IXe Conférence Internationale des Directeurs des Stations d'Essais

RECHERCHES SUR LES EXPLOSIFS

Communications analysées et résumées

par J. FRIPIAT

Directeur divisionnaire des Mines

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines.

INLEIDING

Aan de « Gezamenlijke Steenkolenmijnen in Limburg (voor Nederland) en het « Nationaal Mijninstituut te Frameries-Paturages (voor België) was de organisatie toevertrouwd van de IXe Internationale Conferentie der Directeurs van Proefstations.

De conferentie werd gehouden te Brussel van 28 juni tot 4 juli 1956, eerst te Heerlen en vervolgens te Brussel.

Acht en veertig mededelingen werden voorgedragen, betreffende de meest belangrijke problemen van de veiligheid.

Ze werden in beperkte comité's besproken te Heerlen van 28 tot 30 juni, daarna in voltallige vergadering te Brussel van 2 tot 4 juli.

Aan de besprekingen te Heerlen werd enkel deelgenomen door de vorsers van de officiële proefstations van West-Duitsland, Oost-Duitsland, Oostenrijk, België, Canada, Verenigde Staten, Frankrijk, Groot-Brittanje, Nederland, Indië, Polen en Joegoslavië.

Op de te Brussel gehouden zittingen werden tevens de ingenieurs van het Mijnwezen, de ontginners, de springstroffabricanten, en de constructeurs van mijnmaterieel (electrische apparaten, lampen, enz) uitgenodigd. Vijftien landen waren aldaar vertegenwoordigd.

Hierna vindt men een overzicht over de mededelingen betreffende de opzoekingen over de springstoffen.

De overige mededelingen zullen in volgende afleveringen ontleed worden.

INTRODUCTION

C'est à l'Association des Charbonnages néerlandais et à l'Institut National des Mines de Frameries Paturages qu'incombait l'organisation de la IXe Conférence Internationale des Directeurs des Stations d'Essais.

Cette conférence s'est déroulée du 28 juin au 4 juillet 1956, d'abord à Heerlen, puis à Bruxelles.

Quarante-huit communications se rapportant aux questions les plus importantes sur la sécurité des mines avaient été présentées.

Elles furent discutées d'abord en comités restreints à Heerlen du 28 au 30 juin, puis en séances plénières à Bruxelles du 2 au 4 juillet.

Les discussions d'Heerlen furent suivies uniquement par les expérimentateurs des stations officielles d'Allemagne occidentale, Allemagne orientale, Autriche, Belgique, Canada, Etats-Unis, France, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Inde, Pologne et Yougoslavie.

Aux séances tenues à Bruxelles, avaient été invités des ingénieurs des Administrations des Mines, des exploitants, des fabricants d'explosifs et des constructeurs de matériel minier (appareils électriques, lampes, etc.) ; quinze pays au total y étaient représentés.

On trouvera ci-après le compte rendu des communications relatives aux recherches sur les explosifs. Les autres communications seront analysées de même dans les fascicules ultérieurs des Annales

(J. FRIPIAT).

Les explosifs de sécurité à gaine rigide

par L. DEFFET (1)

Avant de donner l'essentiel de cette communication, rappelons d'abord où en est actuellement l'emploi de la gaine de sûreté dans les mines belges.

Dans les chantiers grisouteux ou poussiéreux, on ne peut utiliser que des explosifs pourvus d'une gaine de sûreté d'un type agréé, c'est-à-dire satisfaisant à l'épreuve du tir d'angle.

Suivant la nature des matières utilisées, suivant aussi le mode de fabrication, les gaines sont plus ou moins cohérentes ; elles sont donc ou pulvérulentes ou semi-rigides ou rigides.

La gaine rigide est constituée, soit par un tube, soit par des anneaux superposés ; l'explosif est introduit directement (c'est-à-dire sans interposition de papier) dans le canal central et le tout est entouré de papier paraffiné.

L'auteur a étudié :

1) l'action de la gaine rigide sur la vitesse de détonation,

2) la dispersion de la matière extinctrice au cours du phénomène de la détonation.

Vitesse de détonation.

Les mesures ont été effectuées par la méthode Dautriche sur des explosifs renfermant de la nitroglycérine, du nitroglycol, du trinitrotoluène, du nitrate ammonique, de la farine de bois et du chlorure sodique.

L'explosif était encartouché, soit dans des tubes de carton léger de 27 mm de diamètre, soit dans des anneaux superposés aux diamètres 26/36 mm, en chlorure sodique comprimé.

Pour chaque explosif, l'influence de la gaine s'est traduite par un accroissement de la vitesse de détonation. Dans un cas, cette vitesse était pour l'explosif gainé supérieure de 38 % à celle de l'explosif nu.

(On devine par là ce que devient la vitesse de détonation lorsque l'explosif est tiré en massif rocheux derrière un bourrage étanche et résistant).

Dispersion de la gaine.

Utilisant conjointement la photographie par rayons X, ainsi que la photographie d'ombre avec éclair d'argon, M. Deffet a comparé le comportement de la gaine rigide à celui des gaines pulvérulente et semi-rigide.

Quel que soit le type de gaine, les matières extinctrices entourent d'abord complètement les produits de la détonation sans subir ni amincissement ni dispersion. (Voir les radiographies 1, 2 et 3, figure 1).

Ultérieurement, c'est-à-dire lorsque le nuage de ces produits s'est dilaté de 2 ou 3 fois le diamètre de la cartouche, les débris de la gaine se mélangent à eux et abaissent leur température.

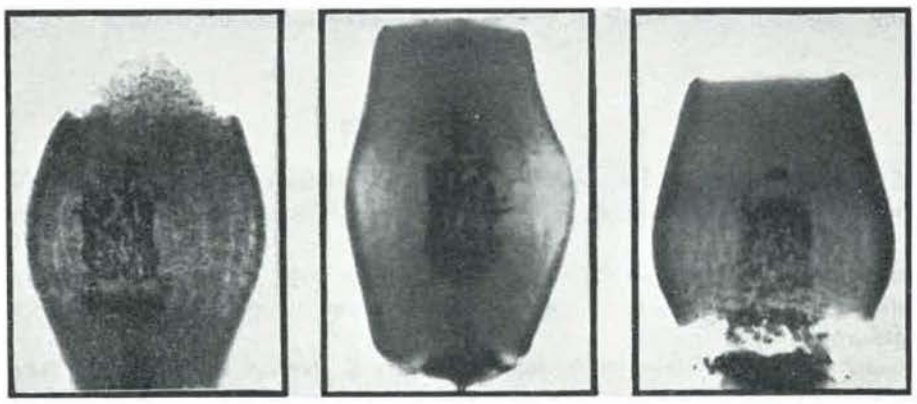

Fig. 1.

(1) Communication n° 1 du Centre de Recherches pour l'Industrie des Produits Explosifs - Bruxelles.

La photographie d'ombre montre que les gaz de détonation subissent un freinage ou retard à l'expansion ; celui-ci augmente avec la cohérence de la gaine ainsi qu'en témoignent les valeurs moyennes rapportées ci-après.

Retard à l'expansion en microsecondes :

13,25 pour les gaines pulvérulentes
17,50 pour les gaines semi-rigides
19,50 pour les gaines rigides.

Le freinage à l'expansion des gaz a pour effet de retarder leur mise en contact avec l'atmosphère ambiante, jusqu'après l'achèvement des réactions secondaires, ce qui est certainement favorable à la sécurité.

Pour finir, l'auteur souligne que la mise au point de la gaine rigide, et en particulier de gaines constituées d'anneaux de chlorure sodique comprimé, apporte une amélioration extrêmement nette aux explosifs de sécurité belges.

Etude radiographique de la transmission de la détonation

par Dr. E. EITZ (2)

La note débute par une description détaillée du dispositif générateur de rayons X. Ceux-ci sont produits par une étincelle de 100.000 volts, qui jaillit dans une cellule à vide pourvue d'une fenêtre en aluminium de 1 mm d'épaisseur.

La tension est fournie par une colonne de choc analogue à celles utilisées en électrotechnique pour l'essai des isolateurs.

L'étincelle, dont la durée est de 1 microseconde, est déclenchée par un dispositif électrique dont le circuit de commande est raccordé à deux électrodes qui sont enfoncées dans l'explosif ou disposées parallèlement à la charge.

Les gaz ionisés de détonation produisent la fermeture du circuit. La charge étant placée entre la source de rayons et la plaque sensible, les radiographies sont donc des photographies d'ombre.

Trois cartouches étaient disposées en file dans un tube de carton de 40 mm de diamètre intérieur et de 2 mm d'épaisseur. L'une des cartouches extrêmes, amorcée d'un détonateur n° 8, était en contact avec la suivante (cartouche excitatrice) ; celle-ci était séparée de la troisième (cartouche réceptrice) par un intervalle qui était ou libre ou rempli de charbon menu. Aux extrémités de la charge, il y avait des bouchons d'argile.

