

importance suffisante pour être susceptible d'exploitation (cf. DRAPIEZ, 1823, p. 54; DUMONT, 1832, p. 194; CHÈVREMONT, 1833, p. 102; BOUHY, 1846, p. 227; MALHERBE, 1873a, p. 31; CORNET, 1873, p. 227; MOURLON, 1880, p. 124; DUFRANE-DEMANET, 1898, p. 16; FOURMARIER ET RENIER, 1903, p. 1187, 1906, p. 520; LESPINEUX, 1910; DELMER, 1913, p. 328; *contra* G. LAMBERT, 1904). Les données les plus importantes sur sa répartition ont été fournies par M. Karapétian (1912a).

(A suivre).

Ministère de l'Industrie et du Travail

ADMINISTRATION DES MINES

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

Siège d'expériences de Frameries

Étude sur les Explosifs S. G. P.

ASPECT DES FLAMMES

AU

TIR AU MORTIER

PAR

Emmanuel LEMAIRE

Ingénieur Principal au Corps des Mines,
Attaché au Service des Accidents miniers et du grisou
(Siège d'expériences à Frameries)
Professeur à l'Université de Louvain.

INTRODUCTION (1).

Bien qu'il ne s'agisse, dans cette « étude », ou plutôt, dans cette partie d'étude, que de recherches préalables, encore incomplètes, nous croyons qu'il s'y trouve dès à présent assez d'éléments utiles pour que la publication en soit justifiée.

Nous l'avons dit et répété maintes fois : le problème des explosifs de sûreté est des plus complexes; mais, s'il y a

(1) Par V. WATTEYNE, Inspecteur général des Mines, Chef du Service des accidents miniers et du grisou.

lieu, d'une part, quand on n'envisage qu'un des éléments du dit problème, de se défier de conclusions trop promptes et trop catégoriques qui peuvent induire en erreur et conduire à des agissements qui compromettraient, au lieu de la sauvegarder, la sécurité des ouvriers mineurs, il importe, au contraire, de ne rien négliger pour jeter quelque lumière nouvelle sur la question.

Parmi les manifestations du phénomène de la détonation des explosifs, un rang de première importance est tenu par les manifestations lumineuses.

Ces manifestations ont déjà fait l'objet de très intéressantes recherches par divers expérimentateurs (Bichel et Mettegang, Hess, Will, Taffanel, etc.). Notre collaborateur, M. l'Ingénieur principal Emmanuel Lemaire, a entrepris de les surprendre sous un autre aspect en plaçant l'appareil photographique vis-à-vis du fourneau dans la galerie d'essais.

On verra, par ce qui va suivre et par l'examen attentif des photographies obtenues, que cette façon d'opérer permet des constatations intéressantes.

Nous les livrons à la publicité, estimant qu'elles constituent une collaboration utile à l'étude de ce grand problème d'intérêt international, de la sécurité dans l'emploi des explosifs, dont la solution complète aurait pour conséquence la conservation de nombreuses vies humaines.

Ce n'est pas trop, pour chercher cette solution si désirable, de toutes les bonnes volontés, non seulement de ceux qui s'adonnent spécialement à ces recherches dans divers pays miniers, mais aussi des exploitants eux-mêmes qui pourraient, comme le suggère M. Lemaire dans ses conclusions, faire dans leurs travaux, dans les opérations de la pratique, d'utiles constatations.

On remarquera que, parmi les explosifs essayés, il en est qui, bien que placés sur la liste des explosifs S. G. P.,

c'est-à-dire de ceux auxquels les essais ont fait reconnaître un haut degré de sûreté vis-à-vis du grisou et des poussières, donnent lieu à des manifestations lumineuses inquiétantes. Ce sont des échantillons que les essais de contrôle ont fait reconnaître comme étant défectueux.

Ces essais de contrôle, qu'il convient de multiplier, devraient, s'ils donnaient fréquemment de ces mécomptes, entraîner non seulement la réduction de la charge-limite, mais même la radiation de certains explosifs de la liste des S. G. P.

La sécurité des mines est à ce prix.

