

Recherches sur la sécurité du tir électrique

par J. FRIPIAT

Directeur divisionnaire des Mines,
Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines de Frateries-Paturages.

SAMENVATTING

Deze studie werd reeds behandeld in een mededeling aan de VIII^e Internationale Conferentie van de directeurs der proefstations die in juli 1954 in het proefstation van Dortmund-Derne (Duitsland) gehouden werd.

Haar publicatie in de *Annalen der Mijnen* verrechtvaardigt zich door het feit dat ze enerzijds het belang aantoonst, voor de veiligheid, van de beperking op 4 milliseconden van de duur van de ontstekingsstroom en dat anderzijds deze voorwaarde opgenomen werd in de erkenningsnormen voor afvuurtoestellen, vastgesteld door de omzendbrief n^o 109 dd. 26-4-1958 van de Algemene Directie der Mijnen.

Welke zorg ook besteed zij aan de isolatie van de schietkring, kunnen zich contacten voordoen tussen de geleiders wegens beschadigingen veroorzaakt door de mechanische uitwerkingen van de ontploffingen.

Deze contacten zijn zonder invloed op het ontvlammingsgevaar van mijngas indien ze zich voordoen binnen een tijdruimte van 4,9 milliseconden na het inschakelen van de schietstroom.

In bijlage is de lijst opgenomen van de afvuurtoestellen die sinds 1953 werden erkend en die voorzien zijn van een schikking die de duur van de schietstroom op 4 milliseconden beperkt.

De gevoeligheid van de ontstekers die tegenwoordig in België gebruikt worden is voldoende om geen mislukkingen te hebben bij zulke beperking, op voorwaarde dat de stroomsterkte minstens 1 A bedraagt.

AVANT-PROPOS

Ces recherches ont déjà fait l'objet d'une communication que nous avons présentée à la VIII^{me} Conférence internationale des Directeurs des Stations d'Essai, tenue en juillet 1954 à la Station de Dortmund-Derne (Allemagne).

Si nous les publions maintenant dans les *Annales des Mines de Belgique*, c'est parce qu'elles montrent l'intérêt que présente, pour la sécurité, la limitation à 4 millisecondes de la durée du courant de tir et que cette condition figure parmi les normes d'agrément des explosifs énoncées dans la circulaire n^o 109 du 26 avril 1958 de la Direction générale des Mines.

Introduction.

Le tir électrique peut, suivant les circonstances, constituer dans les mines grisouteuses un risque d'inflammation qui résulte de la production toujours possible d'étincelles et de leur aptitude plus ou moins grande à allumer les mélanges d'air et de grisou.

Il existe sans doute des explosifs de « sécurité intrinsèque » dont le fonctionnement reste inoffensif en toutes circonstances, mais ces machines sont gé-

néralement de puissance réduite et, par conséquent, d'application limitée.

Nous n'avons donc ici en vue que les explosifs à magnéto ou dynamo, d'utilisation courante en Belgique et dont les plus petits formats sont encore capables de faire partir une dizaine au moins de charges connectées en série.

L'énergie de ces machines est évidemment suffisante pour donner des étincelles dangereuses aux organes de production et de commutation du cou-

rant, ainsi qu'aux endroits de la ligne où il y aurait éventuellement des courts-circuits.

Dans les mines grisouteuses, on ne peut donc utiliser que des explosifs pourvus d'une enveloppe antidéflagrante et des lignes parfaitement isolées.

Ces mesures ne suppriment cependant pas d'une manière certaine et définitive le risque d'inflammation par étincelle électrique. Les actions mécaniques consécutives à l'explosion des charges (projections de matériaux, chasses d'air et de gaz) peuvent en effet couper les fils, dégrader les isolants, mettre en contact les conducteurs et les connexions des détonateurs (celles-ci ne sont généralement pas isolées).

Si, à ce moment, la ligne est encore sous tension, des étincelles jailliront aux points de rupture du circuit et aux endroits des courts-circuits.

Expériences de Liévin.

Ces incidents ont été étudiés jadis par la Station de Liévin (1).

Taffanel et ses collaborateurs utilisèrent à cette fin un indicateur Deprez, appareil comportant un tambour tournant à une vitesse connue et régulière sur lequel s'inscrivaient les mouvements de leviers actionnés par des électro-aimants.