42 radiographies négatives figurent dans la communication.

Voici en résumé les constatations que l'auteur en a tirées.

Transmission de la détonation entre cartouches séparées par un intervalle d'air.

L'onde de choc émise par la cartouche excitatrice se traduit dans la cartouche réceptrice par une zone de compression représentée sur le négatif par une ligne en clair.

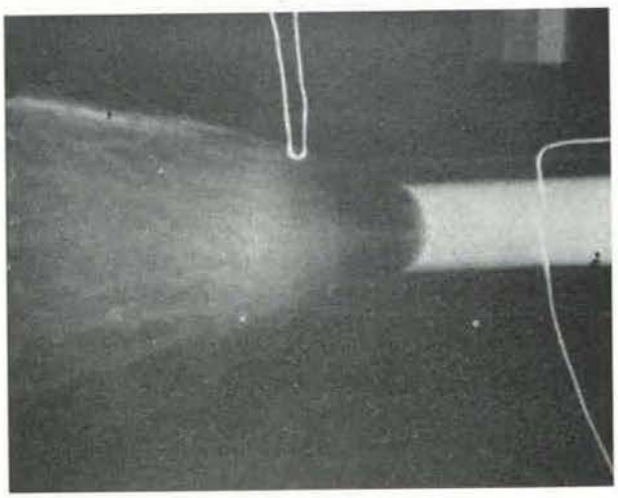

Fig. 2.

Dans la figure 2, cette ligne est incurvée du fait de la concavité des fonds des deux cartouches excitatrice et réceptrice (La figure 2a est la photographie des deux cartouches avant l'essai).

L'auteur a observé que la distance de transmission varie avec la forme des fonds des cartouches.

Si D est la distance de transmission pour des fonds plats, elle est de 3 D pour des fonds concaves et de D/3 pour des fonds convexes.

L'électrode (en boucle), visible dans les gaz de détonation de la cartouche excitatrice, a servi à déclencher l'éclair.

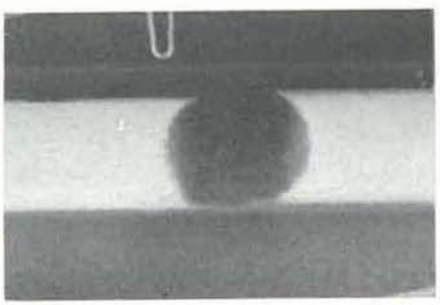

Fig. 2a.

(2) Communication n° 18 de la station de Dortmund-Derne (Allemagne).

(Les deux fils enfoncés dans la cartouche réceptrice seront utilisés dans d'autres expériences pour produire l'éclair à un stade plus avancé du phénomène).

Même quand la détonation a parcouru une distance relativement grande dans la cartouche réceptrice, la zone de compression se maintient quoique plus ou moins disloquée et percée au centre par les fumées (fig. 3).

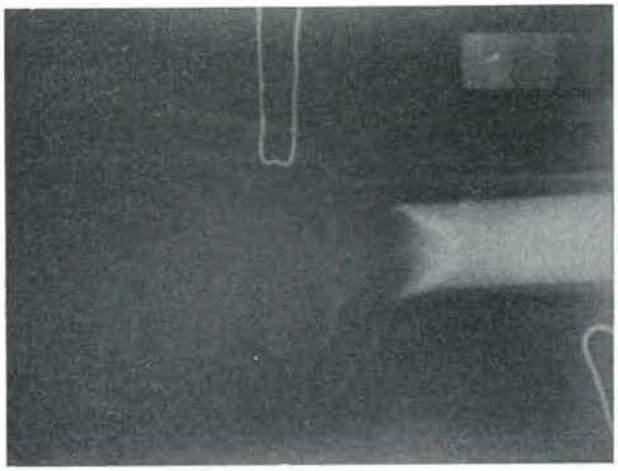

Fig. 3.

Les mêmes constatations ont été faites avec divers autres explosifs gainés (gaine active), avec des cartouches dont les fonds étaient garnis de disques de même composition que le noyau et aussi avec des explosifs ne renfermant que des constituants salins (donc pas de nitroglycérine).

La figure 4 représente un raté de détonation. On voit encore l'onde de compression dans la cartouche réceptrice ; l'extrémité de celle-ci est simplement dilatée.

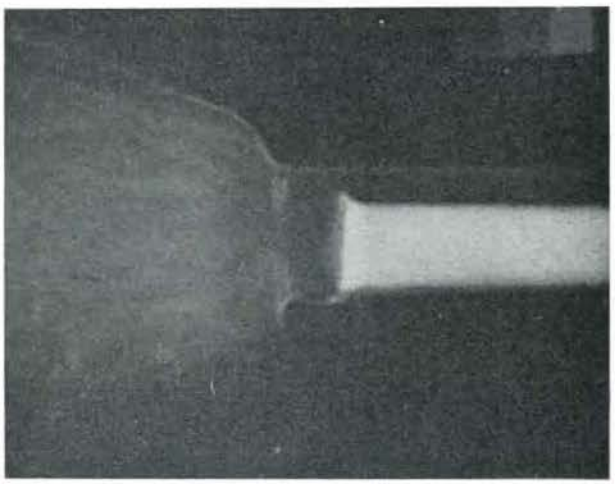

Fig. 4.

Transmission de la détonation à travers du charbon fin.

Ces expériences sont en relation avec la recherche d'une méthode d'essai permettant de vérifier l'aptitude des explosifs à transmettre la détonation dans les tirs au charbon (cette méthode nouvelle fait l'objet de la communication n° 19 dont il sera question ultérieurement).

On a encore utilisé des cartouches type Carbonit Sécurit qu'on avait prolongées de manchons de papier. Ces manchons étaient entièrement ou partiellement remplis de charbon fin. Dans le cas de remplissage complet, il n'y avait pas transmission si le poids de charbon était de 15 g, mais bien lorsque ce poids était de 5 g.

Quand il y a explosion de toute la charge, l'onde de détonation se marque par une ligne en clair dans la cartouche réceptrice.

Cette ligne est perpendiculaire ou oblique sur l'axe de la cartouche réceptrice, suivant que le remplissage de charbon est complet ou non.

Dans le second cas (fig. 5), la transmission de la détonation par l'air le long de la génératrice supérieure du manchon de papier est en effet en avance sur celle qui se fait pour le charbon fin.

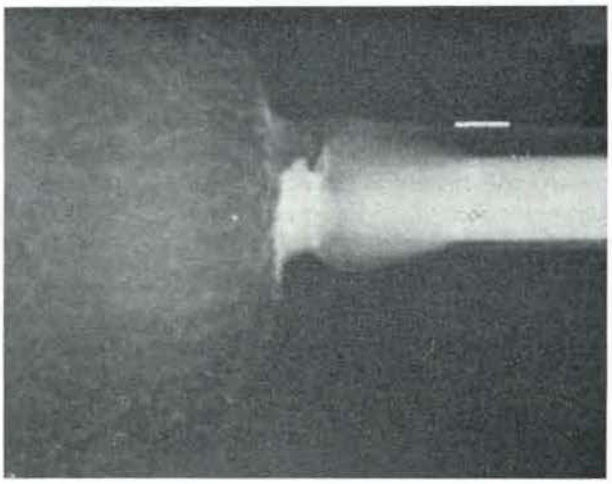

Fig. 5.

Transmission de la détonation à travers des disques de fer.

Pour faire obstacle à l'action immédiate des produits de la détonation, on a introduit dans le tube de carton et entre les deux cartouches, un disque de fer de 4 mm d'épaisseur. Celui-ci est en contact avec les extrémités des cartouches qui sont débarrassées de leurs fonds de papier.

Dans les essais pour lesquels il n'y a pas explosion complète de la charge, on observe dans les fumées de la cartouche réceptrice une onde de choc réfléchie retournant vers la cartouche excitatrice ; c'est le cas de la figure 6.

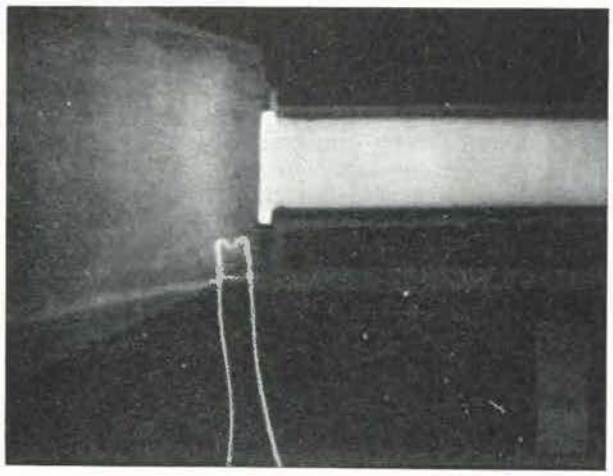

Fig. 6.