Cette liste n'est d'ailleurs pas adoptée *ne varietur*; elle pourrait même être révisée très largement si nos expériences, poussées plus loin, nous amenaient à faire une sélection nouvelle, plus rigoureuse que les précédentes.

Disons toutefois que, jusqu'ici, il n'y a pas encore eu, dans la pratique, de mécompte véritable, vu qu'aucune inflammation de grisou ou de poussières n'a encore eu lieu, dans les mines belges, du fait de l'emploi des explosifs S. G. P.

Il n'en est pas moins vrai que le danger, si réduit qu'il puisse être, subsiste toujours; aussi, importe-t-il non seulement de rester en éveil sur la bonne fabrication des explosifs (les essais de contrôle sont faits dans ce but), mais aussi de rechercher les moyens de parer aux imperfections inévitables, en employant des procédés de tir qui superposent d'autres précautions à la précaution fondamentale de l'emploi des explosifs de sûreté.

C'est dans cet ordre d'idées que nous avons introduit le procédé du *bourrage extérieur*, d'emploi aisé et économique, et que nous étudions la *schistification extérieure*, qui est aussi susceptible, croyons-nous, de recevoir une application pratique.

Bruxelles, décembre 1913.

V. WATTEYNE.

I. — Préambule

La détermination du degré de sûreté des explosifs au moyen de charges tirées au mortier d'acier sans bourrage, dans des atmosphères chargées de grisou ou de poussières de charbon, a mis en évidence les faits suivants :

1° Tous les explosifs quels qu'ils soient, présentent un certain degré de sûreté qui peut être faible pour certains d'entre eux et très notable pour d'autres.

La charge-limite de sûreté peut varier de quelques grammes à 900 grammes et plus.

En augmentant convenablement la charge, on peut arriver à allumer le grisou et les poussières de charbon avec tous les explosifs ;

2° En général, la charge-limite de sûreté varie avec la section de la galerie dans laquelle on la détermine. Elle augmente avec la section de la galerie, mais pas proportionnellement à celle-ci (1) ;

3° Pour certains explosifs la charge-limite varie avec la densité de chargement dans un sens ou dans l'autre ;

4° Pour certains explosifs la charge-limite varie avec le diamètre du mortier dans lequel on la détermine (2) ;

5° Certains explosifs allument plus facilement le grisou que les poussières de charbon et réciproquement.

En vue de rechercher une orientation dans la discussion des causes de ces variations, nous avons eu recours à la

(1) WATTEYNE et BOLLE. — Expér. sur les variations des charges-limites des explosifs suivant les sections des galeries. *Annales des Mines de Belgique*, t. XVI (1911).

(2) *Op. cit.* et WATTEYNE et STASSART. Communication au Congrès de chimie appliquée à Rome en 1906.

photographie pour nous rendre compte de ce qui se passe dans la galerie d'essais quand on tire des charges au mortier d'acier.

Nous reproduisons dans la présente note la première série de photographies obtenues, c'est-à-dire la série relative aux recherches préalables.

Ces photographies ont été prises dans la galerie de 2 mètres carrés de section en plaçant l'appareil face au canon à 10 mètres de celui-ci. Les flammes sont donc représentées en projection sur un plan vertical perpendiculaire à l'axe du mortier.

Pour tous les essais, l'appareil photographique a été placé à la même distance de l'axe du mortier, de manière à obtenir toutes les photographies à la même échelle.

Les charges d'explosif ont été tirées dans un canon de 55 millimètres de diamètre.

Un certain nombre d'essais ont été faits en plaçant le canon au centre d'un tube en tôle de 1 mètre carré de section de manière à pouvoir se rendre compte de l'influence que pouvait avoir la réduction de la section de la galerie.

II. — Examen général des photographies.

L'examen des photographies montre que la plupart des explosifs expérimentés donnent une *flamme centrale* brillante, environnée, immédiatement ou non, d'*autres flammes* plus ou moins lumineuses continues ou discontinues. Certaines photographies ne montrent qu'une flamme centrale plus ou moins développée; d'autres laissent apercevoir nettement l'orifice du canon. Dans certaines conditions de tir, un des explosifs expérimentés n'a guère donné de flamme centrale.

