

Le terrain houiller dégageant généralement du grisou, le tir des mines a toujours été considéré comme une opération dangereuse dans les charbonnages.

Jusque vers 1935, l'amorçage des mines se faisait au moyen de détonateurs instantanés et le danger d'inflammation du grisou et des poussières ne pouvait provenir que de la nature des explosifs et de la qualité du bourrage. Ce danger avait été fortement réduit par l'emploi, dans les endroits critiques, d'explosifs S.G.P. (sécurité relative vis-à-vis du grisou et des poussières) gainés et par la mise en place d'un bourrage d'une longueur minima imposée par le règlement.

Depuis lors sont apparus les détonateurs à retard, très intéressants à certains égards comme nous le montrerons plus loin, mais qui ont fait naître d'autres dangers, résultant de la décapitation d'une mine par une mine voisine sautant plus tôt, et mis en évidence, au cours des dernières années, par de nombreux tirs d'essai effectués par l'Institut National des Mines, dans sa galerie de Colfontaine; les résultats de ces tirs sont consignés dans la 4^{me} livraison de juillet 1953, 1954 et 1955 des Annales des Mines de Belgique.

Pour nous rendre compte de ce phénomène de décapitation et de ses effets, considérons (fig. 1)

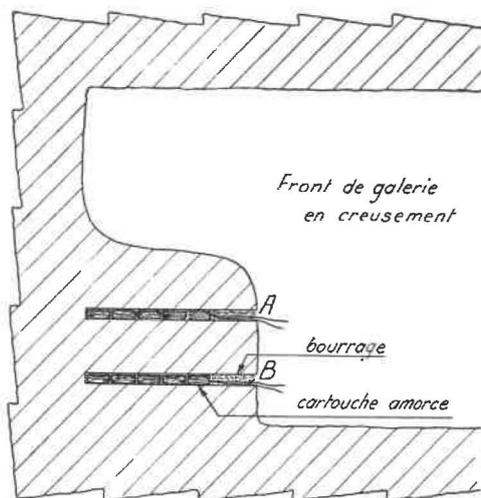


Fig. 1.

deux mines voisines A et B faisant partie d'un même circuit de tir et amorcées respectivement avec des détonateurs à retard n° 1 et n° 4. Étant donné l'hétérogénéité des roches et les cassures naturelles dont elles sont affectées, on ne peut prédéterminer qu'approximativement et empiriquement la zone d'action de chacune des mines d'un tir. Dès lors, il peut se faire que la zone d'action de la mine A, qui sautera la première et qui normalement travaillera comme indiqué à la figure 2, atteigne la mine B avant l'explosion de celle-ci et donne lieu aux incidents que représentent les figures 3 à 5, à savoir :

1^{er} cas. Figure 3 : le bourrage de la mine B est arraché et projeté et la charge explose sans bourrage.

Si l'explosif n'est pas S.G.P. gainé, (sécurité relative vis-à-vis du grisou et des poussières), il y a

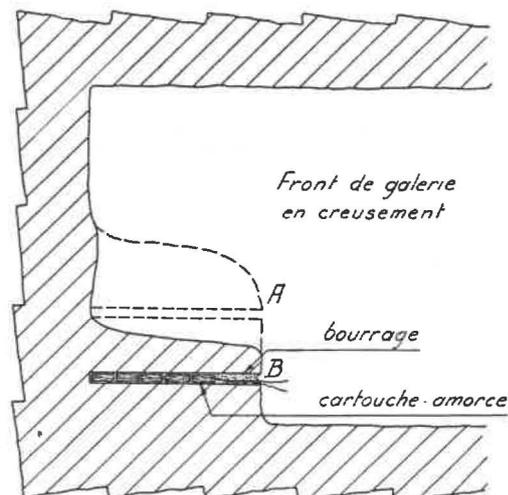


Fig. 2.

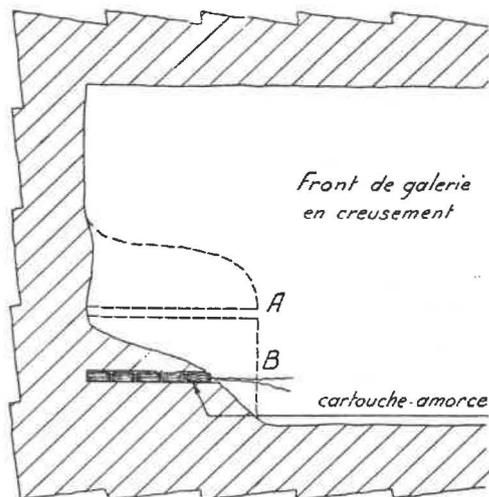


Fig. 5.

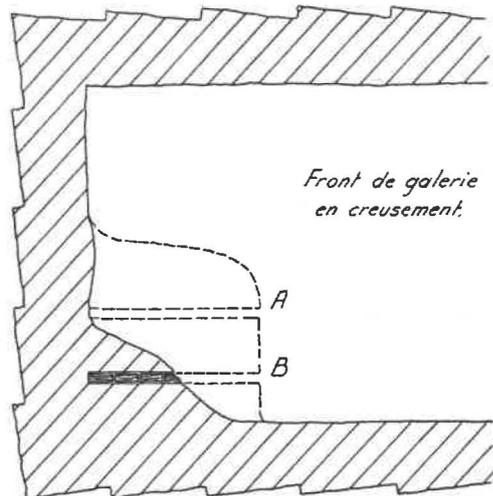


Fig. 4.

risque d'inflammation d'une atmosphère grisouteuse ou poussiéreuse à teneur explosive.

2^{me} cas, Figure 4 : le bourrage et la cartouche-amorce de la mine B sont arrachés et projetés. Dans ce cas, deux éventualités peuvent se présenter :

- a) le détonateur reste fixé dans la cartouche-amorce et celle-ci saute donc à l'air libre avec risque d'inflammation si l'explosif n'est pas S.G.P. gainé et même avec celui-ci, si sa gaine venait à être détériorée par l'arrachage ou la projection.
- b) le détonateur est séparé de la cartouche-amorce, soit par l'action des déblais sur les fils du détonateur, soit par rupture ou désagrégation de cette cartouche. Dès lors, le détonateur explose à l'air libre et il y a risque d'inflammation quel que soit l'explosif, même S.G.P. gainé.

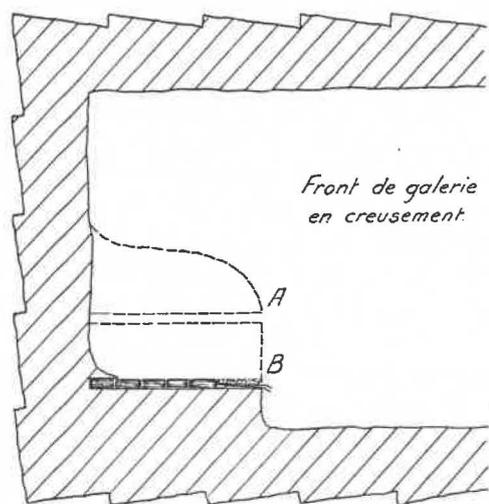


Fig. 5.

3^{me} cas, Figure 5 : le fourneau de la mine B est découvert longitudinalement, entièrement ou partiellement; toute la charge d'explosif reste en place et explose dans la rainure à l'air libre que constitue le fourneau ainsi ouvert en long. C'est ce qu'on a appelé le « tir d'angle », qui présente le plus grand risque d'inflammation.