L'un de ces électros enregistrait le courant d'allumage et les rétablissements éventuels du courant par contact dans la ligne.

L'autre électro servait à signaler le mouvement du massif ; il était inséré dans un circuit comprenant en plus une batterie d'accumulateurs et un interrupteur.

Cet interrupteur était constitué par deux pièces conductrices distantes de quelques millimètres : une plaque de clinquant collée au rocher et une pointe portée par un piquet.

La plupart des expériences furent effectuées dans des chantiers souterrains ; la ligne de tir était faite de deux fils nus (fer galvanisé) attachés aux bois de soutènement.

Dans l'ensemble, elles montrèrent que des contacts (contacts postérieurs) pouvaient se produire : — dans le trou de mine, quelques millièmes de seconde après l'explosion du détonateur (contacts intérieurs) ;

— en dehors du rocher, trois à quatre centièmes de seconde après l'explosion du détonateur (contacts extérieurs).

Pour supprimer à coup sûr les étincelles occasionnées par les contacts extérieurs (les seuls dangereux), les expérimentateurs proposèrent de réduire à 3 centièmes de seconde, la durée du débit des explosifs.

(1) Voir note sur le tir électrique par MM. Taffanel, Dautriche, Durr et Perrin.

Annales des Mines de France. Tome VII, pages 6 à 261 (année 1919).

Cette proposition fut adoptée par la plupart des stations d'essais. En Belgique notamment, tous les explosifs agréés par l'Institut National des Mines depuis 1933 sont pourvus d'un dispositif soit mécanique, soit électromagnétique, qui ne laisse passer le courant dans la ligne qu'à partir du moment où il atteint sa valeur maximum et qui l'interrompt dans le délai de 30 millisecondes.

Des prescriptions établies par les autorités allemandes ont imposé cependant une durée plus réduite encore du temps de débit, soit 4 millisecondes (2).

La disproportion entre ce délai et celui indiqué par la Station de Liévin est tellement frappante qu'il nous a paru utile de reprendre avec d'autres moyens, les recherches de Taffanel.

Expériences de l'Institut National des Mines.

Ces expériences ont été effectuées dans les galeries en creusement au rocher du Bois de Colfontaine ; chaque tir, quelle que soit la disposition des charges (coups de bouchon, coups de bosseyement), servait d'expérience.

Il n'a été fait usage que de lignes isolées suspendues aux cadres de soutènement en acier (profil T).

Les conditions étaient donc différentes de celles des expériences Taffanel (fils nus, soutènement en bois). (On verra ultérieurement que la présence de matériaux conducteurs au voisinage de la ligne est favorable à la réalisation de contacts dangereux.)

On a fait au total 183 tirs :

a) 112 tirs, groupés en six séries, ont été consacrés à la mise en évidence des rétablissements du courant, postérieurs à l'explosion des charges ; ces rétablissements ont été enregistrés à l'oscillographe.

Pour certains tirs, nous avons en plus enregistré la mise en branle du rocher et cela pour nous permettre de distinguer parmi les rétablissements ou contacts postérieurs, ceux se produisant soit avant, soit après la dislocation complète de la roche.

b) 71 tirs d'une seule charge ont été effectués en grisou dans des conditions telles que, s'il y avait inflammation, celle-ci ne pouvait être imputée qu'à des contacts se produisant dans le circuit postérieurement à l'explosion de la charge.

Etude des contacts postérieurs.

Nous avons utilisé, pour les enregistrements, un oscillographe électromagnétique Siemens.

Cet appareil possède trois boucles dont les mouvements sont inscrits par trois spots lumineux qui se déplacent verticalement sur le papier sensible porté par un tambour tournant.

(2) Voir « Anlage zur Polizeiverordnung über den Vertrieb von Sprengmitteln an den Bergbau vom 6 März 1952. Bestimmungen für slagwettersichere Zündmaschinen ».

« aa) Die Zündstromdauer darf nicht mehr als 4 Millisekunden betragen ».

L'appareil enregistre simultanément :

a) le courant passant par le circuit de tir (boucle inférieure) et fourni par une batterie d'accumulateurs.

Pour la mise à feu, on pousse sur un interrupteur à bouton et on maintient le courant pendant un certain temps.