Flammes centrales (première et deuxième phases).

Dans certaines photographies, l'orifice du fourneau se

détache en noir au milieu de la flamme centrale. La région la plus incandescente ne correspond donc pas toujours au point occupé par les cartouches, fait qui a déjà été observé en faisant détoner des cartouches à air libre.

D'autre part, en regardant face au canon, la flamme qui s'échappe de celui-ci, on observe parfois qu'elle est rougeâtre au centre et c'est pour ce motif qu'elle n'impressionne pas toujours la plaque photographique.

D'autre part encore, les mesures de durée de flammes d'explosions ont toujours donné une durée supérieure à celle qui correspond à la propagation de l'onde explosive dans les cartouches.

On peut déduire de ces constatations que les réactions qui se font à l'intérieur du canon avec la vitesse de l'onde explosive sont généralement incomplètes et qu'elles s'achèvent à l'extérieur du fourneau en produisant la flamme centrale brillante observée.

Il semble donc que dans une explosion, il y ait lieu de distinguer *deux phases* et même *trois phases* comme nous le verrons plus loin.

Une première phase correspond à des réactions incomplètes qui se font avec la vitesse de l'onde explosive.

Une deuxième phase correspond à des réactions qui se passent dans les gaz sortant du mortier, sans intervention nécessaire de l'oxygène de l'air.

De l'importance et de la durée de ces réactions de deuxième phase dépendraient principalement la grandeur et la durée de la flamme centrale observée à l'extérieur du fourneau.

Flammes de troisième phase. — Au delà de la flamme centrale et parfois séparées de celle-ci par des intervalles obscurs, on observe souvent d'autres flammes dans la production desquelles il ne paraît pas douteux que l'oxygène de l'air intervienne. C'est à la production de ces flammes

que correspond la troisième phase envisagée ci-dessus dans la détonation des explosifs tirés au mortier d'acier.

Parmi ces flammes de troisième phase, une catégorie spécialement intéressante comprend celles qui se manifestent au contact de la paroi de la galerie d'essai. Sur un grand nombre de photographies ces flammes sont nettement séparées de la flamme centrale par une bande obscure. Les photographies 34, 39, 41, 46 en donnent de bons exemples.

Immédiatement au delà de la flamme centrale, les gaz de l'explosion peuvent renfermer encore des gaz combustibles, mais être trop pauvres en oxygène ou mêlés à trop de produits de combustion pour être encore susceptibles de brûler sans intervention de l'oxygène de l'air. S'ils sont encore chauds quand leur mélange avec l'air devient suffisant, ils peuvent se rallumer à une distance plus ou moins grande de la flamme centrale.

Dans la galerie d'essai, la paroi inférieure, qui est la plus rapprochée de l'axe du canon, joue un rôle important dans la production des flammes de troisième phase. Les gaz projetés sont arrêtés par cette paroi et se réchauffent en perdant leur force vive; s'ils sont alors suffisamment mêlés à l'oxygène de l'air et renferment des gaz combustibles, ils peuvent se rallumer alors qu'ils ne le feraient pas s'ils ne rencontraient pas une paroi aussi rapprochée. Il ne semble pas que l'incandescence qui se manifeste dans beaucoup de cas au voisinage de la paroi en question, soit due à un phénomène de compression, car la galerie n'est pas en état de résister à la pression que cette incandescence supposerait.

L'examen des photographies montre que parmi les flammes de troisième phase, il existe des flammes peu développées qui ont parfois une forme circulaire parfaite, et dont le centre est moins éclairé que la périphérie.

Il est intéressant de rapprocher de ces constatations l'expérience suivante de Schloesing et Demonplaisir sur l'inflammation des mélanges détonants à la limite d'inflammabilité :

« Dans une grande cloche ouverte à sa partie inférieure on fait arriver par un tube vertical un courant d'air qu'on peut additionner à volonté d'une certaine quantité d'hydrogène. Une succession d'étincelles électriques allume ce mélange à la sortie du tube, mais elles ne réussissent pas à produire une flamme. Il se forme une série de bulles enflammées tout-à-fait isolées, qui sont entraînées par le courant d'air et volent dans la cloche. »

Il est probable que les flammes de troisième phase localisées que l'on aperçoit sur la plupart des photographies, sont dues à des inflammations qui se produisent dans les gaz de l'explosion pendant leur mélange avec l'air. Ces inflammations se produisent vraisemblablement quand le mélange atteint en certains points la limite supérieure d'inflammabilité ou s'approche de cette limite.