Les détonateurs à retard sont cependant indispensables à l'économie de l'exploitation parce qu'ils permettent un avancement plus rapide et l'emploi d'une main-d'œuvre moins qualifiée pour le forage des trous de mine. De plus, s'ils présentent des inconvénients comme dit plus haut, ils offrent des avantages réels.

En effet :

- a) d'un certain point de vue, ils sont favorables à la sécurité puisqu'ils permettent de réaliser un avancement donné avec un plus petit nombre de mises à feu et, par conséquent, avec un danger général de minage moindre.

- b) la salubrité du travail est améliorée puisque les ouvriers doivent traverser moins souvent les fumées du tir.

Ce n'est toutefois que, grâce à la modernisation des techniques minières et à l'accroissement de la sécurité des tirs, que l'emploi des détonateurs à retard a pu prendre l'extension actuelle dans les mines belges. D'une part, l'élargissement général des galeries, rendu possible par le soutènement métallique, et d'autre part la concentration des exploitations ont permis une importante augmentation des débits d'air dans les chantiers et, par conséquent, une élimination meilleure du grisou au fur et à mesure de son dégagement.

La récente technique du captage du grisou a superposé ses heureux effets à ceux de l'augmentation générale de l'aérage.

Enfin, les moyens mis en œuvre pour l'abatage des poussières charbonneuses ou pour leur neutralisation (schistification) réduisent le danger de celles-ci.

Nous n'hésitons pas à dire que ces moyens (aérage, captage, dépoussiérage et schistification) sont certainement ceux qui ont le plus contribué à réduire le danger des minages et que ce danger est, de ce fait, devenu très faible actuellement.

Rappelons aussi brièvement quels furent les résultats des efforts réalisés à ce jour en vue d'obtenir l'accroissement de la sécurité des tirs vis-à-vis du grisou et des poussières inflammables, efforts que ne cessent de fournir, il convient de le souligner, les chercheurs de notre Institut National des Mines de Pâturages, ainsi que ceux des pays miniers étrangers.

1) Augmentation de la sécurité de l'explosif :

— la dynamite, explosif le plus puissant ne présente pas de sécurité, si ce n'est celle offerte par le bourrage. Elle est cependant très utile et parfois même nécessaire dans les roches très dures; le règlement limite toutefois son emploi aux ateliers, qui ne sont pas grisouteux ou qui sont normalement très faiblement grisouteux et qui ne présentent pas de risque d'inflammation de poussières.

— l'explosif S.G.P. gainé, constitué d'un noyau d'explosif S.G.P. entouré d'une gaine de matières extinctrices, n'enflamme ni le grisou, ni les poussières lorsqu'on le fait sauter dans un fourneau dépourvu de bourrage (coup débourrant), ni même lorsqu'on fait exploser la charge simplement suspendue en atmosphère libre. Dans ces deux cas, l'explosif S.G.P. gainé est de sécurité jusqu'à la charge limite de 800 grammes.

La gaine de sécurité présentait initialement une épaisseur de 3 millimètres, mais il fut démontré, voici quelques années, que la sécurité de l'explosif était mise en défaut par le « tir d'angle », incident de tir expliqué précédemment. La sécurité de l'explosif fut rétablie en portant à 5 millimètres l'épais-

seur de la gaine. L'explosif S.G.P. gainé actuel n'enflamme plus ni le grisou, ni les poussières en tir d'angle avec la charge limite fixée auparavant, soit 800 grammes.

- il existe aussi des explosifs brisants, dont la puissance et la sécurité sont intermédiaires entre celles de la dynamite et de l'explosif S.G.P. gainé,
- enfin, on dispose maintenant d'explosifs brisants à gaine rigide qui, tout en étant plus puissants que l'explosif S.G.P. gainé, sont astreints à la même épreuve d'agrément.

2) Amélioration de la sécurité de l'amorçage :

Avant-guerre, seuls les détonateurs à longs retards (intervalle d'une demi-seconde entre les départs de deux numéros consécutifs) étaient utilisés et leur emploi était autorisé uniquement dans les galeries au rocher, car, avec ces longs retards, les décapitations avaient le temps de se produire, le grisou de sortir des anfractuosités, les poussières de se mettre en suspension dans l'atmosphère, si bien que la sécurité du tir était insuffisante pour envisager leur emploi ailleurs.

Constatant que l'importance du danger était fonction de la longueur des retards, on s'est attaché à réduire celle-ci et c'est ainsi que, depuis quelques années, sont apparus les détonateurs à court-retard, dont l'intervalle de temps entre deux numéros consécutifs ne dépasse pas 30 millisecondes.

Des centaines de tirs, effectués à la galerie au rocher de Colfontaine sous la direction de M. Fripiat, Directeur de l'Institut National des Mines, ont permis de conclure que l'emploi de détonateurs à court-retard augmentait considérablement la sécurité du tir et pouvait être étendu au creusement des galeries en veine et à l'abattage du charbon, à condition toutefois que deux mines voisines soient amorcées au moyen de détonateurs dont les retards ne diffèrent pas de plus de 70 millisecondes, et que ces mines soient forées à une distance d'au moins 0,40 m l'une de l'autre. Dans le cas de la figure 1, si ces deux conditions sont observées, l'effet de la mine A, qui saute la première, n'a pas le temps de se produire sur la mine B voisine, avant l'explosion de celle-ci et les dangereux phénomènes de décapitation précités ne sont normalement plus à redouter.

Cependant, nous ne saurions trop insister sur le fait qu'en dehors de ces normes, de 70 millisecondes et 40 cm, l'emploi des détonateurs à court-retard laisse subsister le danger de décapitation.

Répétons qu'avec les détonateurs à long retard, que l'on utilise encore actuellement dans certains cas, il convient toujours de tenir compte de ces dangers de décapitation.

Il est bon aussi de rappeler qu'à l'occasion des nombreux tirs effectués à la galerie de Colfontaine de l'I.N.M., M. Fripiat a constaté que, lorsqu'il y a décapitation, il arrive que la cartouche-amorce

soit arrachée du fourneau et projetée avec les déblais; lorsqu'il en est ainsi, le détonateur, pourtant assujéti de la manière habituelle au moyen d'un nœud coulant fait avec ses fils sur la cartouche, sort souvent de celle-ci et explose à l'air libre, ce qui est de nature à provoquer l'inflammation d'une atmosphère grisouteuse.

Ce danger est signalé dans le rapport sur les travaux de l'I.N.M. paru dans la livraison de juillet 1955 (page 592) des Annales des Mines de Belgique.

3) Obligation de fermer le fourneau de mine au moyen d'un bourrage efficace :

Le nouveau règlement sur l'emploi des explosifs dans les mines vient d'augmenter la longueur minimum du bourrage qu'il porte à 40 centimètres, ce qui a pour but d'éliminer le danger des petites décapitations, qui ont ainsi plus de chance de laisser subsister une partie de ce bourrage. Jusqu'à présent, ce bourrage s'est généralement fait avec de l'argile et il faut reconnaître que, tel quel, il offre une grande sécurité vis-à-vis du grisou lorsqu'il est réalisé conformément au règlement et en l'absence d'un incident de tir tel qu'une décapitation importante ou un tir d'angle.

Malheureusement, on n'est jamais certain qu'il est bien fait et, dès qu'il est mis en place, il est impossible de contrôler la longueur de ce bourrage d'argile.

Malgré les moyens et les mesures ci-dessus, destinés à améliorer la sécurité, plusieurs inflammations de grisou, heureusement sans conséquences graves, se sont encore produites l'an dernier dans certains de nos charbonnages.