Mécanisme de la transmission de la détonation.

Pour l'auteur, ce mécanisme est le suivant. Avant que les produits de la décomposition de la cartouche excitatrice n'arrivent au contact de la cartouche réceptrice, il se forme sur le fond de celle-ci une zone de compression plus ou moins intense qui progresse ensuite dans l'explosif.

Il y a transmission si les fumées, après avoir traversé cette zone de compression, ont encore une énergie suffisante. Lorsqu'il y a un obstacle interposé entre les deux cartouches, une partie de l'énergie est réfléchie et, ici encore, il y a détonation ou non suivant l'importance de l'énergie atteignant la cartouche réceptrice.

Explosifs nouveaux de haute sécurité

par Dr. W. TAYLOR (3)

a) *Introduction.*

Avant d'aborder la relation de ses propres essais, l'auteur brosse à grands traits l'historique des explosifs de sûreté.

On a cru bien longtemps, dit-il, que le tir sans bourrage ou avec un bourrage insuffisant était de beaucoup le plus dangereux ; aussi pour éprouver la sécurité des explosifs, toutes les stations d'essais avaient adopté le tir sans bourrage au mortier d'acier.

Mais en 1950, Shepherd et Grimshaw, se basant sur les constatations faites dans les mines anglaises, estimèrent que la présence d'une fracture ouverte renfermant du grisou et traversant le trou de mine constituait l'incident le plus grave pour la sécurité.

Les méthodes d'exploitation en usage en Grande-Bretagne sont, il est vrai, favorables à la fissuration préalable du charbon et des roches encaissantes ; de plus, on envisage maintenant l'emploi du tir à temps par détonateurs à court-retard et l'on sait que, dans ces conditions, des cartouches peuvent exploser hors du massif par dénudation ou par amputation des charges.

En ce qui concerne le mécanisme de l'inflammation, M. Taylor croit qu'elle peut avoir pour origines :

a) la flamme *primaire de l'explosif, c'est-à-dire* celle accompagnant l'onde de détonation,

b) la flamme secondaire résultant de réactions entre les produits de détonation,

c) la compression adiabatique du milieu entourant la charge,

d) des particules d'explosif projetées à l'état incandescent.

Les flammes jouent incontestablement le rôle le plus important, mais il est certain que la compression adiabatique du mélange facilite leur intervention.

L'auteur rappelle ensuite les vues du Dr. Ahrens relatives au comportement des explosifs allemands de la classe III.

Parmi les réactions auxquelles donne lieu la décomposition de l'explosif, il en est qui, par suite de leur grande vivacité, se produisent au passage même de l'onde de choc ; ce sont elles qui régissent la propagation de la détonation.

Les réactions plus lentes (ou retardées) qu'Ahrens estime être des agents actifs de l'inflammation, peuvent ne pas être terminées au moment de la détente et reprendre vigueur lorsque les produits de la détonation frappent un obstacle.

Ahrens croit que, par un choix judicieux des constituants, on peut obtenir des explosifs dont les réactions retardées ne se produisent que si le confinement est suffisamment résistant et ne se produisent pas s'il y a détente prématurée des gaz de détonation.

Or, la détente prématurée est précisément une caractéristique commune aux incidents de tirs cités précédemment : coup débourrant, fracture traversant le trou de mine, détonation à air libre.

Essais.

Sous ce titre, l'auteur décrit les essais en usage à l'Usine d'Ardeer pour déterminer le degré de sûreté des explosifs vis-à-vis du grisou.

(3) Communication n° 16 de l'Imperial Chemical Industries (I.C.I.) Ardeer (Ecosse).

Tous ces essais sont effectués dans une galerie circulaire en tôles d'acier ouverte d'un côté, fermée de l'autre, par un fond en acier également.

a) Tir au mortier. La galerie a 15 m de longueur et 1,50 m de diamètre. Le mélange grisouteux est réalisé dans la chambre d'explosion; c'est-à-dire dans une partie de la galerie limitée par une feuille de papier placée à 5,40 m du fond. Contre celui-ci, s'applique le mortier au calibre de 1300 × 55 mm. La charge s'arrête à 5 cm de l'orifice du fourneau.

On tire avec ou sans bourrage, le détonateur se trouvant, soit à l'extrémité arrière, soit à l'extrémité avant de la charge.

b) Tir au mortier avec rallonge. Cet essai diffère du précédent en ce que le mortier est réuni à la galerie, soit par un tube circulaire d'acier de 1,65 m de longueur et 25 cm de diamètre, soit par un caisson de section rectangulaire aux dimensions intérieures de 355 × 50 mm fait en tôles d'acier soudées de 1,50 m de longueur.

La rallonge (tube ou caisson) renferme du mélange grisouteux identique à celui de la galerie.

c) Tir d'angle. La charge est disposée dans un cylindre d'acier de 32,5 cm de diamètre et de 85 cm de longueur creusé d'une rainure ouverte à 90°.

Le cylindre est placé dans la chambre d'explosion et la distance entre la rainure et la paroi de la galerie est de 22,5 cm.

d) Tir de charges suspendues. Les cartouches sont suspendues en file dans une chambre d'explosion de 3,1 m³ (diamètre 1,5 m, longueur 1,8 m) dans laquelle on introduit le mélange grisouteux.

Action des additions salines dans les explosifs de sûreté.

Il est bien établi qu'on peut par des additions salines accroître la sûreté d'un explosif vis-à-vis du grisou.

Ces additions absorbent de la chaleur ; elles abaissent la température des gaz de détonation, étouffent la flamme qui aurait pris naissance dans le mélange grisouteux.

Bichel avait déjà signalé le fait ; il avait notamment attiré l'attention sur l'efficacité des mélanges de chlorure ammonique et de nitrates alcalins qui, par double réaction, donnent du chlorure alcalin très fin et par conséquent très actif.

L'auteur s'est appliqué à rechercher dans quelle mesure l'action des additions salines est influencée par la nature et la finesse de la substance.

Il a procédé de la manière suivante :

Dans un tube vertical de 70 mm de diamètre, on crée un nuage de matière finement pulvérisée et on y introduit un mélange grisouteux qu'on allume à la base par une étincelle électrique.

D'après le développement de la flamme, on distingue les trois cas suivants :

1) la flamme est limitée au voisinage immédiat de l'étincelle, c'est la « suppression de la flamme » ;
2) la flamme se propage sans atteindre les extrémités du tube, c'est «l'extinction de la flamme» ;
3) la flamme s'étend dans le tube jusqu'aux limites du mélange, c'est « la propagation ».

Dix-neuf sels de finesses différentes furent essayés ; on détermina pour chacun d'eux les quantités nécessaires pour produire la « suppression » et l'« extinction de la flamme ».

On constata que le développement de la flamme dépendait de la nature et surtout de la surface totale des particules mises en suspension.

Au tableau I, sont indiqués quelques-uns des résultats obtenus avec les sels alcalins.

TABLEAU I.

Substance	Surface spécifique des particules cm²/g	Surface totale des particules produisant la suppression (cm² par cm³ de mélange)	l'extinction (cm² par cm³ de mélange)
Fluorure de potassium	800	8,08	0,25
Iodure de potassium	900	0,04	0,50
Fluorure de sodium et d'aluminium	2 200	0,40	0,61
Chlorure de potassium	5 700	0,40	0,64
Silico-fluorure de sodium	8 000	0,47	0,68
Chlorure de sodium	6 500	0,57	1,84

De toutes les substances susceptibles d'être incorporées aux explosifs, la plus avantageuse est incontestablement le chlorure de sodium.

Celui-ci a donné aux essais les résultats rapportés au tableau II.

TABLEAU II.

Surface spécifique en cm^2	Diamètre moyen des particules en microns	Quantité de particules produisant la suppression de la flamme	
		g par l de mélange	cm^2 par cm^3 de gaz
6 500	4,3	0,284	1,84
3 100	9,0	0,594	1,83
2 300	12,0	0,810	1,86

Quelle que soit la finesse, il faut toujours sensiblement la même surface de particules (1,83 à 1,86 cm^2) pour produire la suppression de la flamme.

De l'ensemble de ses recherches, l'auteur conclut qu'on peut atteindre un degré de sécurité fort élevé si on arrive à envelopper les produits de la détonation d'un nuage de chlorure sodique en particules suffisamment fines.

Mais il fallait, par des réalisations pratiques, vérifier cette conclusion fondamentale.

Amorçage de sécurité.

