi reste autorisé.

D'autre part, l'air comprimé s'échappe du compresseur en emportant de l'huile qui se dépose dans les canalisations et peut atteindre les tubes de tir.

L'objet de la présente communication est de donner les résultats des recherches qui ont été faites pour réduire ce risque d'explosion de l'huile dans les tubes à plaquette.

On peut éviter les explosions d'huile, soit en utilisant une huile de lubrification du compresseur incombustible, soit en employant des filtres à huile efficaces sur la canalisation d'air comprimé, soit en empêchant l'inflammation de l'huile dans le tube de tir au moment du tir. La recherche d'huile incombustible n'a pas été couronnée de succès. Un lubrifiant à base d'ester phosphorique, ne donnant lieu effectivement à aucune explosion d'huile dans les conditions d'utilisation du tir à l'air comprimé, n'a pas pu être retenu car son pouvoir lubrifiant était insuffisant. On a pu mettre au point des filtres susceptibles d'arrêter les bouchons d'huile se trouvant dans la canalisation, mais leur efficacité n'est pas totale — 80 % environ d'huile arrêtée — et leur emploi serait incommode. On a trouvé, par contre, un moyen d'empêcher l'inflammation d'huile dans le tube au moment du tir. Il s'agit d'un tuyau multi-perforé disposé dans l'axe du tube de tir et distribuant, à l'intérieur de celui-ci, l'air comprimé provenant de la canalisation haute-pression. Les perforations, diamètres et position, sont conçues de telle façon que l'air soit distribué à peu près uniformément et de façon turbulente dans tout le tube à la fois, ce qui a pour effet d'éviter la formation de zones d'air comprimées et chaudes susceptibles d'initier l'explosion des brouillards d'huile se trouvant dans le tube de tir.

Ces tuyaux peuvent être réalisés de plusieurs façons : on peut, à partir de l'admission d'air, ména-

(6) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

ger à des intervalles réguliers des perforations de diamètres croissants, ou ménager à des intervalles allant en diminuant des perforations de même diamètre. La première solution a été retenue et de nombreuses expériences sur des tubes de tir de tout diamètre — diamètre de 38 mm, 44 mm et 65 mm, de toute forme — tube droit, tube à réservoir —, et de toute longueur, ont montré que le dispositif utilisé rendait pratiquement nulle la probabilité d'obtenir une explosion d'huile. L'utilisation des tuyaux re-

froidisseurs n'est pas indispensable pour les tubes à réservoir, la forme de ces tubes est en effet assez compliquée pour donner une turbulence suffisante aux gaz lors du remplissage.

Des essais de tuyaux refroidisseurs sont effectués dans divers bassins. L'Administration française prévoit un allègement des conditions d'utilisation du tir à l'air comprimé quand ces dispositifs équipent les tubes de tir.

#### I 4. CONDUITE DES ESSAIS ET INTERPRETATION DES RESULTATS

**Communication n° 79. — Influence du pourcentage d'inflammations permis sur l'appréciation des explosifs, par H. T. RAMSAY et J. S. SEAGER (G.-B.)**

En Grande-Bretagne, on tire quelque cent millions de coups dans les mines chaque année et environ 6 d'entre eux donnent lieu à une inflammation de grisou. Il est clair qu'un essai qui ne serait pas plus sévère que le tir pratique exigerait un nombre d'expériences impossible à atteindre. La sévérité doit donc être augmentée de façon à pouvoir apprécier la sécurité en un nombre raisonnable de coups.

A la rigueur, la probabilité d'inflammation devrait être multipliée par environ  $10^7$ . Ce facteur peut être augmenté :

- en se plaçant toujours dans des conditions qui se présentent très rarement dans la pratique (présence du mélange gazeux explosif, absence de bourrage) ;
- en changeant les conditions de tirs de façon à augmenter la probabilité d'inflammation (tir au mortier d'acier, tir d'angle, etc.).

Ces méthodes sont couramment utilisées, mais aucune estimation sérieuse du facteur de multiplication n'a pu être donnée jusqu'à présent.

Pour être admis à la suite d'une série d'essais, l'explosif ne peut avoir provoqué aucune inflammation. Il s'agit là d'une coutume générale. Cependant, le système français admet des inflammations dans l'un des tests et le Bureau of Mines américain a rompu récemment avec la tradition.