Citons notamment :

1) tir dans un bouveau totalement incombustible d'une mine à grisou de deuxième catégorie, au moyen de 12 mines chargées chacune de 800 grammes de dynamite n° 3 et amorcées de détonateurs à court-retard échelonnés du temps n° 0 au temps n° 4. Le bourrage était constitué d'argile et le terrain à front était gréseux, en l'absence de tout charbon. Après le tir, des flammes de grisou, de 0,50 m de hauteur, brûlaient sur le tas de terres.

Aucune présence de grisou n'a été constatée dans le courant d'air ni à couronne du bouveau après le tir. Cependant, des trous de sonde à front du bouveau ont, après un avancement de quelques mètres, livré du grisou.

2) dans un bouveau d'une mine à grisou de troisième catégorie, fut effectué un tir de mise à découvert d'une veinette de charbon de 0,50 m d'ouverture, au moyen de 33 mines chargées au total de 30 kg de dynamite n° 3 et amorcées de détonateurs à court-retard échelonnés en séries ininterrompues du temps n° 0 au temps n° 7. Le bourrage, particulièrement soigné, comportait, placés contre chaque

cartouche-amorce, une cartouche de sel puis un bourrage de 0,40 m d'argile.

Au retour du personnel à front, une heure après le tir, des flammes de grisou brûlaient sur les terres du minage. Seules des traces de grisou étaient décelables, au moyen de la lampe à huile, dans le courant d'air, après le tir.

3) pour couper la voie de retour d'air d'un chantier d'une mine de deuxième catégorie, après avoir déhouillé la couche, on fit un tir comportant 10 mines chargées chacune de 5 cartouches de 100 grammes d'explosif S.G.P. gainé, amorcées au moyen de détonateurs à court-retard échelonnés du n° 0 au n° 4 et bourrées à l'argile. Immédiatement après le tir, le boutefeu et son aide, qui se tenaient dans cette voie près de l'exploseur, à 60 mètres en arrière du front, furent légèrement brûlés par une flamme et renversés par un souffle violent.

Dans aucun de ces cas, la cause exacte de l'inflammation n'a pu être décelée, mais plusieurs explications peuvent être envisagées, à savoir :

1) les distances entre les fourreaux et les retards des détonateurs utilisés n'étaient peut-être pas conformes aux normes mentionnées ci-dessus; des erreurs peuvent se commettre dans ce domaine, surtout à l'occasion de tirs quelque peu importants;

2) les normes en questions pouvaient ne pas être applicables dans les galeries en cause par suite de conditions différentes dans la nature du terrain et dans la charge des trous de mines;

3) dans tous les cas signalés, les détonateurs n'étaient solidarisés à la cartouche-amorce que par le nœud coulant habituel, ce qui, comme exposé plus haut, peut ne pas être suffisant lors d'une décapitation;

4) le boutefeu a pu, par inadvertance, bourrer insuffisamment certains fourreaux. Nous avons déjà eu l'occasion de faire une telle constatation;

5) le boutefeu a pu, dans le dernier cas, commettre la faute d'enlever la gaine de sel qui entoure les cartouches afin de pouvoir introduire celle-ci dans un fourreau foré à un diamètre insuffisant, perdant de vue que, dans ces conditions, il n'y a plus de sécurité en cas de tir d'angle ou d'explosion à l'air libre.

MOYEN D'AUGMENTER LA SECURITE ET LA SALUBRITE DES TIRS

Au cours de ces dernières années, nous nous sommes efforcés de trouver le moyen d'accroître encore la sécurité des tirs, de façon à éviter au maximum les inflammations de grisou ou de poussières dont les conséquences terribles et tragiques sont toujours présentes à l'esprit des mineurs.

Nous avons également visé à améliorer la salubrité de ces tirs en réduisant la teneur en poussières et en gaz nocifs de l'atmosphère après le tir.

Les dispositifs suivants, imaginés par M. Deme- lenne, un des auteurs, ont été soumis à de nombreux essais à l'Institut National des Mines et dans des charbonnages.

1) Emploi d'un fourreau en matière plastique pour solidariser la cartouche-amorce et son détonateur.

Cette solidarisation est surtout nécessaire avec l'explosif de sécurité (S.G.P. gainé ou analogue) puisque la sécurité que procure celui-ci est réduite à néant si le détonateur vient à exploser à l'air libre. Mais, même avec les autres explosifs, dont la sécurité dépend exclusivement du bourrage, cette solidarisation peut ne pas être superflue car, si une décapitation n'enlève qu'une partie dudit bourrage, le détonateur peut être arraché de la cartouche à travers le reste de ce bourrage dont l'efficacité pourrait encore être suffisante.

Cette solidarisation est réalisée en plaçant la cartouche-amorce dans un fourreau, en matière plastique souple, fermé à une extrémité et ouvert à l'autre. A l'extrémité ouverte, le fourreau dépasse la cartouche de quelque 5 centimètres (fig. 6). La cartouche-amorce peut être placée dans ce fourreau, soit par le fabricant d'explosif, soit encore par le préposé au dépôt d'explosif du charbonnage, afin d'accélérer les opérations dans les travaux souterrains et d'éviter un oubli du boutefeu.

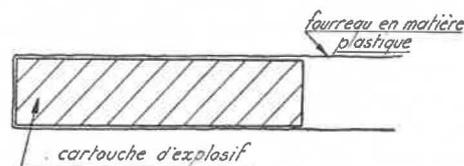


Fig. 6.

Pour amorcer la cartouche, le boutefeu procède comme d'habitude, en enfonçant le détonateur dans la cartouche, à l'extrémité ouverte du fourreau, après avoir fait un trou dans la cartouche au moyen d'une broche. Le nœud coulant avec les fils du détonateur n'est plus effectué autour de la cartouche, mais autour de l'extrémité libre du fourreau, préalablement tordue, comme l'indiquent la figure 7 et la photo 1. Cette opération est aussi aisée, sinon plus, que l'ancien nœud coulant sur la cartouche.

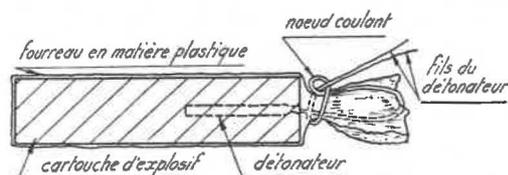


Fig. 7.

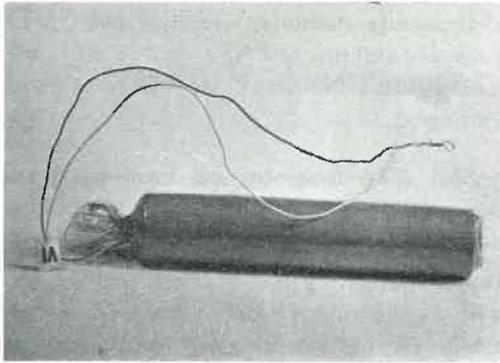


Photo 1.

Le détonateur de la cartouche-amorce se trouve ainsi mis à l'abri d'une traction sur les fils. Une telle traction se reporte, en effet, uniquement sur le fourreau qui est très résistant et les fils du détonateur cassent bien avant que ce fourreau ne subisse une détérioration quelconque.

La cartouche-amorce, dans son fourreau, est placée dans le trou de mine, comme d'habitude et conformément au nouveau Règlement, avec le détonateur du côté de l'orifice de ce trou.