On a imaginé d'introduire dans le fourneau une cartouche amorce faite de 15 % de nitroglycérine et 85 % de chlorure sodique ; le sel disséminé lors de la détonation dans le trou de mine et dans les fissures devait stopper une inflammation naissante de grisou.

Cet explosif à la charge de 900 g alluma cependant à la fréquence de 50 % dans le tir au mortier avec bourrage.

(Les tirs au mortier sans bourrage et en charges suspendues ne produisirent pas l'inflammation).

On rechercha l'influence de la finesse sur le comportement de l'explosif dans le tir au mortier avec rallonge (tube d'acier) ; on enregistra des inflammations tant que la dimension des grains resta supérieure à 45 microns.

Cette étude n'est pas terminée ; des résultats acquis jusqu'ici, on peut néanmoins dégager les conclusions que voici :

1) Pour qu'il n'y ait pas inflammation, il faut que la surface du nuage de sel atteigne une certaine limite (surface critique).

2) On ne peut compter sur le choc dû à la détonation pour atteindre la fragmentation correspondant à cette surface critique.

3) La finesse des particules est toutefois limitée, sinon leur énergie est insuffisante pour les maintenir en avant du front de flamme. Il semble bien que le diamètre des particules doive rester au-dessus de 3 microns.

4) Le sel fin peut provenir, soit de l'explosif lui-même, soit d'un nuage préparé à l'avance.

Explosifs de haute sécurité.

Le chlorure sodique peut être utilisé, soit sous forme de gaine entourant l'explosif, soit comme addition à l'explosif lui-même.

En Angleterre, on a adopté la seconde solution.

Des formules de compositions diverses furent expérimentées à Ardeer ; elles conduisirent aux constatations suivantes :

1) Pour le tir en cartouches suspendues, la charge-limite dépend plus de la grandeur des particules que de leur nature chimique.
2) Pour le tir au mortier, la nature chimique joue le rôle le plus important, pour autant que les particules ne soient pas trop fines. A partir d'une certaine finesse, la surface des particules a une action déterminante et la charge-limite augmente lorsque leurs dimensions diminuent.
3) Pour le tir au mortier avec rallonge, l'influence de la finesse est prédominante.
4) Pour le tir d'angle, seules les particules très fines conduisent à des charges-limites élevées.

A la suite de cette longue étude, on réalisa un explosif à 35 % de chlorure sodique à la finesse de 20 microns. Sa capacité de travail était de 30 % de celle de la gélatine explosive et sa vitesse de détonation atteignait 1700 m/sec.

Mais la présence de chlorure en telle quantité et d'une telle finesse était défavorable à la sensibilité.

On imagina alors d'incorporer une partie du sel fin en l'agglomérant par du nitrochaux (carbonate de calcium fin et nitrate ammonique).

La sensibilité est alors meilleure ; de plus, la cohésion de l'agglomérat ne fait obstacle ni à sa désintégration par le choc de la détonation, ni à la dissémination du chlorure fin.

L'explosif Nobel 1220 est de ce type ; sa composition est la suivante :

Nitroglycérine	14 %
Nitrate ammonique	23 %
Farine de Bois	4 %
Chlorure sodique fin	36 %
Nitrochaux	22 %
Chlorure sodique ordinaire	1 %

Sa force est de 29 % de celle de la gélatine explosive et sa vitesse de détonation 1800 m/sec. A Ardeer, il n'a pas allumé le grisou dans les tirs en galerie.

Bien que sa capacité de travail soit assez faible, cet explosif a donné de bons résultats en charbon et en roches dures (tirs de bosseyement, tirs en grès en carrière). Pour finir, l'auteur souligne que ce prototype ouvre la voie à d'autres formules de sécurité intrinsèque plus grande.

Influence de la granulométrie des constituants

par R. LOISON et J. COCU (4)

Les auteurs ont étudié l'influence de la granulométrie des constituants alcalins (chlorures et nitrates) sur le comportement des explosifs, c'est-à-dire sur le coefficient de self-excitation, le coefficient d'utilisation pratique, la puissance au mortier balistique, la vitesse de détonation, la sécurité vis-à-vis du grisou et des poussières.

Voici d'abord quelques explications sur la signification et la mesure de ces termes.

Coefficient de self excitation (C.S.e.). On détermine la distance à laquelle une cartouche amorcée (cartouche excitatrice) fait exploser une cartouche non amorcée (cartouche réceptrice).

Le coefficient est mesuré par la moyenne arithmétique de la distance minimum donnant 3 non transmissions et de la distance maximum donnant 3 transmissions.

Les deux cartouches de 50 g au diamètre de 30 mm sont placées horizontalement sur 2 plaques de plomb, reposant elles-mêmes sur 2 cylindres verticaux d'acier.

Coefficient d'utilisation pratique (C.u.p.). On recherche le poids d'explosif (p) donnant au bloc de plomb et sous du sable non tassé le même évasement que 15 g d'acide picrique.

Le coefficient C.u.p. est égal à $\frac{100 \times 15}{p}$

Puissance au mortier balistique (M.b.) La charge est placée dans un mortier fermé par un obus et suspendu à un pendule.

L'explosion produit une déviation du pendule, laquelle est comparée à celle produite par un poids déterminé d'un explosif de référence.

Vitesse de détonation (V.d.). Celle-ci est mesurée par la méthode différentielle bien connue de Dautriche.

Sécurité en présence du grisou : déterminée par des tirs de cartouches de 30 × 180 mm au mortier de 38 × 220 mm, de cartouches de 38 × 330 mm au mortier de 38 × 340 mm.

Dans chaque cas, le bourrage est constitué par une plaquette d'acier de 1 mm.

Sécurité en présence des poussières : déterminée par le tir de charges de 1500 g suspendues en nuage poussièreux préformé avec 2 à 3 % de grisou.

(4) Communication n° 37 du Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (Cerchar).

1) *Influence de la finesse du chlorure sodique.*

Les recherches ont porté sur six explosifs couche améliorés renfermant notamment :

du nitrate ammonique : (20 à 33 %)

du chlorure sodique : (49 à 58,5 %)

un excitateur : de la nitroglycérine (12,3 à 12,9 % - 5 explosifs)

ou de la penthrite (20 % - 1 explosif).

La granulométrie du chlorure sodique influe peu sur la sensibilité à la transmission de la détonation (C.s.e.). En moyenne, la distance de transmission augmente quand la granulométrie est plus grossière, ce qui est dû à la présence de grains incomplétement décomposés qui amorcent par choc la détonation de la cartouche réceptrice.

L'accroissement de la finesse du chlorure entraîne une diminution de la capacité de travail ; cette diminution est très sensible au bloc de plomb ; elle l'est beaucoup moins au mortier balistique.

Les auteurs estiment que l'absorption de chaleur par le sel est d'autant plus rapide que la finesse des grains est plus grande, mais que la retransmission des calories aux gaz s'améliore lorsque le confinement est plus résistant.

La détente des gaz étant plus lente au mortier balistique qu'au bloc de plomb, la perte de chaleur par le sel projeté est moins grande dans le premier et le rendement de l'explosif est meilleur.

Il n'est donc pas étonnant que la finesse du sel ait peu d'influence sur le travail au mortier. On peut même supposer qu'il en sera ainsi pour le tir au rocher, les charges étant alors fortement bourrées.

En ce qui concerne la sécurité, l'accroissement de la finesse exerce dans le cas du tir au mortier en grisou une action nulle, parfois même défavorable. Cette action est toujours favorable dans le cas du tir en poussières (charges suspendues).

Influence de la granulométrie des chlorures et des nitrates.

Les auteurs ont utilisé :

1) des explosifs à base de penthrite 25 et 40 %, les uns du type ordinaire, les autres à ions échangés, ceux-ci renfermant le mélange nitrate sodique + chlorure ammonique ;
2) la grisoudynamite chlorurée 16 (GDC 16) de composition :

Nitroglycérine	12,3
Dinitrotoluène	0,7
Nitrate ammonique	33,0
Tourbe	5,0
Chlorure sodique	49,0

1a) *Explosifs du type ordinaire à 23 % de penthrite.*

L'évasement au bloc de plomb est d'autant plus grand que le nitrate ammonique est plus fin et le chlorure sodique plus grossier. Lorsque les deux sels ont la même granulométrie, ces deux effets se compensent et la puissance varie peu avec la grosseur des grains.

1b) *Explosifs du type ordinaire à 40 % de penthrite.*

La décomposition des sels étant toujours rapide et complète, leur granulométrie est sans influence sur la capacité de travail (bloc de plomb et mortier balistique).

La sécurité vis-à-vis du grisou croît légèrement avec la finesse.

1c) *Explosifs à ions échangés.*

Le sens de la variation de la puissance au bloc de plomb est le même quel que soit le taux de penthrite, mais les écarts sont les plus faibles lorsque ce taux est de 40 %.