Sur le film, on voit donc le courant passant par le détonateur (courant d'allumage), puis éventuellement les rétablissements par contacts postérieures entre les conducteurs.

b) la tension de l'alternateur (boucle supérieure).

Celui-ci, actionné par un moteur à essence, alimente le moteur commandant le tambour.

c) le mouvement du rocher.

Cet enregistrement est réalisé par un circuit comportant deux fils parfaitement isolés, une pile sèche, la troisième boucle (ou boucle moyenne) de l'oscillographe et enfin un dispositif indicateur.

Ce dispositif a été d'abord un fil de cuivre de 0,2 mm de diamètre emprisonné entre deux bandes de papier de 10 cm de largeur, collées par une substance adhésive. Ces feuilles étaient appliquées sur la pierre et maintenues fermement à leurs extrémités par des bois calés entre les parois. Le fil étant inséré dans le circuit, l'écartèlement du rocher était signalé par l'interruption du courant passant dans la boucle de l'oscillographe.

Nous avons utilisé ensuite le dispositif des expérimentateurs français : une pointe métallique portée par un étau et, à quelques millimètres de cette pointe, une feuille métallique collée sur la pierre. Le mouvement était noté alors par la fermeture du circuit d'enregistrement.

Le système pointe-feuille est le plus précis en ce sens qu'il signale le mouvement de la pierre dès son origine ; mais ceci suppose qu'on puisse prévoir la partie du massif qui se déplacera la première.

Le comportement du fil de cuivre avec bandes de papier est tout autre. Il s'allonge d'abord, puis se brise avec un certain retard, variable avec la distance entre les points de calage contre le rocher.

Par contre, cet indicateur est sensible à tout ce qui peut rapprocher les conducteurs : mouvement des pierres, souffle des gaz de détonation par les fissures.

La figure 1 représente un oscillogramme (Essai 28).

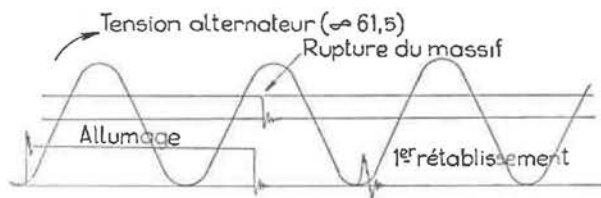


Fig. 1.

On y voit :

1) la courbe ondulée de la tension de l'alternateur (61,5 périodes par seconde), qui sert d'échelle du temps, une période complète représentant 1/61,5 seconde (1 mm = 0,397 ms) ;

2) la ligne d'intensité légèrement décroissante du courant d'allumage ;

(Il s'agit d'une amorce à poudre, à allumage assez lent ; ce type n'est plus utilisé en Belgique).

3) la rupture du massif, 0,6 ms après l'interruption du courant d'allumage ;

4) le premier rétablissement, 10 ms après l'interruption du courant d'allumage.

Après chaque essai, nous avons examiné l'état du circuit de tir en vue de déterminer ce qui aurait pu causer le rétablissement du courant par contact postérieur.

Cet examen ne donne pas toujours de résultat probant. Un rétablissement de courant bien visible sur l'oscillogramme peut être le résultat d'un contact postérieur momentané dont on ne retrouve aucune trace à front, et vice versa, un contact relevé lors de l'examen dans la galerie après le tir peut s'être produit après l'interruption définitive du courant d'allumage et ne pas être inscrit sur le film.

Nous aurons soin néanmoins d'indiquer, dans le compte rendu des essais, les constatations qui nous ont paru mériter une mention spéciale.

Compte rendu des essais.

Première série (Essais 1 à 16).

16 tirs effectués dans deux boueux creusés, l'un en terrains schisteux tendres et humides, l'autre en terrains gréseux très durs et secs.

Ces tirs ont comporté des nombres divers de charges (1 à 12) d'explosifs soit brisants, soit antigrisouteux.

La ligne faite de deux fils isolés et torsadés était raccordée aux détonateurs par des ligatures non isolées.

Dans un seul cas, il y eut rétablissement du courant dans le circuit de tir ; le fait s'est produit 114 ms après que ce courant avait été interrompu par l'explosion du détonateur.

Deuxième série (Essais 17 à 43).

Les tirs de la seconde série, comme ceux des séries 3, 4 et 5, ont été effectués dans des voies de chassage en grès dur.