L'efficacité de la solidarisation ainsi réalisée entre la cartouche-amorce et son détonateur, au moyen d'un fourreau en matière plastique, a été vérifiée par les essais suivants :

a) une charge pourvue d'une cartouche-amorce postiche (avec un inflammateur ou détonateur sans fulminate, qui ne fait pas exploser la cartouche) introduite dans ledit fourreau, fut placée dans un trou de mine foré, par rapport à d'autres, de manière à subir une décapitation. La cartouche-amorce a été retrouvée dans les déblais, entière dans son fourreau, toujours fermé par les fils du détonateur qui s'étaient cassés au-delà de la ligature.

b) il convenait également de vérifier si le fond en plastique du fourreau ne contrariait pas la transmission de l'onde explosive. De nombreux essais furent effectués tant dans les travaux souterrains qu'à l'Institut National des Mines. Ils ont montré que ledit fourreau n'a pas d'influence nuisible sur la transmission de l'onde, quelle que soit la nature de l'explosif, ce qui était prévisible, vu la faible épaisseur, de quelques dixièmes de millimètres, de la matière plastique qui le constitue. Un essai plus sévère fut effectué à l'I.N.M. où une charge d'explosif S.G.P. gainé avec cartouche-amorce de même type dans un fourreau, fut placée, non plus dans un fourreau de mine où l'onde explosive est dirigée dans un seul sens, mais dans la rainure, à l'air libre, du mortier servant aux essais de tir d'angle où l'onde se transmet moins bien parce que pouvant diffuser vers le haut. Dans ce cas, la transmission s'est également faite normalement.

Enfin, ce qui est plus concluant encore, c'est que dans des tirs de charges suspendues (où l'onde ex-

plosive peut diffuser dans tous les sens), le fourreau en plastique n'empêche pas la transmission de l'explosion à la cartouche voisine, même avec l'explosif S.G.P. gainé.

Comme nous l'avons dit plus haut, il serait utile que la cartouche-amorce soit remise au boutefeu pourvue de son fourreau, mais il serait également souhaitable, avec les explosifs S.G.P. gainés tout au moins, dont le noyau est dur, que le logement destiné à recevoir le détonateur soit fait dans la cartouche-amorce avant sa remise au boutefeu; cette opération prend du temps et est souvent faite dangereusement, le boutefeu appuyant généralement trop fort sur le détonateur pour l'enfoncer. De plus, comme le boutefeu effectue fréquemment cette opération dans de mauvaises conditions d'éclairage et à la hâte, on peut toujours craindre que le logement du détonateur soit exécuté obliquement et entame ou perce la gaine de sel de l'explosif S.G.P. gainé, réduisant ou supprimant ainsi la sécurité de celui-ci.

Comme ne l'exclut pas le nouveau Règlement sur les Explosifs et ce qui serait peut-être mieux encore, ces cartouches en fourreau pourraient être amorcées à la surface et transportées au fond sans danger puisque, une fois le fourreau ligaturé, aucune traction ne peut plus s'exercer sur le détonateur.

II) Intercalation d'eau en ampoules dans la charge d'explosif des trous de mine.

Si l'on veut obtenir un bon rendement de l'explosif, il faut que la densité de chargement des fourreaux soit la plus grande possible et, pour cela, il est recommandé que les cartouches soient poussées l'une contre l'autre jusqu'au fond du trou. Or, en agissant de la sorte, surtout avec de longs trous et de la dynamite ou un autre explosif brisant, on concentre la charge dans une faible partie du fourreau et cela peut être à la base de coups débourrants ou de décapitations, dont nous avons assez souligné les dangers.

Afin de mieux répartir la charge et d'éviter les dangers susvisés, nous avons fait, dans des charbonnages, avec des résultats satisfaisants, des tirs en bouyeaux, en intercalant des ampoules d'eau de 15 à 30 cm de longueur entre des cartouches de dynamite, comme indiqué à la figure 8.

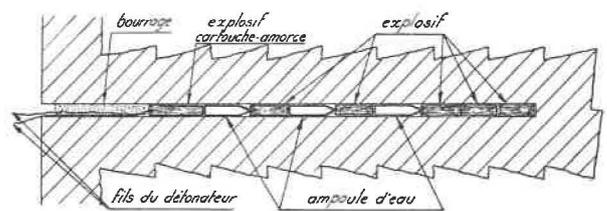


Fig. 8.

Dans tous les cas, nous avons constaté que l'onde explosive se propage parfaitement à travers l'ampoule et que le rendement des tirs n'est pas diminué.

Il est à remarquer, en outre, que l'absorption de chaleur par la vaporisation de l'eau des ampoules ne peut qu'être favorable à la sécurité et que l'on ne réduit pas la densité de chargement puisque l'eau est incompressible.

De plus, la salubrité des tirs ne peut qu'être accrue puisque l'eau mise en œuvre abattra des poussières et absorbera des gaz résultant de l'explosion.

Les ampoules en question, de diamètre approprié, sont constituées d'une matière plastique souple, de quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur.

Elles contiennent de l'eau et sont soudées à leurs extrémités, comme le montre la photo n° 2.

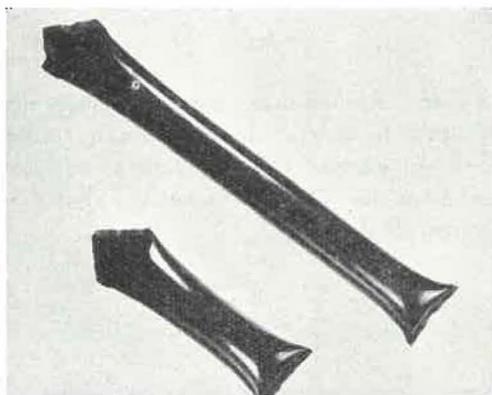


Photo 2.

Elles sont très résistantes : un homme peut passer dessus sans les faire éclater et il faut une pointe acérée pour les trous. Elles sont, en outre, faciles à transporter, à manipuler et sont introduites dans les trous de mine comme des cartouches d'explosif.

III) Tir avec cartouche-amorce de sécurité et ampoule d'eau intercalaire.

Il a également été constaté que, dans un fourneau de mine, l'onde explosive se transmet bien, à travers une ampoule d'eau de 15 à 20 cm de longueur, d'une cartouche-amorce d'explosif S.G.P. gainé à

des cartouches d'explosif brisant ou de dynamite, mais que cette transmission ne s'effectue plus lorsque toute la charge est placée dans une rainure à l'air libre (tir d'angle).

On pourrait probablement obtenir le même résultat en ménageant un vide de longueur appropriée entre la cartouche-amorce et le reste de la charge, mais il est bien connu que, dans ces conditions, on risque des déflagrations fusantes très dangereuses.

D'un autre côté, des essais faits à l'I.N.M. ont montré qu'une ampoule d'eau de 12 cm de longueur, additionnée de CaCl_2 et placée dans le mortier à la suite d'une charge de 6 cartouches de dynamite, est suffisante pour éviter l'inflammation d'une atmosphère grisouteuse à 9,5 % ou d'une atmosphère poussiéreuse à 30 % de matières volatiles.

Enfin, il a été observé que l'intercalation, entre la cartouche-amorce de sécurité et la charge de dynamite, d'une cartouche d'explosif très peu brisant, peut réaliser une protection pour la dynamite en cas d'enlèvement du bourrage mais n'empêche pas l'explosion de celle-ci en tir d'angle.

Ces constatations permettent de croire que l'on pourrait accroître considérablement la sécurité des tirs où l'on fait usage d'explosif brisant ou de dynamite, si l'on employait une cartouche-amorce S.G.P. gainée, placée dans le fourreau en matière plastique décrit plus haut, ce qui en ferait une véritable cartouche-amorce de sécurité, et si l'on intercalait, entre cette cartouche-amorce et le reste de la charge, une ampoule d'eau de 15 à 20 cm de longueur; il est à remarquer que l'ampoule d'eau intercalaire ne diminue pas la densité de chargement et que, d'après le nouveau Règlement sur les Explosifs, la charge des trous de mine peut être composite.