Lorsque les deux sels ont la même granulométrie, l'évasement est d'autant plus élevé qu'ils sont plus fins. Il est donc curieux de constater que la combinaison nitrate gros-chlorure fin conduit à un évasement plus petit que celui donné par la combinaison nitrate gros - chlorure gros.

Pour la même granulométrie et le même taux de penthrite, les explosifs du type ordinaire ont une puissance au bloc plus élevée que celle des explosifs à ions échangés ; cette puissance prend sa valeur maximum lorsque le nitrate et le chlorure sont tous deux à gros grains.

2) *Grisou-dynamite chlorurée 16.*

Comme pour les explosifs à la penthrite, on constate que l'évasement au bloc est d'autant plus grand que la finesse du nitrate est plus grande et celle du chlorure plus faible, mais le rôle de la granulométrie du nitrate semble prépondérant. Cette prédominance de la granulométrie du nitrate ammonique est encore plus nette pour la vitesse de détonation et le coefficient de self-excitation, lesquels sont peu influencés par la finesse du chlorure.

La sécurité vis-à-vis du grisou et des poussières est accrue par une finesse plus grande du chlorure et une finesse moins grande du nitrate de sorte que l'association nitrate fin - chlorure gros est la moins sûre et l'association nitrate gros - chlorure fin la plus sûre.

On a constaté que la sécurité dépendait surtout de la finesse du chlorure pour le tir au mortier, de la finesse du nitrate pour le tir de charges suspendues.

Si on prend en considération le coefficient de self-excitation qu'il convient d'améliorer pour éviter les déflagrations, les auteurs estiment que l'association nitrate fin - chlorure fin constitue le meilleur compromis.

On a étudié aussi l'effet du vieillissement. Celui-ci se manifeste par une baisse légère de la puissance au bloc et de la vitesse de détonation, par une réduction de l'influence de la granulométrie (notamment sur l'essai au bloc).

La sécurité au mortier en présence du grisou et celle du tir en poussières de charges suspendues s'améliorent ; par contre elle semble diminuer dans l'épreuve en grisou en charge suspendue.

Conclusions.

De leurs recherches, les auteurs dégagent les tendances qualitatives suivantes :

— influence favorable sur la sécurité, d'une grande finesse du chlorure sodique, influence nette dans le cas du tir en charge suspendue plus discutable dans le tir au mortier ;

— influence favorable sur la sécurité, d'une granulométrie plus grossière du nitrate ammonique, notamment dans les épreuves de charges suspendues ;

— réduction de l'influence de la granulométrie lorsqu'on augmente la proportion de sensibilisateur ou lorsque l'explosif vieillit ;

— parallélisme entre les propriétés explosives et la sécurité.

Ce parallélisme s'oppose plus ou moins à une amélioration considérable des explosifs de sûreté par une combinaison astucieuse de la granulométrie.

Si on peut espérer obtenir un explosif un peu plus sûr, à puissance égale ou un peu plus puissant à sûreté égale, il ne faut cependant pas perdre de vue que la granulométrie peut évoluer au cours du vieillissement et que le gain ainsi obtenu devra être contrôlé par des essais portant sur de l'explosif vieilli.

Recherches de la station de Derne sur la déflagration fusante

Sous ce titre, nous groupons les deux communications n° 5 et n° 13 du Dr Ahrens (5) intitulées :

— Transmission de la détonation des nouveaux types d'explosifs de sûreté. Observations et influences.

— Etude de l'amorçage de décompositions déflagrantes par l'action des fumées en espace confiné.

(5) de la Station de Dortmund-Derne.

Il s'agit de recherches entreprises à la station allemande à la suite des déflagrations et doubles détonations observées en 1954 et 1955 lors de tirs en veine d'explosifs de la classe III.

Rappelons d'abord qu'il existe en Allemagne trois classes (I, II et III) d'explosifs de sûreté qui doivent satisfaire à certaines épreuves en galerie expérimentale, c'est-à-dire, ne pas allumer dans les conditions indiquées suivantes :

1) pour les explosifs classe I, au mortier pour des charges allant jusque 600 g (cartouches de 35 mm de diamètre, amorçage antérieur) ;
2) pour les explosifs classe II, au cylindre rainuré disposé comme indiqué à la figure 7a pour la charge de 375 g ;
3) pour les explosifs classe III, au cylindre rainuré disposé comme indiqué à la figure 7b pour la charge maximum autorisée (en particulier distance paroi-mortier allant de 15 à 75 cm pour un angle d'impact de 100 grades).

Les explosifs classe II sont pourvus d'une gaine de sûreté (gaine active renfermant 15 % de nitroglycérine) ; ceux de la classe III ne sont pas gainés.

Sur 4.000.000 de tirs effectués en 1954 et en

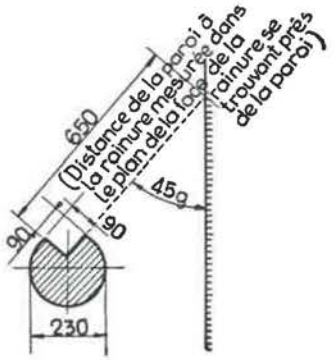

Fig. 7a.

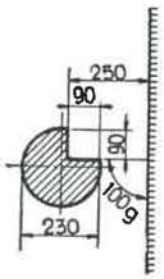

Fig. 7b.

1955 avec les explosifs Wetter Carbonit A et Wetter Securit A (explosifs de la classe III à ions échangés), on a enregistré 10 explosions irrégulières en veine soit :

— 1 lors d'un tir à temps de 11 charges amorcées de détonateurs à la demi-seconde ;
— 2 lors de tirs de deux charges amorcées de détonateurs instantanés ;
— 7 lors de tirs d'une charge unique.

Ces explosions irrégulières se sont manifestées de façons diverses : feux dans les déblais, cartouches en ignition hors du fourneau, doubles explosions (dans un cas à 15 minutes d'intervalle), jet de flamme de 1 m de longueur sortant du trou de mine 5 minutes après l'allumage.

L'auteur pense comme Sartorius de Cerchar, que la déflagration comporte :

1) une transmission perturbée de la détonation, laissant dans le fourneau une ou plusieurs cartouches non détonées ;
2) une décomposition lente de ces cartouches au contact des gaz chauds sous pression.

Il se produit la fissuration du bourrage, voir même son expulsion avec un bruit violent, ce qui donne l'impression d'une seconde détonation.

Chacune des phases de l'incident a fait l'objet d'un groupe de recherches rapportées dans les deux communications précitées.

COMMUNICATION 5

Comme on avait observé des détonations incomplètes lors de tirs en trous humides et qu'on pouvait supposer que de la paraffine s'était introduite dans les cartouches lors de l'immersion à l'usine. l'auteur a d'abord recherché dans quelle mesure l'aptitude à la détonation des Wetter Carbonit A et Wetter Sécurit A est influencée par la présence d'eau ou de paraffine dans l'explosif.

Comme critère d'aptitude, il a utilisé la méthode officielle du tir sur lit de sable. Elle consiste à déterminer l'intervalle maximum entre deux cartouches en file, qui puisse être franchi par la détonation, les deux cartouches (dont l'une amorcée d'un détonateur n° 8) étant disposées horizontalement sur un lit de sable.

On a introduit dans l'explosif de l'eau sous forme de neige et les cartouches ainsi préparées sont restées 24 heures à la température de 20°.

Avec des taux de 1, 2 et 3 % d'eau, la plupart de ces cartouches ont subi la détonation, soit comme cartouche amorce, soit comme cartouche réceptrice.

Avec 2 % d'humidité et après 4 semaines de stockage, il y a encore eu transmission.

Par contre, le séjour pendant 3 jours seulement en atmosphère saturée de vapeur d'eau, annule l'aptitude à transmettre la détonation de cartouches, même en file continue.

En ce qui concerne l'influence de la paraffine, on a trouvé qu'il y a encore transmission de la détonation :

— quand les deux cartouches se touchent par leurs extrémités, celles-ci étant couvertes d'un fond de paraffine de 8 mm d'épaisseur (16 mm de paraffine) ;

— quand les deux cartouches distantes de 30 mm sont séparées par un disque de paraffine de 20 mm d'épaisseur ;
— que l'explosif devient insensible au détonateur, lorsqu'on y incorpore 5 % de paraffine.

Influence du confinement. — Dans ce qui précède, il n'a été question que de l'essai sur lit de sable.

On a fait aussi des tirs de longues charges (jusqu'à 25 cartouches) dans des trous forés à la pierre.

Avec plusieurs bouchons (de 30 cm de longueur) de charbon fin placés dans la file de cartouches ou avec des cartouches dont les fonds étaient couverts de paraffine, on a encore obtenu la détonation complète.

En fait dans la mine, c'est surtout en charbon qu'on avait observé des ratés de détonation.