Le S.M.R.E. a étudié la question depuis quelques années et particulièrement le problème statistique soulevé par les épreuves ne pouvant donner aucune inflammation. Il faut en conclure que celles-ci donnent trop peu d'informations sur la probabilité d'inflammation de l'explosif éprouvé et que ce défaut ne peut être corrigé par une augmentation raisonnable du nombre de coups.

Un bon essai doit

- être reproductible, c'est-à-dire donner les mêmes résultats dans les mêmes conditions ;
- permettre une discrimination aussi nette que possible entre matériaux de sécurité différente.

En fait, un essai n'est jamais parfaitement reproductible. De plus, les limites d'acceptation et de rejet d'un matériau ne peuvent être égales : on peut simplement les rapprocher l'une de l'autre en augmentant le nombre d'essais. Le matériau présentant une qualité (ici une probabilité d'inflammation) moyenne entre ces deux limites est refusé ou accepté avec la même vraisemblance.

Les auteurs ont comparé par le calcul le cas des essais au cours desquels aucune inflammation n'est admise et le cas où une, deux ou plusieurs inflammations sont autorisées.

Ils admettent comme « certitude pratique » une probabilité égale à 0,95.

Ainsi dans le premier cas, une série de 28 coups conduira au rejet « certain » d'un explosif présentant une probabilité d'inflammation de 0,1 et à l'acceptation « certaine » d'un explosif dont la probabilité d'inflammation est de 0,0018. Si, par contre, la probabilité d'inflammation est intermédiaire entre ces deux valeurs, la série de 28 coups conduit à peu près indifféremment à l'acceptation ou au refus.

De plus, le rapport entre les probabilités de rejet et d'acceptation est très grand. De l'ordre de 50 (0,1/0,0018), il ne diminue pas quand on augmente le nombre de coups.

Si, par contre, on admet un certain nombre d'inflammations, la situation statistique peut se résumer par le tableau III établi pour 2 valeurs (0,1 et 0,5) de la probabilité d'inflammation entraînant le rejet de l'explosif et où

- $n$  est le nombre de coups de la série ;
- $p_r$ , la probabilité d'inflammation entraînant le refus ;
- $p_a$ , la probabilité d'inflammation entraînant l'acceptation ;
- $m$ , le nombre d'inflammations admises sur la série de  $n$  coups.

Dans le cas, où l'on admettrait 12 inflammations sur 195 tirs, cette série permettrait de rejeter un explosif de probabilité d'inflammation égale ou supérieure à 0,1 et de l'accepter si cette probabilité est de  $0,1/2,45 = 0,04$ . La discrimination est ici beaucoup meilleure.

TABLEAU III.

m	p <sub>r</sub> : 0,1		p <sub>r</sub> : 0,5	
	n	p <sub>r</sub> /p <sub>a</sub>	n	p <sub>r</sub> /p <sub>a</sub>
0	29	56,00	5	45,1
1	46	12,70	8	10,2
2	61	7,28	11	5,83
3	76	5,46	13	4,38
4	89	4,44	16	3,68
6	120	3,41	21	2,78
8	144	2,93	26	2,44
10	170	2,64	30	2,23
12	195	2,43	35	2,08

Et si l'on augmente la sensibilité des essais, ce que l'on peut faire dans une très large mesure en

agissant sur la charge ou en modifiant la méthode, on peut admettre, sans réduire la sécurité, une probabilité d'inflammation entraînant le refus égale à 0,5. On voit sur le même tableau qu'on obtient dès lors une épreuve économique et discriminatoire en tirant 35 coups et en admettant 12 inflammations.

Les auteurs proposent, en conséquence, un rapport de discrimination p<sub>r</sub>/p<sub>a</sub> voisin de 2 comme nécessaire et suffisant pour les essais d'explosifs et une série d'essais de 26 coups dont 13 pourraient donner lieu à inflammation.

Au cours de la discussion, l'auteur a été suivi par beaucoup d'expérimentateurs, persuadés de l'insuffisance des informations données par une série de coups ne donnant pas d'inflammation.

(à suivre)