Il ne semble même pas indispensable que le mélange atteigne en certains points la limite supérieure d'inflammabilité ou s'approche de celle-ci pour que des flammes localisées puissent se produire. Les mélanges d'air et de grisou, par exemple, brûlent au contact d'une source de chaleur en donnant une flamme appréciable, sans que l'inflammation se propage, quand ils sont éloignés des limites d'inflammabilité. L'auréole du grisou dans les lampes de sûreté se produit dans ces conditions. Il suffit donc d'admettre que la chaleur soit inégalement répartie dans le mélange de l'air avec les produits de l'explosion pour expliquer qu'en certains points plus chauds il se puisse produire des flammes, même si le mélange est éloigné des limites d'inflammabilité.

Certaines flammes de troisième phase peuvent être

causées également par la détonation de parcelles d'explosif lancées hors du canon. Il semble qu'on puisse rattacher plus spécialement à cette dernière cause les points brillants que l'on observe sur certaines photographies. Les filaments incandescents qui se montrent sur certaines photographies correspondent peut-être aux trajectoires suivies par des parcelles solides en combustion et qui deviennent plus lumineuses à une certaine distance du fourneau grâce à l'intervention de l'oxygène de l'air.

III. — Examen des flammes produites par divers explosifs.

Colinite antigrisouteuse

(Photographies 1 à 11.)

Cet explosif appartient à la classe des carbonites. Sa composition, identique à celle de la Kohlencarbonite, est la suivante :

Nitroglycérine	25
Nitrate de potassium	34
Nitrate de Baryum	1
Farine de blé	38.5
Farine d'écorce	1
Carbonate de Sodium	0.5
	100.0

Dans la section de 2 mètres carrés, cet explosif tiré au mortier d'acier en disposant les cartouches en une, deux ou trois files, ne donne qu'une flamme centrale avec parfois quelques rares flammes de troisième phase, de forme circulaire.

Dans la section de 1 mètre carré, les flammes de troisième phase sont plus nombreuses, même pour les faibles charges. La photographie n° 9 montre une réinflammation en masse, bien caractérisée, des gaz de l'explosion, pour une charge de 6 cartouches disposées en deux files.

Les gaz de l'explosion de la Colinite renferment une proportion considérable de gaz combustibles. Immédiatement au delà de la flamme centrale, ces gaz sont vraisemblablement trop pauvres en oxygène pour pouvoir brûler.

En grande section, les gaz, pouvant se détendre librement suivant le diamètre, sont vraisemblablement trop froids pour s'enflammer à nouveau quand leur mélange avec l'air devient convenable. C'est ce qui permettrait d'expliquer l'absence presque complète de flammes de troisième phase en grande section.