En effet, dans ces conditions :

- 1) Si le bourrage et la cartouche-amorce sont enlevés par décapitation, il n'y a pas d'inflammation à redouter puisque le détonateur ne peut sortir de la cartouche-amorce et que celle-ci, qui est de sécurité et reste intacte, peut sans danger sauter à l'air libre.

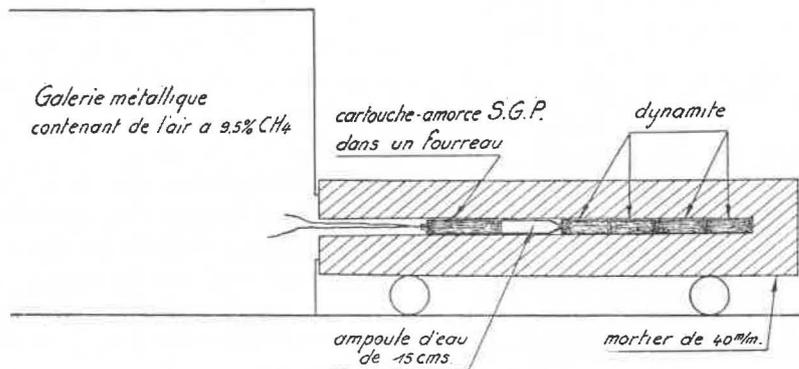


Fig. 9.

2) Si le bourrage seul est enlevé par décapitation, le tir n'enflammera pas le grisou car la cartouche-amorce est de sécurité et l'ampoule intercalaire est suffisante pour inhiber l'explosion du grisou pour le reste de la charge.

Le fait a été vérifié, à l'I.N.M., comme suit :

Dans le mortier ordinaire, on place d'abord 3 cartouches de dynamite, puis une ampoule de 15 cm, puis la cartouche-amorce S.G.P. (même sans gaine de sel) et l'on fait sauter sans bourrage, en présence d'une atmosphère à 9,5 % de grisou. Il n'y a pas d'inflammation (fig. 9).

3) Si le fourneau est ouvert longitudinalement, toute la charge restant en place (tir d'angle), seule la cartouche-amorce de sécurité explosera (ce qui est sans danger) car, si son onde explosive est suffisante pour se propager à travers l'ampoule dans un fourneau intact, elle ne l'est pas dans la rainure

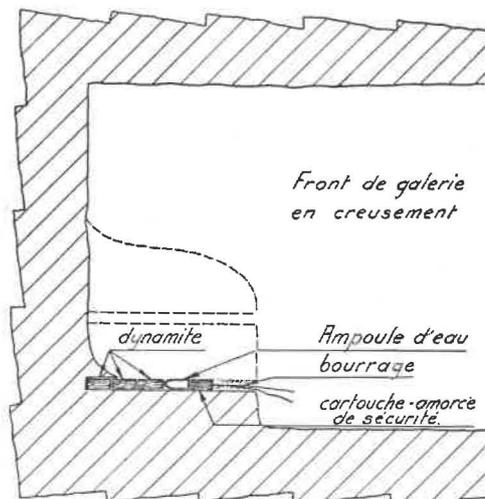


Fig. 10.

à l'air libre que constitue le fourneau ainsi ouvert en long (fig. 10).

Cela a été contrôlé :

a) à l'I.N.M.

A) comme dit ci-dessus, dans le mortier ordinaire où l'on voit que l'onde explosive de la cartouche-amorce de sécurité se transmet à la dynamite à travers l'ampoule de 15 cm.

B) dans le mortier rainuré (tir d'angle), si l'on place (fig. 11 et 12) une ampoule de 15 cm entre une cartouche-amorce (S.G.P. gainée, S.G.P. nue ou même dynamite) et des cartouches de dynamite ou autres, ces dernières ne sautent pas lors de l'explosion de la première.

b) à la galerie de Colfontaine de l'I.N.M., où deux tirs de ce genre ont été effectués comme suit :

Dans des trous de mine au rocher (fig. 13 et 14), on place de la dynamite, puis une ampoule de 15 cm, puis une cartouche-amorce de sécurité, puis un bourrage et toute la charge saute. Un de ces tirs a été fait en présence de grisou, sans inflammation.

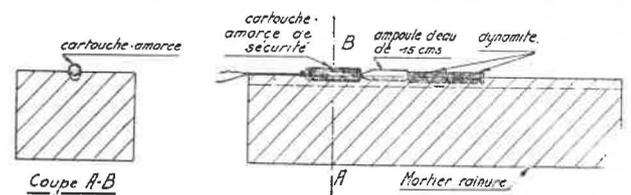


Fig. 11.

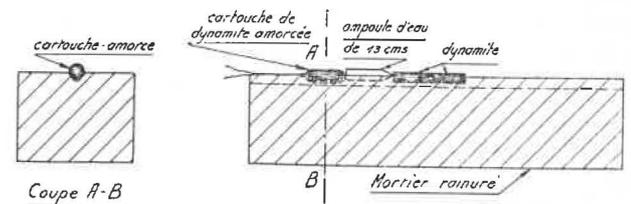


Fig. 12.

c) dans des charbonnages avec la même disposition qu'à la galerie de Colfontaine, toutes les mines ont explosé complètement et ont travaillé aussi bien que si elles avaient été chargées uniquement de dynamite.

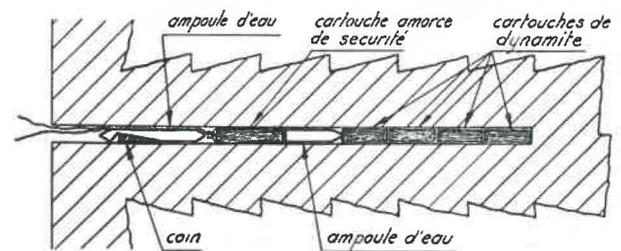


Fig. 13.

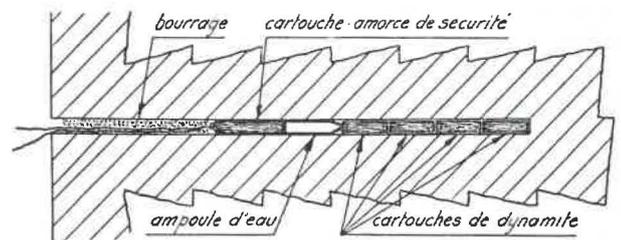


Fig. 14.

Dans certains cas, nous avons même intercalé une ampoule de 30 cm de longueur, avec des résultats satisfaisants, mais parfois cette longueur s'est révélée trop grande.

Remarques :

1) Le seul inconvénient de ce dernier mode de tir réside dans le fait que la cartouche-amorce de sécurité étant une cartouche gainée, les trous de mine doivent être, partiellement tout au moins, forés à un diamètre légèrement plus grand que si la charge comporte exclusivement de la dynamite ou de l'explosif brisant.

Mais cet inconvénient ne doit pas être bien difficile à supprimer puisque, dans les grands pays miniers voisins, l'explosif de sécurité, de brisance ana-

logue à celle de notre explosif S.G.P. gainé, est présenté en cartouches de petit diamètre et que les essais, que nous avons faits avec certaines de ces cartouches, ont confirmé les résultats mentionnés plus haut.

2) Ce dernier mode de tir doit logiquement présenter une sécurité très grande.