La deuxième série comporte 27 tirs dont :

— 1 tir de 3 charges d'explosif brisant (coup de bouchon)

— 26 tirs d'une seule charge de bosseyement (explosif brisant 11 tirs, explosif antigrisouteux 15 tirs).

La ligne est disposée comme il a été indiqué pour la première série.

Pour chaque tir, la mise en branle de la pierre est enregistrée par une bande de papier avec fil conducteur.

Le courant d'allumage est réglé au préalable à 1 ampère.

Dans cinq cas, il y eut rétablissement du courant dans le circuit postérieurement à l'explosion du détonateur.

Au tableau I, nous avons, pour chacun d'eux, reporté d'après les enregistrements à l'oscillographe et en prenant comme origine la fin du courant d'allumage :

a) le temps de la rupture du massif, c'est-à-dire le délai dans lequel le fil conducteur appliqué sur la roche a été coupé;

b) le temps du rétablissement, c'est-à-dire le délai dans lequel le courant a été rétabli dans la ligne, par contact entre les conducteurs.

TABLEAU I.

N° de l'essai	Temps en millisecondes	
	de la rupture du massif	du rétablissement
28	0,6	10,0
30	0,5	29,7
34	7,20	48,60
40	1,50	35,0
42	2,0	20,4

Les temps de rupture sont extrêmement brefs pour les essais 28 et 30 ; il s'agissait alors de bancs dégagés suivant trois faces ; le front et deux faces parallèles à la charge ; ce n'était pas le cas pour les trois autres essais.

Les rétablissements se sont toujours produits postérieurement au déplacement du rocher.

Certains essais (28, 30 et 40) ont donné plusieurs rétablissements successifs ; les temps indiqués au tableau se rapportent au premier rétablissement qui a suivi l'explosion de la charge.

Après l'essai 30, les fils du détonateur (une seule charge) étaient encore connectés à la ligne ; à l'extrémité opposée, ils étaient dénudés sur 10 mm de longueur.

Le courant rétabli dans le circuit était de :

0,75 A pour les tirs 28 et 42

1,35 A pour les tirs 30 et 40

1,50 A pour le tir 34.

L'intensité de ce courant dépend de la résistance du contact ; il n'est donc nullement étonnant qu'elle soit dans certains cas inférieure à celle du courant d'allumage malgré la mise hors circuit du détonateur ou, en d'autres termes, malgré la réduction apparente de la résistance du circuit. L'intensité de 0,75 A a d'ailleurs été observée lors de contacts extrêmement brefs et il est possible que, du fait de l'inertie, cependant très faible, de la boucle de

l'oscillographe, celle-ci n'ait pu atteindre sa position d'équilibre.

Troisième série (Essais 44 à 67).

23 tirs de bossement (une seule charge) et un de bouchon (deux charges) d'explosif brisant ou antigrisouteux.

La ligne est identique à celle des deux premières séries d'essais, mais nous avons cette fois rapproché systématiquement l'une de l'autre les ligatures terminales non isolées de la ligne.

Les deux conducteurs isolés et torsadés étaient suspendus au soutènement sous les éclisses réunissant les deux branches des cadres, puis descendaient à proximité du front.

Les connexions se trouvaient à la même hauteur et alignées dans une direction soit parallèle, soit perpendiculaire à celle de la galerie.

Elles pendaient librement dans le vide (17 tirs) ou bien étaient posées sur le rocher ou sur les déblais (7 tirs).

Au cours des essais, la distance entre les connexions a varié de 4 à 20 cm.

Toutes ces dispositions étaient évidemment favorables à la mise en contact des extrémités de la ligne, mais notre but était précisément de faire ressortir les conséquences qui pouvaient en résulter.

Le déplacement du massif est encore signalé par la rupture d'un fil conducteur.

Pour 11 tirs, il y eut rétablissement du courant dans la ligne après l'allumage des charges. Ces tirs sont reportés au tableau II.

TABLEAU II.