Il fallait donc admettre que la nature du confinement influait sur l'aptitude à la détonation.

On a fait des essais de transmission avec des cartouches de Wetter Carbonit A et de Wetter Sécurit A, au diamètre de 32 mm dans des tubes de carton de 40 mm.

La distance maximum de transmission était de 5 cm, alors qu'elle était de 10 cm au moins sur le lit de sable.

Dans le tube de carton, 1 cm de charbon arrêtait déjà la détonation.

Ces diverses constatations ont suscité de nouvelles recherches ; celles-ci sont rapportées dans les communications n° 18 et 19 du Dr. Eitz.

La communication 19, dont on trouvera plus loin le compte rendu, préconise une méthode nouvelle d'essai d'aptitude : le tir en tubes faits de charbon aggloméré par du ciment, procédé qui semble correspondre beaucoup mieux à la réalité que l'essai sur le lit de sable ou en tube de carton.

COMMUNICATION 13

Dans la communication n° 13, l'auteur étudie l'action des gaz chauds sur l'explosif.

Le dispositif utilisé rappelle celui de MM. Audibert et Delmas de la Station de Montluçon. La cartouche est placée dans un tube d'acier dont les extrémités sont fermées par des bouchons filetés (fig. 8).

L'un des bouchons est percé d'un canal de détente d'un diamètre déterminé ; il est traversé en outre par les conducteurs amenant le courant électrique à une spirale de chauffage laquelle est noyée soit dans la cartouche, soit dans un mélange d'explosif et de charbon (ce mélange est en contact direct avec l'explosif de la cartouche).

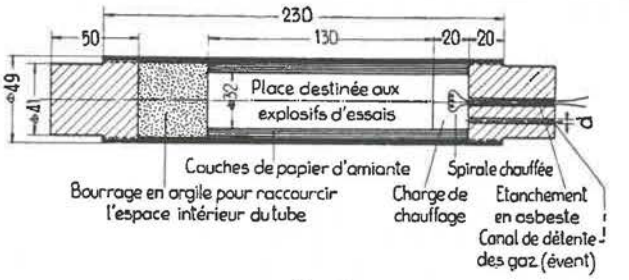

Fig. 8.

Des couches de papier d'amiante appliquées sur la paroi intérieure du tube réduisent les déperditions de chaleur.

Pour étudier la transmission de la déflagration, on a fait aussi des essais avec deux cartouches en file dans un tube de 350 × 52 mm.

L'explosif était alors entouré de charbon fin.

Comme charge de chauffage, on prenait un mélange (20 g pour les tubes courts, 40 g pour les tubes longs) de Wetter Carbonit A et de charbon fin (charbon gras) dans la proportion 20/1 ; exceptionnellement, on a utilisé de la poudre noire.

Les essais ont porté sur six explosifs de types divers :

1) Wetter Carbonit A et Wetter Securit A (classe III) à 10 % de nitroglycérine et ions échangés.
2) Wetter Bicarbit A (classe III) à 10 % de nitroglycérine et 90 % de sels inhibiteurs.
3) Wetter Westphalit A (classe I) à 4 % de nitroglycérine et nitrate ammonique.
4) Wetter Nobelit B (classe I), explosif de sûreté gélatineux.
5) Wetter Nobelit B (M_1), même explosif que le précédent mais pourvu d'une gaine explosive.
6) Ammonit I, explosif roche au nitrate ammonique (pas de nitroglycérine).

Essais en tube court. — Le tube renferme une cartouche surmontée du mélange chauffant. Les incidents observés sont indiqués au tableau III par des signes conventionnels.

On n'a pas observé la déflagration avec les explosifs de la classe III, si ce n'est avec la Wetter Carbonit A, mais alors la charge de chauffage était de la poudre noire.

Les explosifs des classes I et II ont déflagré en tube ouvert et aussi dans un tube pourvu d'un évent de 3 mm.

TABLEAU III.

Une cartouche en tube court.

Explosif et classe	Confinement				Tube d'acier fermé
	Tube ouvert	5 mm	Event 3 mm	2 mm	
Wetter Carbonit A (III)	o		o	o E	o E x
Wetter Bicarbit A (III)	o			o	o
Wetter Nobelit B (M_1) (II)	+				
Wetter Nobelit B I)	+				
Wetter Westphalit A (I)	o	o	+		
Ammonit 1	o		+		

o pas de réaction
x déflagration partielle
+ déflagration totale
E explosion

Essais en tube long. — Notons d'abord que les conditions expérimentales sont favorables à la déflagration ; le charbon entourant l'explosif atténue les déperditions de chaleur et participe à la décomposition éventuelle de l'explosif.

La Wetter Carbonit A, avec une charge de chauffage de 40 g, n'a déflagré ni dans le tube ouvert ni dans le tube avec évent de 5 mm.

Par contre, il y a eu déflagration avec l'évent de 3 mm et le phénomène s'est propagé parfois aux deux cartouches.

Toujours avec l'évent de 3 mm, il n'y a pas eu déflagration lorsqu'on a utilisé une charge de chauffage de 20 g.

Il y a eu aussi déflagration totale de deux cartouches de Wetter Carbonit A dans les cas suivants :

1) explosif ayant séjourné 23 jours au-dessus d'un bain d'eau (teneur en humidité de l'explosif 1,8 % aux extrémités, 1 % au centre). Event de 5 mm (Il n'y a pas eu de décomposition en tube ouvert) ;
2) explosif débarrassé de son enveloppe donc en contact direct avec le poussier. Event de 5 et de 2 mm.

Quant à la Wetter Bicarbit A, elle n'a pas déflagré même dans les conditions de confinement les plus favorables à la déflagration.

Les 4 derniers explosifs du tableau III par contre, ont déflagré, soit entièrement, soit partiellement (2 cartouches en tube ouvert avec la charge de chauffage de 40 g).

L'auteur a recherché aussi dans quel sens et dans quelle mesure l'action des gaz chauds était influencée par certains artifices tels que :
— accumulation locale de paraffine sur la charge ;
— addition de charbon et de paraffine à l'explosif.

Accumulation locale de paraffine. — Une bande de 110 × 10 × 3 mm de paraffine a été appliquée sur une cartouche de Wetter Carbonit. Celle-ci a déflagré complètement dans le petit tube pourvu d'un évent de 2 mm.

On a obtenu aussi une déflagration partielle en plaçant un bouchon de paraffine à l'extrémité de la cartouche près du mélange de chauffage.

Mélange homogène de charbon fin à l'explosif. — Le mélange charbon-explosif est introduit sans enveloppe de papier, dans le petit tube dont la paroi intérieure est garnie d'amiante. La spirale de chauffage pénètre dans le mélange.

On obtient les résultats indiqués au tableau IV.

TABLEAU IV.

Explosif et classe	Charbon fin en %	Confinement				Tube fermé
		Tube ouvert	Event de 5 mm	Event de 3 mm	Event de 2 mm	
Wetter Carbonit A III	10	+	+	+	+ E	
	3	+		+	+	
	2,5		o	o	o + E	
Wetter Sécurit III	3			+		
	2,5			o	+ E	
Wetter Bicarbit A III	10				o	

Les constatations sont indiquées par les mêmes signes conventionnels qu'au tableau III.

Dans le cas de la Wetter Carbonit et de la Wetter Securit renfermant 10 ou 3 % de charbon, on a obtenu la déflagration quel que soit le diamètre de l'évent.

L'explosion « E » de la Wetter Carbonit (première ligne du tableau IV) s'est produite 3 ½ minutes après le début de la déflagration.

Il est à noter que la Wetter Bicarbit A n'a pas déflagré, même avec 10 % de charbon.

Le fait, dit l'auteur, que l'aptitude à la déflagration augmente avec le pourcentage de charbon n'est nullement une particularité des explosifs de la classe III ; il en est de même pour tous les explosifs plus ou moins suroxygénés.

Addition de paraffine à l'explosif. — La formation d'un mélange homogène de paraffine et d'explosif paraît moins probable encore dans la pratique que celle d'un mélange homogène de charbon et d'explosif ; on a estimé cependant qu'une accumulation locale lors du paraffinage pouvait se liquéfier ultérieurement et se répartir uniformément dans la cartouche.

On a donc incorporé des fines rapures de paraffine dans l'explosif ; le mélange a été ensuite remis dans l'enveloppe d'origine et la cartouche immergée à nouveau dans le bain de paraffinage.

Les essais ont été faits en tube court avec une charge de chauffage de 20 g (mélange d'explosif / poussier : 20/1).

La Wetter Carbonit A a donné les résultats reportés au tableau V.

En comparant ces résultats avec ceux du tableau IV, on constate que, pour obtenir la déflagration, il faut un confinement plus restreint pour la paraffine que pour le charbon fin.