Cependant, il faut dire qu'il n'a pas encore été vérifié suffisamment en présence de grisou et qu'il conviendrait de le soumettre à de nouvelles épreuves.

IV) Bourrage hydraulique par ampoules en matière plastique.

Depuis longtemps, on a pensé à utiliser l'eau comme bourrage des fourneaux de mines en se disant probablement que c'est généralement avec de l'eau que l'on éteint le feu.

La vaporisation de l'eau, au contact des gaz à haute température de l'explosion, absorbe, en effet, une grande quantité de chaleur, ce qui refroidit ces gaz avant qu'ils ne passent dans l'atmosphère et les rend par conséquent moins dangereux vis-à-vis du grisou et des poussières, compte tenu du retard à l'inflammation de ceux-ci. Le calcul montre qu'avec un bourrage d'eau de 30 cm de longueur dans un fourneau comportant une charge de 500 grammes de dynamite, la vaporisation provoque une chute de la température des gaz de 1000° C.

Jusqu'à présent, cependant, ce bourrage n'a pas été généralisé parce que l'on s'est toujours heurté à des difficultés pratiquement et économiquement insurmontables pour le transporter, le manipuler et le mettre en place.

Actuellement encore, on continue à se servir de l'argile qui convenait d'ailleurs, jadis, mieux que toute autre matière, avec les explosifs déflagrants. Avec ces explosifs, en effet, le bourrage avait pour but d'opposer une résistance suffisante à l'expulsion des gaz qui se dégageaient progressivement et de permettre à ceux-ci d'atteindre une pression suffisante pour faire éclater les roches.

Avec les explosifs détonants que l'on utilise actuellement, les réactions se font presque instantanément et l'eau, qui est incompressible, doit normalement être un bourrage efficace.

La découverte des matières plastiques a permis de réaliser un bourrage pratique. Il se présente sous forme d'ampoules, comme celles décrites plus haut, mais de longueur et de diamètre appropriés. On peut ajouter, à l'eau de ces ampoules, des produits inhibiteurs de l'explosion du grisou, absorbant des gaz du tir ou encore des produits tensioactifs favorisant l'abattage des poussières.

Comme le montre la photo 3 qui les représente, ces ampoules peuvent être pourvues, à l'extrémité tournée vers l'orifice du trou, de spots ou marques lumineuses qui permettent de contrôler, même à distance, leur présence dans les fourneaux. Ces am-

poules s'introduisent dans les fourneaux de la même façon et avec autant de facilité et de rapidité que les cartouches d'explosif.

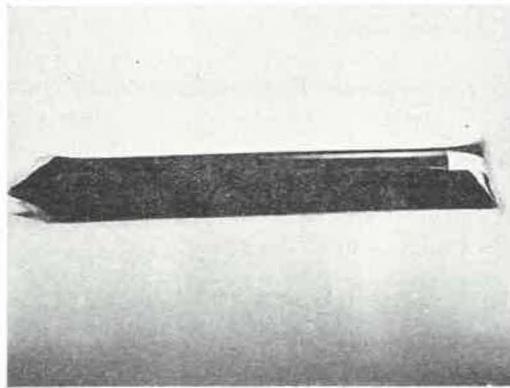


Photo 3.

Nous donnons ci-dessous les essais les plus caractéristiques auxquels nous nous sommes livrés avec ce bourrage hydraulique en ampoules :

1) à l'I.N.M.

a) Le mortier ordinaire (essai classique) a été rempli d'une charge de 6 cartouches de dynamite devant laquelle fut placée une ampoule de 12 cm de longueur. La charge, tirée en atmosphère grisouteuse à 9,5 %, ne donne pas lieu à inflammation du grisou (fig. 15).

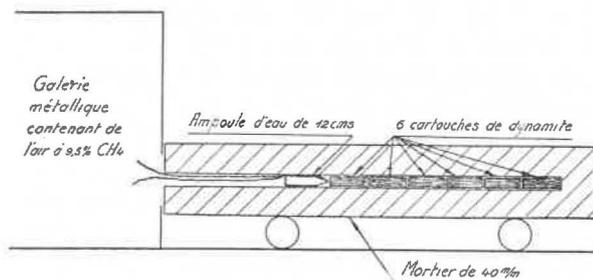


Fig. 15.

b) pour une charge de 400 grammes de dynamite, une ampoule de 8 cm de longueur est suffisante pour éviter l'inflammation du grisou.

c) l'essai suivant, exceptionnellement sévère (fig. 16), a été réalisé au moyen d'un mortier corrodé dont l'orifice et le trou présentaient un diamètre d'en-

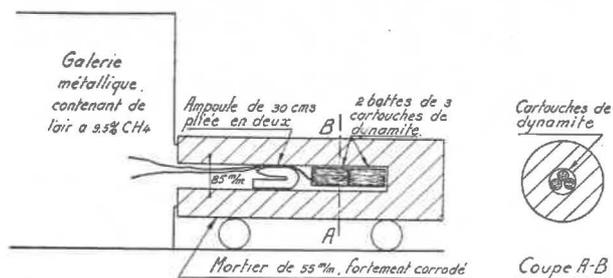


Fig 16.

viron 85 mm : 2 bottes de 3 cartouches de 100 g de dynamite n° 3 ont été posées l'une contre l'autre. Devant cette charge fut placée une ampoule d'eau de 30 cm de longueur. Cette ampoule a suffi à empêcher l'inflammation de l'atmosphère à 9,5 % de grisou. Aucun autre type de bourrage n'empêcherait, à notre connaissance, l'inflammation dans ces conditions.

d) dans les mêmes conditions que ci-dessus (fig. 17) une ampoule d'eau de 20 cm de longueur, placée devant une botte de 3 cartouches de dynamite, a empêché l'inflammation du grisou.

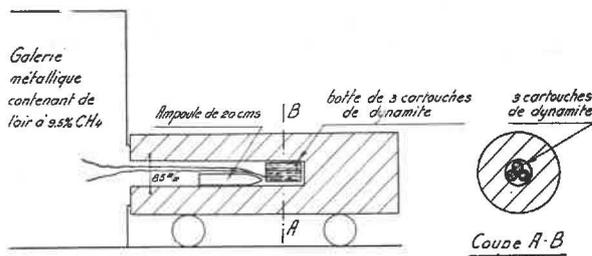


Fig. 17.

2) dans la galerie au rocher de Colfontaine, les essais de l'Institut National des Mines ont d'abord montré la grande efficacité de ce bourrage avec des détonateurs instantanés, puis en ont révélé un défaut lorsqu'on fait usage de détonateurs à retards assez différents. Dans ce dernier cas, l'action des déblais projetés ou de la succion résultant de l'explosion des mines sautant les premières peut extraire l'ampoule, la cartouche-amorce et même une partie de la charge du fourneau.

Nous avons toutefois rapidement constaté que l'on peut pallier ce danger en calant l'ampoule dans le fourneau. Ce calage peut être obtenu au moyen d'un petit coin en bois (ignifugé) ou en béton ou en une autre matière dure que l'on pousse dans le trou avec le bourroir et qui s'insère facilement entre la paroi du fourneau et l'ampoule. Ce mode de calage est indiqué à la figure 18.

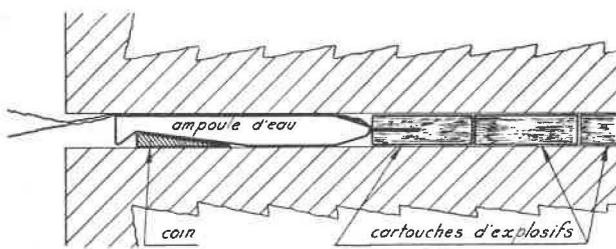


Fig. 18.