N° des tirs	Distance entre les ligatures (cm)	Temps à partir de l'explosion	
		de la rupture du massif (ms)	du rétablissement (ms)
45	12	—	3,2
46	5	13,8	6,76
48	5	1,9	11,8
50	6	4,6	7,6
51	4	2,06	26,9
52	20	0,79	84,0
61	15	—	16,32
63	12	3,91	160,95
64	20	3,23	156,48
65	20	2,56	75,8
66	20	2,07	126,0

Pour le tir 45, la charge ne comportait qu'une cartouche d'explosif brisant poussée avec un bourrage d'argile de 7 cm au fond d'un trou de 1,10 m foré dans un banc du toit. Il y eut simplement décollement du banc et expulsion du bourrage. C'est pour cette raison que la bande de papier avec fil conducteur, placée sur la pierre transversalement

au fourneau et à mi-longueur de celui-ci, ne fut pas déchirée.

Le tir 46 a été effectué dans le fourneau du tir 45 avec une charge de 2 cartouches légèrement bourrée comme la précédente. Il y a lieu de croire que les connexions ont subi très tôt le souffle des gaz de détonation, avant que le banc ne soit brisé. On peut expliquer ainsi ce fait anormal, d'un rétablissement en avance de 7,04 ms (13,80 — 6,76) sur la rupture du banc.

Les 13 autres tirs de la série pour lesquels il n'y a pas eu de rétablissement se répartissent comme suit (tableau III).

TABLEAU III.

Distance entre les connexions (cm)	Nombre de tirs
11	1
13	1
15	5
20	6

On notera que, pour les distances de 15 et 20 cm, ou bien il n'y a pas eu de rétablissement ou bien celui-ci s'est produit au plus tôt 16,32 ms après l'explosion du détonateur (tir 61 du tableau II).

Quatrième série (Essais 68 à 81).

14 tirs se décomposant comme suit :

— 1 tir de bouchon d'une charge d'explosif anti-grisouteux ;

— 13 tirs de bossement d'une charge d'explosif brisant (12 tirs) ou d'explosif antigrisouteux (1 tir).

La ligne de tir est faite de deux conducteurs isolés, distants de 10 cm, attachés aux cadres à 1,50 m du sol. Les connexions terminales sont protégées par de la toile isolante.

Le déplacement de la roche est enregistré par le système pointe et feuille métalliques ; la distance entre les deux organes de contact varie de 5 à 12 mm.

Il y eut rétablissement du courant dans le circuit pour les tirs de bossement 80 et 81, effectués tous deux avec de la dynamite n° 111 dans les bancs du toit.

Nous donnons ci-après les conditions dans lesquelles ces essais ont été réalisés, ainsi que les constatations auxquelles ils ont donné lieu.

	Tir 80	Tir 81
— Poids d'explosif brisant	500 g	500 g
— Épaisseur moyenne du banc	15 cm	18 cm
— Distance entre la pointe et le papier d'étain	10 mm	6 mm

— Temps écoulé entre l'explosion du détonateur

a) et le contact entre pointe et feuille	1 ms	0,54 ms
b) et le rétablissement du courant	34 ms	20 ms

Il ne nous a pas été possible de déterminer la cause du rétablissement enregistré lors du tir 80 : les fils du détonateur étaient intacts et encore attachés à la ligne.

Après le tir 81, on constata que les deux conducteurs de la ligne avaient été sectionnés contre un cadre de soutènement ; les fils du détonateur étaient restés intacts et attachés aux deux bouts de conducteur.

Sur les 14 tirs de la série, nous avons à six reprises (tirs 70, 71, 72, 74, 78 et 81) retrouvé la ligne sectionnée à proximité du front.

Pour que cet incident donne lieu au rétablissement du courant, il faut d'abord que les deux fils soient coupés au même instant et ensuite, que les matériaux susceptibles de fermer le circuit présentent une conductibilité suffisante. Ces deux conditions ont certainement été réalisées lors du tir 81, tandis que l'une d'elles au moins ne l'a pas été lors des cinq autres tirs sans rétablissement.

Cinquième série (Essais 82 à 97).

14 tirs de bossement et 2 de bouchon ne comportant tous qu'une charge de dynamite n° III.

La ligne de tir est faite de deux conducteurs isolés attachés aux cadres de soutènement à 1,50 m du sol, l'un à droite, l'autre à gauche. Les connexions terminales de la ligne ne sont pas isolées, mais se trouvent à 1 m l'une de l'autre.

La mise en branle du rocher est signalée par pointe et feuille métalliques.

Pour deux tirs de bossement (87 et 95), il y eut rétablissement du courant de tir.

Voici quelques renseignements au sujet de ces deux expériences.