TABLEAU V.

Wetter Carbonit A et paraffine

Paraffine en %	Confinement			
	Tube ouvert	Event 5 mm	Event 3 mm	Event 2 mm
16				+
5		0 x		
3	0	0	+	+
1,5				0
0,5	0			

Mélange de paraffine et de charbon. — On a obtenu alors des déflagrations avec des additions relativement faibles. Sous une charge de chauffage de 20 g, la Wetter Carbonit a déflagré :

en tube ouvert, entièrement avec 0,5 % de paraffine et 0,3 % de charbon;

en tube avec évent de 5 mm, entièrement avec 1 % de paraffine et 0,3 % de charbon, partiellement avec 0,1 % de paraffine et 0,2 % de charbon.

Emission des fumées. — Pour certains essais, l'auteur a noté la durée de l'émission des fumées lors de déflagrations totales en tube court de Wetter Carbonit A, additionnée de charbon ou de paraffine.

Les résultats de ses observations sont reportés au tableau VI.

TABLEAU VI.

	Durée d'émission en minutes			Nombre d'essais
	minimum	maximum	moyenne	
1) Mélange homogène				
Charbon	3	25	14	18
Paraffine	31	75	44	4
Charbon et paraffine	30	50	42	6
2) Accumulation locale de paraffine			73	1

Conclusions.

1) Les Wetter Carbonit A et Wetter Sécurit A ne présentent pas une aptitude spéciale à la déflagration.

Au contact d'un mélange de charbon et d'explosif en combustion, ils n'ont donné la déflagration lente ni à l'air libre (tube d'essai ouvert), ni sous la pression de gaz chauds.

Dans les mêmes conditions expérimentales, les autres explosifs ont déflagré très souvent ; les explosifs gélatineux notamment l'ont fait même dans le tube d'essai ouvert.

2) La Wetter Bicarbit A est restée rebelle à la déflagration quelles que fussent les conditions expérimentales.

3) L'addition de substances combustibles (charbon ou paraffine) peut faire déflagrer tous les explosifs, même dans les conditions de confinement les moins favorables, à l'air libre notamment (tube d'essai ouvert).

La déflagration amorcée dans une cartouche s'étend généralement à la cartouche voisine. Cette propagation n'a cependant pas été observée avec un explosif roche au nitrate ammonique (sans huile explosive) ni avec les explosifs gainés (gaine explosive). Pour ces derniers, l'arrêt de la déflagration s'explique par la présence de Wetter-Bicarbit sur les fonds des cartouches.

Pour conclure, le Dr. Ahrens estime que les détonations irrégulières observées dans les charbonnages sont dues au contact des poussières de charbon avec l'explosif de cartouches détériorées.

Il n'y a plus lieu, dit-il, de prendre en considération l'intervention de la paraffine ; des mesures appropriées excluent maintenant la possibilité d'accumulation de cette substance sur ou dans les cartouches.

Epreuve d'aptitude à la transmission en vue du tir au charbon

par le Dr. E. EITZ (6)

Les explosifs Wetter-Carbonit A et Wetter-Sécurit A ont donné lieu lors de tirs en charbon à des ratés de transmission, alors que leur sensibilité révélée par l'essai sur lit de sable paraissait suffisante (7). Pour cette raison, l'auteur s'est attaché à rechercher une épreuve de sensibilité qui corresponde aux conditions du minage en veine ; il a donc imaginé de faire détoner l'explosif dans des tubes faits de poussier et grains de charbon gras agglomérés par du ciment.

La charge comportait trois cartouches disposées en file. La cartouche intermédiaire était en contact avec la cartouche initiatrice (celle-ci amorcée d'un détonateur n° 8), mais elle était séparée de la 3e cartouche par un intervalle.

Cet intervalle était ou libre ou rempli de charbon gras, celui-ci composé de 30 % de poussier et de 70 % de grains de 3 à 4 mm.

Après introduction de la charge, on fermait les extrémités du tube par des bourrages d'argile.

Dans ce mode opératoire, il était donc loisible à l'expérimentateur de faire varier, d'une part, la quantité de charbon interposée entre les cartouches, d'autre part, la résistance du confinement, en modifiant le rapport charbon-ciment du tube.

Etude du tir en tube en charbon ciment. — Cette étude effectuée surtout avec des explosifs du type Carbonit-Sécurit, a montré que la transmission de la détonation à travers un bouchon de charbon menu n'est guère influencée par le temps de prise du ciment, ni par le calibre des grains de charbon mélangés au ciment.

La longueur de l'interposition de charbon susceptible d'être franchie par la détonation augmente avec la teneur en ciment et avec l'épaisseur du tube, mais elle ne change pas lorsque la longueur des bourrages aux extrémités de la charge passe de 5 à 25 cm ou qu'on augmente la proportion de poussier dans le mélange interposé entre les cartouches.

Comparaison des résultats obtenus pour divers modes de confinement. — On a utilisé :

1) les Wetter Carbonit A, Wetter Sécurit A, Wetter Nobelit B déjà mentionnés dans la communication 13 ;

2) la Wetter Wasagit, explosif de sûreté gélatineux, les Wetter Bicarbit B et Wetter Salit A renfermant 10 et 12 % de nitroglycérine ainsi que des sels inhibiteurs.

Des charges de 5 cartouches de 30 ou 32 mm de diamètre d'explosifs de types divers ont été tirées avec ou sans interposition de charbon et sous bourrage d'argile de 5 cm dans des fourneaux de 40 mm de diamètre constitués par :

a) un tube de carton de 2 mm d'épaisseur déposé sur du sable ou suspendu ;
b) un tube d'acier de 2,5 mm d'épaisseur ;
c) un mortier d'acier ;
d) un tube de charbon/ciment de 500 mm de longueur, 50 mm d'épaisseur pour lequel le rapport charbon/ciment était, soit 1/1 soit 20/1.

(6) Communication n° 19 de la Station de Dortmund-Derne.

(7) Cet essai consiste à rechercher la distance maximum à laquelle une cartouche peut en faire exploser une autre par influence. Les deux cartouches, dont l'une est amorcée d'un détonateur, sont placées en ligne et non jointives sur un lit de sable.

TABLEAU VII.

Distances de transmission pour différents confinements.

Lit de sable air	Tube carton sur sable air	Tube carton suspendu air	Tube carton suspendu charbon	Tube acier charbon	Mortier charbon	Tube charbon/ciment 1/1 charbon	Tube charbon/ciment 20/1 charbon
Wetter Wasagit B							
50 3/3	150 3/3	120 3/3	26 3/3				
60 1/2	200 1/2	130 2/3	30 0/3				
80 2/3	300 1/2	140 0/1					
100 0/3	400 0/2	150 0/1		260 2/2	280 1/1	230 2/3	
Wetter Nobelit B (M_1) Lot A							
150 3/3		60 1/1	21 2/2	39 3/3		43 3/3	33 3/3
200 2/3		80 0/1	23 0/1	44 2/4		52 2/3	48 3/6
300 1/2				53 0/3	240 1/1	62 2/3	62 0/3
400 1/1						78 0/3	
500 0/3					240 1/1		
Wetter Nobelit B (M_1) Lot B							
80 3/3	120 3/3	60 2/2	20 2/2			50 3/3	
100 1/2	150 1/2	80 0/1	22 0/1			54 2/3	
120 0/1	200 2/3	120 0/2	30 0/2			80 0/2	
150 0/1	300 1/2						
	400 2/3						
Carbonit Sécurit							
150 5/5	30 5/5	20 3/3	7 2/3	15 5/6		7 4/4	5 4/4
200 4/5	40 1/3	30 1/3	9 3/6	22 3/4		9 5/7	7 1/5
300 2/5	50 0/1	40 0/4		30 0/3		10 1/8	9 0/3
400 3/5	60 2/3		10 1/3	40 0/1		15 3/9	10 1/3
500 3/6	70 1/3		15 1/3	48 1/2			12 1/3
					232 1/1		
600 1/5	80 0/1		16 0/3	60 0/1			15 0/4
Wetter Bicarbit A							
400 3/3		50 2/3	3 3/3	8 3/3	13 2/2	4 2/3	4 2/3
500 2/3		60 0/1	5 2/4	9 2/3	18 0/1	7 3/5	7 5/6
600 1/3				10 1/3	26 0/1	9 2/3	9 3/3
800 0/3					35 0/1	10 0/3	10 2/3
Wetter Salit A (Lot A)							
150 3/3		60 3/3	6 1/3	3 3/3		4 3/3	4 3/3
200 1/3		70 0/1	7 0/1	5 2/3		5 0/3	5 1/3
300 2/3			8 0/1	7 2/3		7 0/1	
400 2/3			10 0/1	8 0/3	14 1/1		
500 0/3				10 0/1			
					27 0/1		
				13 0/1			
					35 0/1		
				20 0/1			
Wetter Salit A (Lot B)							
120 2/2	10 2/2					5 2/2	
150 1/2	20 1/2					6 1/2	
200 1/2	30 0/2					8 1/2	
	40 0/2						
	50 1/2						
	60 0/2	60 2/2					
	70 0/2	70 0/2					

Les résultats obtenus sont indiqués au tableau VII dans lequel figurent aussi les résultats de l'épreuve de sensibilité sur lit de sable.