L'ampoule étant en matière plastique souple, le coin, une fois placé, ne peut se dérober et le calage ne fait que s'accroître sous un effort venant de l'intérieur du fourneau.

Tous les bourrages préfabriqués doivent être calés, mais s'ils sont en matière dure, ils peuvent plus facilement se décaler sous l'effet d'une secousse ou de l'ébranlement des terrains.

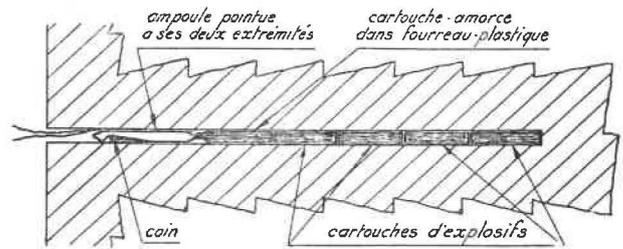


Fig. 19.

Afin de permettre la pose convenable et rapide du coin de calage, il est préférable que l'ampoule se termine en pointe à ses deux extrémités comme le montrent la figure 19 et la photo 4.

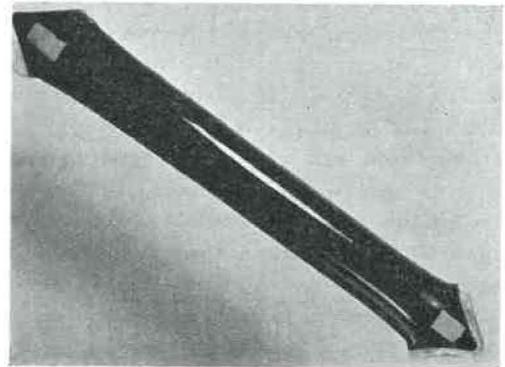


Photo 4.

3) dans les travaux souterrains des charbonnages, nous avons procédé à de nombreux essais qui ont montré l'efficacité du bourrage hydraulique avec ou sans calage au moyen de coins, tant dans les travaux au rocher que dans le coupage des voies.

Dans tous les cas, de l'avis du personnel intéressé aux tirs (ingénieurs, porions, boute-feux, bouveleurs, bosseyeurs), le rendement des mines, bourrées au moyen d'ampoules, est généralement équivalent à celui que l'on obtient en bourrant à l'argile comme d'habitude.

Le calage avec coins en bois a été essayé à l'I.N.M. deux fois en présence de grisou, sans inconvénient. Dans de nombreux autres tirs, nous avons constaté que les petits débris de bois que l'on retrouve parfois ne portent aucune trace de combustion. Néanmoins, il est à conseiller d'employer des coins en bois ignifugé ou en matière incombustible.

AVANTAGES DU BOURRAGE HYDRAULIQUE

Le bourrage hydraulique en ampoules, décrit ci-dessus, présente en outre les avantages suivants :

1) Débouillage rapide et sans danger en cas de raté.

Par son article 12, l'ancien Règlement sur les explosifs (A.R. du 24-4-1920, modifié par l'A.R. du 18-9-1939) interdisait strictement de débouiller une mine non sautée.

Par son article 13, le nouveau Règlement (A.R. du 12-9-1955) formule la même interdiction.

Ces prescriptions sont nécessaires en cas de bourrage à l'argile ou au sable, car on conçoit aisément que l'enlèvement d'un tel bourrage ne puisse se faire sans danger. Dès lors, il faut forer de nouvelles mines dans le voisinage de la mine ratée, ce qui présente encore un certain danger si l'on ne connaît pas bien la direction de celle-ci.

Après avoir fait sauter ces nouvelles mines, dont le but est de dégager la mine ratée, il faut enlever les déblais contenant le détonateur et la charge non explosés, ce qui n'est pas non plus sans danger.

En outre, ces opérations entravent toujours sérieusement l'avancement.

Toutefois, le nouveau règlement prévoit, dans ce même article 13, que d'autres mesures pourront, moyennant approbation préalable du Directeur Divisionnaire du bassin minier, être prises en vue de l'enlèvement ou de la mise à feu d'une mine ratée. Avec le bourrage hydraulique, et la cartouche-amorce dans un fourreau, le débouillage peut se faire rapidement et sans danger. En effet, il suffit de crever l'ampoule avec un objet approprié, par exemple une tige (en laiton) de 6 mm de diamètre et de longueur voulue dont l'extrémité, recourbée sur 1 cm de longueur, est pointue comme indiqué à la figure 20.

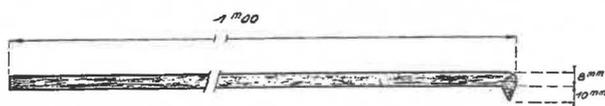


Fig. 20.

L'ampoule se vide immédiatement et on la retire aisément, avec son coin qui ne serre plus, au moyen de la tige précitée. On retire ensuite la cartouche-amorce en tirant sur les fils du détonateur; cette traction est sans danger puisqu'elle s'exerce à l'endroit de la ligature, sur le fourreau contenant la cartouche et non sur le détonateur proprement dit.

Après cette opération de débouillage, qui ne prend que quelques secondes, on remplace le détonateur défectueux, puis l'on remet en place la cartouche-amorce et une nouvelle ampoule et l'on est prêt, à nouveau, pour une mise à feu.

2) Certitude que le bourrage a la longueur réglementaire.

Une fois exécuté, le bourrage à l'argile ou au sable ne peut généralement plus être vérifié au point

de vue de sa longueur. Il nous est arrivé de constater que des mines étaient bourrées, de façon illusoire, par quelques centimètres d'argile fermant simplement l'orifice du trou.

Cette négligence n'est plus possible si l'on utilise des ampoules puisque la longueur de celles-ci ne peut être modifiée.

Lorsque le bourrage à l'argile est fait réglementairement, il peut cependant, lors de petites décapitations, présenter une certaine supériorité sur les bourrages préfabriqués. Dans ce cas, en effet, une partie de l'argile peut rester en place et assurer encore une protection suffisante, alors qu'un bourrage préfabriqué, tel qu'une ampoule, peut être extrait d'une seule pièce; le danger, résultant de ce fait fort aléatoire d'ailleurs, peut toutefois être neutralisé par l'emploi des moyens repris, ci-dessus, en I (cartouche-amorce dans un fourreau) avec les explosifs S.G.P. gainés et en III (cartouche-amorce de sécurité et ampoule intercalaire) avec les autres explosifs.

3) Possibilité de contrôler la pose d'un bourrage de longueur réglementaire.

Comme dit ci-dessus, il est généralement impossible de contrôler, après exécution, la longueur d'un bourrage d'argile ou de sable.

Grâce à des marques lumineuses faites à une extrémité des ampoules, il est facile de contrôler rapidement et avec certitude la présence d'un bourrage complet dans les fourneaux. Il suffit de braquer une lampe sur le front et, même à distance, les

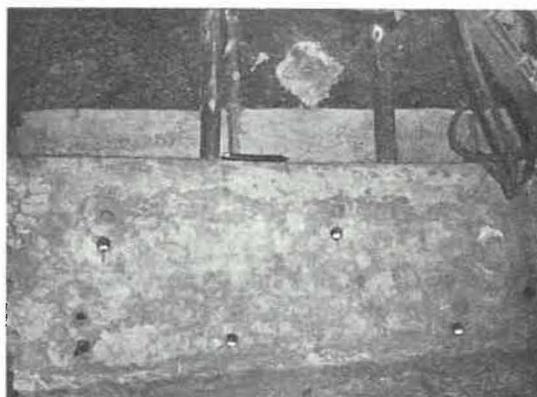


Photo 5.

points lumineux apparaissent distinctement, comme le montre la photo 5 sur laquelle on repère immédiatement les 4 mines avec ampoule de bourrage.