	Tir 87	Tir 95
— Poids d'explosif	500 g	500 g
— Épaisseur moyenne du banc	24 cm	37 cm
— Temps écoulé entre l'explosion du détonateur		
a) et la mise en branle du rocher	0,63 ms	0,69 ms
b) et le rétablissement du courant	4,00 ms	1,75 ms

Après le tir 87, on fit les constatations suivantes. Un des fils du détonateur était coupé à 15 cm de la ligature. L'autre fil avait sa gaine isolante avariée ; il était toujours attaché au conducteur de la ligne, mais celui-ci avait été sectionné contre l'avant-dernier cadre.

Pour quatre autres tirs de la série, il y a eu aussi sectionnement d'un des fils de ligne contre les cadres, mais sans qu'il y ait rétablissement du courant.

Nous n'avons pu expliquer le rétablissement du tir 95, si ce n'est par un contact entre les extrémités des fils du détonateur. L'isolant de ces fils était intact et les connexions terminales étaient, rappelons-le, distantes de 1 m. Vu le délai extrêmement bref (1,75 ms) dans lequel s'est produit ce rétablissement, nous pensons que celui-ci est le fait de coupures occasionnées par les pierres au début de leur mise en branle.

D'après l'enregistrement à l'oscillographe, les faits se sont succédé de la manière suivante :

temps	
0	Interruption du courant d'allumage par explosion du détonateur.
0,69 ms	Fermeture du circuit contrôlant la mise en branle du rocher.
1,90 ms	Ouverture de ce circuit.
1,75 ms	Rétablissement du courant dans le circuit de tir (0,86 A).
6,00 ms	Interruption de ce courant.

Sixième série (Essais 98 à 112).

15 tirs de bosseyement comportant chaque fois 2 charges d'explosif brisant (en schiste ou en grès).

La ligne est établie comme suit. Jusqu'à 5 m environ du front, les deux fils isolés type industriel sont suspendus à 1,60 m de hauteur, l'un à la paroi droite, l'autre à la paroi gauche de la galerie. Ces fils sont prolongés par du câble type boutefeu sus-

pendu au sommet des cadres jusque près du front. Ce câble est fait de 2 conducteurs composés chacun de 3 fils de cuivre. Chaque conducteur est isolé par une gaine, les deux gaines étant soudées le long d'une génératrice. Ce câble est d'usage courant en Belgique.

Le câble boutefeu est raccordé :

- aux deux fils type industriel par des connexions protégées par de la toile isolante ;
- aux fils des détonateurs par des connexions nues, écartées l'une de l'autre de 10 à 20 cm.

Pour 5 tirs, il y eut rétablissements du courant dans le circuit soit :

Tir n°	40,4 millisecondes	après explosion du détonateur	
» 104	2,71	»	»
» 106	6,50	»	»
» 109	29,9	»	»
» 110	2,07	»	»

Après le tir 109, on a retrouvé le câble boutefeu en trois tronçons.

Le tronçon terminal de 1,30 m avait été sectionné au dernier cadre de soutènement. Sur le deuxième tronçon, l'isolant était enlevé sur 2 ou 3 mm et les deux conducteurs étaient en contact.

Pour les 4 autres tirs, nous n'avons pu déterminer l'endroit où s'était produit le contact.

Les constatations faites au cours des six séries d'essais sont résumées au tableau IV.

TABLEAU IV.

N° de la série	Nombre de		Classement d'après le retard sur l'explosion du détonateur		Retards extrêmes des contacts	
	tirs	contacts	< 25 ms	> 25 ms	le plus court	le plus long
1	16	1	—	1	—	114
2	27	5	2	3	10,0	48,6
3	24	11	5	6	3,2	160,95
4	14	2	1	1	20	34
5	16	2	2	—	1,75	4
6	15	5	3	2	2,07	40,4

Les tirs ayant donné des contacts postérieurs (ou rétablissements) y sont classés d'après leur retard sur l'explosion du détonateur. Dans les troisième et quatrième colonnes figurent respectivement ceux qui ont suivi, soit à moins de 25 ms, soit à plus de 25 ms cette explosion.

En fait, les seconds ne pourraient se produire avec les explosifs dont nous disposons actuellement en Belgique.