En tête des colonnes sont indiqués le genre de confinement ainsi que la nature du milieu interposé dans la charge (air ou charbon).

Les résultats comportent deux chiffres :
— la longueur en mm de l'intervalle entre cartouches ;
— la fréquence de transmission, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de transmissions et le nombre d'essais.

Pour tous les explosifs essayés, sauf pour la Wetter Wasagit B, la distance de transmission dans l'air est plus grande sur le lit de sable que dans le tube en carton.

L'auteur estime que, de tous les essais, le tir en tube de carton avec intervalle d'air est le moins significatif.

D'abord pour certains explosifs, la détonation franchit des intervalles d'air de longueur bien supérieure à celle d'interpositions de charbon empêchant la transmission (voir 3e et 4e colonnes du tableau VII).

De plus, on constate que la transmission à travers un intervalle d'air dépend de la forme des extrémités des cartouches.

Si D est la distance limite de transmission observée avec les cartouches à fonds plats, cette distance devient 3 D ou D/3 suivant que les fonds sont concaves ou convexes. Par contre, s'il y a interposition de charbon, c'est l'inverse qui se produit ; on peut s'en rendre compte par les essais effectués en tubes charbon/ciment et figurant au tableau VIII.

TABLEAU VIII.

Charbon interposé entre les cartouches (en g)	Fréquence de transmission		
	Cartouches du commerce	Cartouches à fonds plats	Cartouches à fonds concaves
7	4/4	3/3	3/3
8	1/5	3/3	1/3
9	0/3	2/3	0/3
10	1/2	3/3	
11	0/2	1/3	

Les essais du tableau VIII ont été réalisés avec des cartouches du commerce ; il est possible que la dispersion de certains résultats soit due à de petites différences de la forme des fonds des cartouches.

Le tube d'acier et le tube ciment/charbon donnent sensiblement les mêmes résultats, sauf pour la Wetter Nobelit B (M_1) et la Wetter Salit A ; ceux-ci ont une meilleure transmission dans les tubes ciment/charbon.

Dans ses conclusions, l'auteur estime que l'essai dans les tubes de ciment-charbon réalise des conditions très proches de celles du tir en veine.

L'accroissement de la proportion de charbon dans la paroi du tube entraîne une réduction du bouchon de charbon qui peut être traversé par la détonation.

La mesure de l'aptitude à la transmission résulte donc de ces deux caractéristiques : proportion de charbon, longueur du bouchon.

Aptitude à la transmission de la détonation

par TAILLANDIER et THOUZEAU (8)

Dans une communication présentée à la VIIIe Conférence internationale (Dortmund-Derne), M. Sartorius avait montré qu'on pouvait faire déflagrer un explosif en le maintenant un certain temps au contact de gaz de détonation.

Il utilisait à cette fin un long mortier d'acier dans lequel il introduisait deux cartouches. L'une d'elles, amorcée d'un détonateur, était poussée au fond du fourneau ; l'autre était placée près de l'orifice, lequel était fermé ensuite par un bourrage d'argile.

Lorsque l'intervalle entre les deux cartouches dépassait une certaine limite et que la résistance du bourrage était suffisante, la détonation de la première cartouche provoquait la déflagration de la seconde.

(8) Communication n° 36 du Cerchar.

TABLEAU VII.

Distances de transmission pour différents confinements.

Lit de sable air	Tube carton sur sable air	Tube carton suspendu air	Tube carton suspendu charbon	Tube acier charbon	Mortier charbon	Tube charbon/ciment 1/1 charbon	Tube charbon/ciment 20/1 charbon
Wetter Wasagit B							
50 3/3	150 3/3	120 3/3	26 3/3				
60 1/2	200 1/2	130 2/3	30 0/3				
80 2/3	300 1/2	140 0/1					
100 0/3	400 0/2	150 0/1		260 2/2	280 1/1	230 2/3	
Wetter Nobelit B (M_1) Lot A							
150 3/3		60 1/1	21 2/2	39 3/3		43 3/3	33 3/3
200 2/3		80 0/1	23 0/1	44 2/4		52 2/3	48 3/6
300 1/2				53 0/3	240 1/1	62 2/3	62 0/3
400 1/1						78 0/3	
500 0/3					240 1/1		
Wetter Nobelit B (M_1) Lot B							
80 3/3	120 3/3	60 2/2	20 2/2			50 3/3	
100 1/2	150 1/2	80 0/1	22 0/1			54 2/3	
120 0/1	200 2/3	120 0/2	30 0/2			80 0/2	
150 0/1	300 1/2						
	400 2/3						
Carbonit Sécurit							
150 5/5	30 5/5	20 3/3	7 2/3	15 5/6		7 4/4	5 4/4
200 4/5	40 1/3	30 1/3	9 3/6	22 3/4		9 5/7	7 1/5
300 2/5	50 0/1	40 0/4		30 0/3		10 1/8	9 0/3
400 3/5	60 2/3		10 1/3	40 0/1		15 3/9	10 1/3
500 3/6	70 1/3		15 1/3	48 1/2			12 1/3
					232 1/1		
600 1/5	80 0/1		16 0/3	60 0/1			15 0/4
Wetter Bicarbit A							
400 3/3		50 2/3	3 3/3	8 3/3	13 2/2	4 2/3	4 2/3
500 2/3		60 0/1	5 2/4	9 2/3	18 0/1	7 3/5	7 5/6
600 1/3				10 1/3	26 0/1	9 2/3	9 3/3
800 0/3					35 0/1	10 0/3	10 2/3
Wetter Salit A (Lot A)							
150 3/3		60 3/3	6 1/3	3 3/3		4 3/3	4 3/3
200 1/3		70 0/1	7 0/1	5 2/3		5 0/3	5 1/3
300 2/3			8 0/1	7 2/3		7 0/1	
400 2/3			10 0/1	8 0/3	14 1/1		
500 0/3				10 0/1			
					27 0/1		
				13 0/1			
					35 0/1		
				20 0/1			
Wetter Salit A (Lot B)							
120 2/2	10 2/2					5 2/2	
150 1/2	20 1/2					6 1/2	
200 1/2	30 0/2					8 1/2	
	40 0/2						
	50 1/2						
	60 0/2	60 2/2					
	70 0/2	70 0/2					

Au mortier, le bourrage entraîne, mais pas toujours, un accroissement de la sensibilité.

Pour l'explosif G.C. 16 (à 12 % de nitroglycérine, 33 % de nitrate ammonique, 44 % de chlorure sodique) par exemple, la distance de transmission n'est guère influencée par la présence d'un bourrage.

Enfin dans les tirs réels, des bouchons de poussières de charbon ou de roche peuvent s'intercaler entre les cartouches et amener des ratés de transmission.

Les auteurs ont observé que la réduction de la distance de transmission, imputable à ces bouchons, était plus grande dans le tir au rocher que dans le tir au mortier.

Les derniers paragraphes de la communication sont consacrés à l'analyse du mécanisme de la transmission.

Les auteurs estiment que l'aptitude à la transmission entre deux cartouches dépend de deux paramètres : le pouvoir « excitateur » de la première cartouche, le pouvoir « récepteur » de la seconde.

Dans un mortier de 2 m, ils ont tiré sans bourrage des explosifs de compositions diverses, les cartouches excitatrice et réceptrice étant ou non identiques.

Pour une même cartouche réceptrice, ils ont observé que le pouvoir excitateur croît comme le coefficient d'utilisation pratique ou élargissement au bloc de plomb.

Le pouvoir récepteur, lui, dépend uniquement de la nature et de la structure de l'explosif ; il ne paraît pas être lié aux caractéristiques ordinaires telles que vitesse de détonation, puissance, etc.

La distance moyenne de transmission entre cartouches d'explosif de même nature paraît dépendre beaucoup plus de la sensibilité propre (ou pouvoir récepteur) que du pouvoir excitateur.

Dans leurs conclusions, les auteurs soulignent que l'amorçage de la déflagration est subordonné à la réalisation de deux conditions :

a) un défaut de transmission de la détonation ;

b) le maintien dans le trou de mine d'une pression et d'une température suffisamment élevées.

Ils estiment que le problème de l'aptitude à la transmission ne peut être résolu par des tirs à air libre, mais bien par des essais en trous de mine réels.