4) Abattage d'une partie des poussières.

Il est difficile de mesurer exactement la teneur en poussières dans l'atmosphère après le tir.

Toutefois, il est certain que l'eau du bourrage se vaporise et se pulvérise au moment du tir et que ce

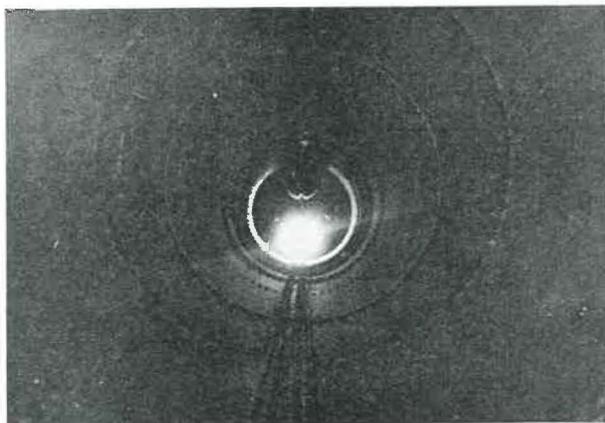


Photo 6. — La galerie avant l'explosion.



Photo 7. — Tir de Flammivore VBis sans ampoule.
Photo prise 2' après l'explosion.



Photo 8. — Tir de Flammivore VBis avec ampoule.
Photo prise 2' après l'explosion.



Photo 9. — Tir de Flammivore VBis sans ampoule.
Photo prise 5' après l'explosion.



Photo 10. — Tir de Flammivore VBis avec ampoule.
Photo prise 5' après l'explosion.

nuage de vapeur et de gouttelettes, en s'abattant, entraîne une partie des poussières en suspension dans l'atmosphère.

Pour essayer de se rendre compte de l'effet anti-poussière de ce bourrage hydraulique, les photos n^{os} 6, 7, 8, 9 et 10 ont été prises, dans la galerie métallique de la S.A. d'Arendonk, après l'explosion d'une cartouche de 100 g d'explosif entourée d'une gaine de 180 g de poussières de charbon.

Une lampe était suspendue derrière le mortier situé à une extrémité de la galerie, tandis que la photo était prise à partir de l'autre extrémité de cette galerie.

5) Neutralisation d'une partie des gaz de l'explosion.

Ici encore, il est difficile de faire des mesures précises. Mais il est permis de croire qu'une partie des gaz solubles sont absorbés par l'eau du bourrage.

L'addition, à l'eau de bourrage, de produits oxydants doit également permettre de rendre certains gaz solubles et de les éliminer à leur tour, tels, par exemple, les N₂O et N.O. qui sont les plus nocifs et les plus irritants.

En tout cas, des boute-feux, qui ont employé les ampoules de bourrage à de nombreuses reprises, nous ont déclaré que les fumées du tir les incommodaient beaucoup moins et ne piquaient plus à la gorge.

Nous avons plusieurs fois fait personnellement la même constatation.

6) Rapidité d'exécution.

Comme dit plus haut, l'ampoule de bourrage et le coin de calage sont introduits dans le fourneau, l'un après l'autre, comme 2 cartouches supplémentaires, sans aucune préparation, ce qui ne prend que quelques secondes.

Afin de chiffrer l'économie de travail résultant de l'emploi des ampoules de bourrage, nous avons procédé à des chronométrages pour des tirs de bosseyement.

Les résultats moyens peuvent se résumer comme suit :

Pour exécuter un bourrage de 40 cm dans un fourneau de 40 mm de diamètre, il faut :

Soit une économie de $280 - 40 = 240$ secondes ou 4 minutes de travail d'un ouvrier, par trou de mine.

Mais l'économie principale provient, à notre avis, bien plus de ce que, le tir étant plus rapide et plus sain, les ouvriers qui en dépendent (boute-feux, bosseyeurs, chargeurs, etc...) sont astreints à des temps morts de plus courte durée.

**PRECAUTIONS A PRENDRE
AVEC LE BOURRAGE HYDRAULIQUE
EN AMPOULES**

I) Au point de vue de la sécurité vis-à-vis du grisou et des poussières.

1) avec des détonateurs instantanés : comme l'ont montré les tirs effectués, en présence de grisou et des poussières, à l'I.N.M. tant dans le mortier que dans la galerie de Collfontaine, ce bourrage présente, dans ce cas, une très grande sécurité, sans qu'aucune précaution soit à prendre.

2) avec des détonateurs à retard, il faut prendre les précautions suivantes :

a) La cartouche-amorce doit être telle que le détonateur ne puisse sortir de la cartouche. La cartouche-amorce, placée dans un fourreau en matière plastique souple, répond à cette exigence, mais l'assujettissement habituel du détonateur, au moyen d'un nœud coulant, fait avec ses fils sur la cartouche, est insuffisant.

b) L'ampoule doit être bien calée dans le trou de mine, soit au moyen d'un coin, soit de toute autre manière efficace, ce qui est d'ailleurs nécessaire pour tous les bourrages préfabriqués.

II) Au point de vue mécanique, l'efficacité du bourrage hydraulique en ampoules est d'autant plus grande que l'explosif est plus brisant et que les trous de mines ont, comme c'est le cas en roches, un diamètre régulier peu différent de celui des ampoules et des cartouches.

En charbon, où les trous de mines sont souvent ovalisés et où l'on utilise généralement l'explosif S.G.P. gainé, qui est peu brisant, l'efficacité de ce bourrage hydraulique est normalement plus faible que celle d'un bon bourrage d'argile de même longueur. Cela ne présente pas grand inconvénient et peut même être favorable à la granulométrie si les tirs ne visent qu'à l'abattage du charbon. Par contre, dans les couches à dégagements instantanés, où ces tirs doivent ébranler le charbon le plus violemment

<i>avec de l'argile</i>	<i>avec une ampoule et coin de calage</i>
1) préparation des carottes d'argile, par un ouvrier 180 "	1) aucune préparation
2) mise en place de l'argile par le boute-feu et son aide $2 \times 50 =$ 100 "	2) mise en place par le boute-feu et son aide $2 \times 20 =$ 40 "
Total : 280 "	40 "

possible, il faut un bourrage renforcé, de la plus grande efficacité.

Nous avons analysé certains dangers des tirs de mines ainsi que des mesures susceptibles d'y parer.

Nous pensons qu'en attirant l'attention sur ces dangers, nous aurons contribué à les faire mieux connaître, ce qui est la première condition à réaliser en vue de les prévenir.

Nous espérons que cette étude pourra être utile à d'autres chercheurs dont l'idéal est d'assurer une sécurité et une salubrité toujours plus grandes à l'ouvrier mineur.

Nous comptons bien, de notre côté, poursuivre nos expériences, en collaboration avec M. Fripiat, Administrateur-Directeur de l'I.N.M., dont les conseils éclairés nous ont été précieux. Nous le remercions vivement ainsi que ses agents qui ne nous ont pas ménagé leur dévouement.

On trouvera, ci-après, la copie d'une note de M. Fripiat sur les essais qui ont été effectués, jusqu'à présent, à l'I.N.M. et auxquels il a été fait allusion plus haut.

Nous remercions également, pour l'aide qu'elle nous a procurée, la S.A. Arendonk, qui a la licence de fabrication des dispositifs brevetés que nous avons décrits ci-dessus.