Car si au retard d'un contact de ce genre (soit au moins 25 millisecondes), on ajoute le temps qui s'écoule depuis le début du courant d'allumage jusqu'à l'explosion du détonateur, soit 5 millisecondes environ, on obtient au moins 30 millisecondes ; or, nos explosifs coupent le courant au plus tard après 30 millisecondes.

Mais il reste les rétablissements survenus dans des délais inférieurs à 25 ms ; ils sont au nombre

de 6 pour les 45 tirs des séries 4,5 et 6 qui ont été effectués cependant avec certaines précautions (séparation des fils de tir, ligatures isolées).

4 ^e série	20 ms
5 ^e série	4 ms
»	1,75 ms
6 ^e série	2,71 ms
»	6,50 ms
»	2,07 ms

Il y a lieu de se demander si ces contacts sont réellement dangereux car, puisqu'ils suivent à très bref délai l'explosion, on peut supposer qu'ils se produisent ou dans les pierres en mouvement ou tout contre le front, en tout cas dans une atmosphère rendue inflammable par les gaz de détonation s'échappant par l'orifice du fourneau et par les fissures.

Un doute subsistait donc quant au danger de ces contacts prématurés et c'est la raison pour laquelle nous avons procédé à des essais directs d'inflammation.

Essais directs d'inflammation du grisou par les contacts postérieurs.

Ces essais ont été effectués dans un chassage en grès dur. Dans l'espace compris entre le front et une feuille de papier clouée sur un encadrement en bois à 3 ou 4 m en arrière, on introduisait du grisou pur en quantité telle que la teneur finale en méthane était comprise entre 8 et 10 %.

La ligne était établie ainsi qu'il a été dit pour les essais de la 6^e série, soit deux fils isolés type industriel placés l'un à droite, l'autre à gauche de la galerie et prolongés par un câble boutefeux (deux conducteurs sous gaines jointives).

Les connexions reliant les deux tronçons de la ligne étaient isolées ; celles des fils du détonateur ne l'étaient pas.

Chaque mine comportait une seule charge d'explosif antigrisouteux gainé, amorcée à l'avant et pourvue d'un bourrage serré d'argile de 40 cm au moins de longueur.

Dans ces conditions, s'il y avait inflammation du grisou, celle-ci ne pouvait avoir d'autre cause qu'une étincelle électrique jaillissant par le fait d'un contact consécutif à l'explosion de la charge.

Nous avons pris, comme source du courant de tir, l'alternateur utilisé lors des essais antérieurs pour la commande du tambour de l'oscillographe.

Cet alternateur d'une puissance de 1500 W fournit du courant à la tension de 140 V.

A l'origine de la ligne de tir, se trouvait inséré dans l'un des conducteurs, l'interrupteur rotatif représenté à la figure 2 et réalisé comme suit.

Un disque métallique A tournant autour d'un axe vertical porte, enchassé dans un disque D en matière isolante, un secteur métallique B qui entre

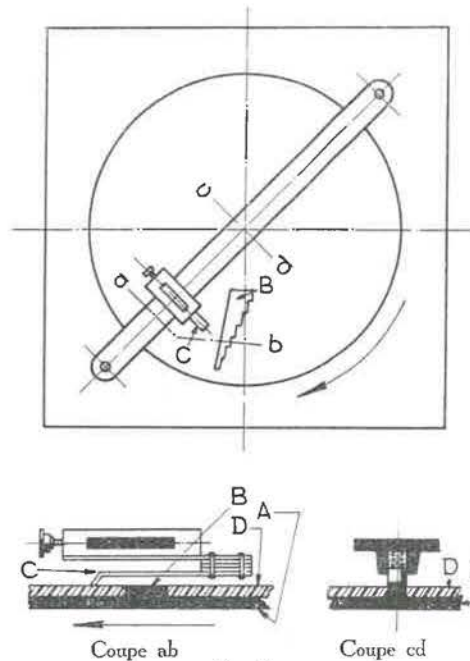


Fig. 2.

en contact avec un balai formé de deux lames élastiques couplées C.

Le secteur B est découpé en gradins de telle sorte que la durée du contact avec les lames C varie avec leur position par rapport au centre du disque.

L'installation était donc réalisée conformément au schéma de la figure 3, dans lequel on voit :

- | | |
|----------------------------------|----|
| l'alternateur | Al |
| l'ampèremètre | Am |
| la résistance réglable | R |
| l'interrupteur à bouton poussoir | P |
| l'interrupteur rotatif | Ir |

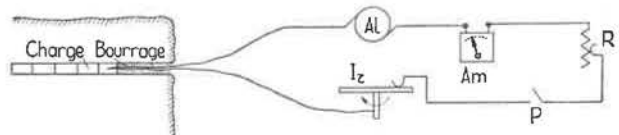


Fig. 3.

Nous avons utilisé successivement trois gradins donnant les durées de passage du courant.

- 19,4 millisecondes
- 9,8 »
- 4,9 »

71 tirs au total ont été effectués, soit :

- a) 15 tirs avec le gradin 19,4 ms ; le quinzième a causé l'inflammation du grisou ;
- b) 9 tirs avec le gradin 9,8 ms ; le neuvième a aussi causé l'inflammation ;
- c) 47 tirs avec le gradin 4,9 ms, dont aucun n'a été suivi d'inflammation.

Par la résistance réglable R, on a fait varier le courant de court-circuit, c'est-à-dire celui Iu à l'ampèremètre Am lorsque la ligne est bouclée près du front.

Ce courant était de
 0,75 A pour les tirs 1 à 6 de la série a
 2,00 A pour les tirs 7 et 8 de la série a
 6,5 A pour les tirs 9 à 15 de la série a
 6,5 A pour les tirs des séries b et c.

Après chaque tir, nous avons examiné le circuit et notamment la partie du câble boutefeux voisine du front et se trouvant dans le mélange grisouteux.

L'isolant de ce câble a été profondément carbonisé par la première inflammation, légèrement brûlé par la seconde.

Lors des tirs qui n'ont pas donné l'inflammation, nous avons relevé sur ce câble, des avaries de genres divers. Dans le tableau V, nous indiquons, pour chacune d'elles, le nombre de tirs pour lesquels elle a été observée.

TABLEAU V.

	Tirs		
	série a (19,4 ms)	série b (9,8 ms)	série c (4,9 ms)
Un conducteur coupé	1		1
Deux conducteurs coupés	1	2	12
Un conducteur mis à nu et touchant un cadre métallique			1
Ligatures des fils de détonateur en contact	1		

15 tirs ont donné lieu au sectionnement complet du câble boutefeux ; si aucun d'eux n'a été suivi d'inflammation, c'est certainement parce que l'incident s'est produit alors que la ligne de tir n'était déjà plus sous tension.

Quand aux deux tirs qui ont donné lieu à l'inflammation, nous pensons que celle-ci a été allumée par une étincelle jaillissant entre les connexions non isolées des fils du détonateur.

Il ne faudrait cependant pas croire que le fait d'isoler les connexions aurait empêché d'une manière certaine l'inflammation, car des dégradations de l'isolant sont toujours possibles.

Conclusion.

Quels que soient les soins apportés à l'isolement du circuit de tir, des contacts peuvent se produire entre les conducteurs par le fait des avaries produites par les actions mécaniques consécutives à l'explosion des charges.

Ces contacts sont sans conséquence au point de vue du risque d'inflammation du grisou, s'ils se produisent dans un délai de 4,9 millisecondes à partir du lancer du courant dans la ligne de tir.

On trouvera en annexe le relevé des explosifs agréés depuis 1953 avec un dispositif limitant la durée du débit à 4 millisecondes.

La sensibilité des détonateurs utilisés actuellement en Belgique est suffisante pour qu'une telle limitation n'entraîne pas de raté lorsque l'intensité du courant de tir est de 1 A au moins.

ANNEXE

Relevé des explosifs (4ms) agréés.

Constructeur	Type	Décision d'agrément
Shaeffler à Vienne (représenté par les Poudreries Réunies de Belgique à Bruxelles)	A.B.F.G.S.K. et A.B.F.A.S.K.	13 D/6504 du 8-12-1953
idem	D.K.M.S.K.	13 D/6503 du 9-12-1953
S.E.R.T.R.A. à Mons	3/50	4/54/113/1168 du 9-4-1954
Carl de Bochum (représenté par la Sté Belge d'Applications Electriques de La Bouverie)	B. 20 K.	4/54/115/3103 du 12-9-1955
idem	B. 50 K.	4/55/113/3991 du 21-11-1955