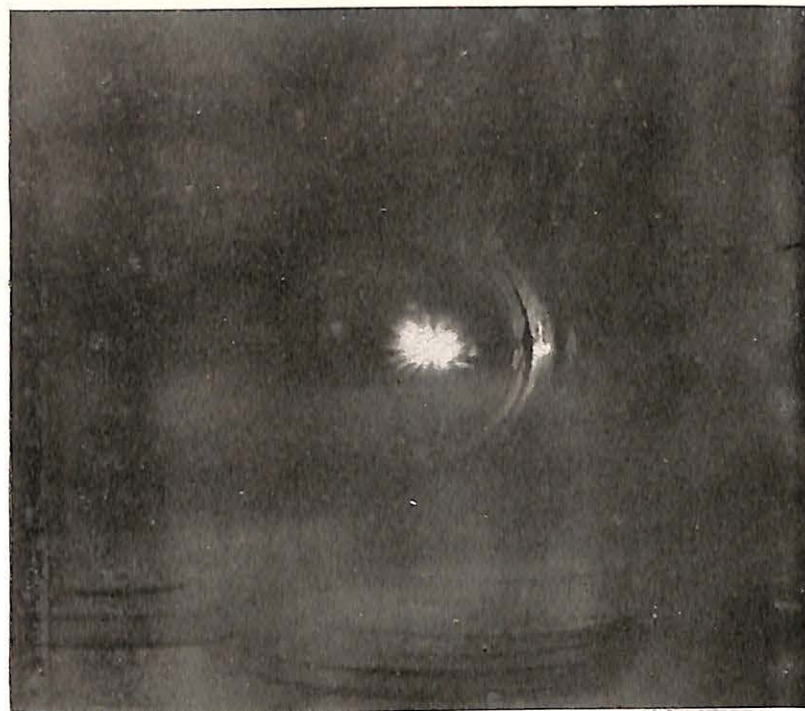
En section réduite, les gaz de l'explosion se refroidissent plus difficilement, car la réduction de la section contrarie leur expansion suivant le diamètre; en outre les gaz chauds frappent les parois ou frottent contre celles-ci alors qu'ils ont encore une grande partie de la force vive qui les animaient à la sortie du canon. Une grande partie de cette force vive est donc transformée en chaleur. On conçoit que dans ces conditions le danger de réinflammation des gaz de l'explosion soit plus grand.

Dans la section de 2 mètres carrés, la charge-limite de la Colinite antigrisouteuse, en présence du grisou ou des poussières de charbon, est de plus de 900 grammes.

Il résulte d'autre part des expériences de M. l'Ingénieur principal des Mines Bolle que dans la section de 1 mètre carré, la charge-limite de la Kohlencarbonite, qui a la même composition que la Colinite, tombe à 250 grammes en présence des poussières de charbon, quand les cartouches sont disposées en deux files, et à 450 grammes quand les cartouches sont disposées en trois files. Cette charge-limite en présence du grisou tombe à 850 grammes quand les cartouches sont disposées en deux files et à 800 grammes quand elles sont disposées en trois files (1).

En moyenne section cet explosif allume donc plus facilement les poussières de charbon que le grisou.

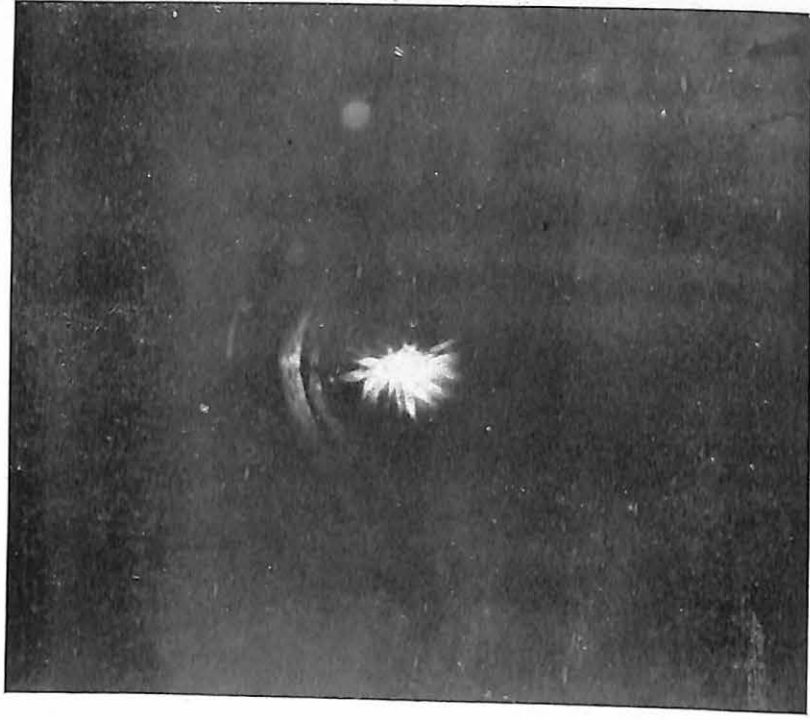
(1) Voir Expériences sur les variations des charges limites des explosifs suivant les sections des galeries, *loc. cit.*



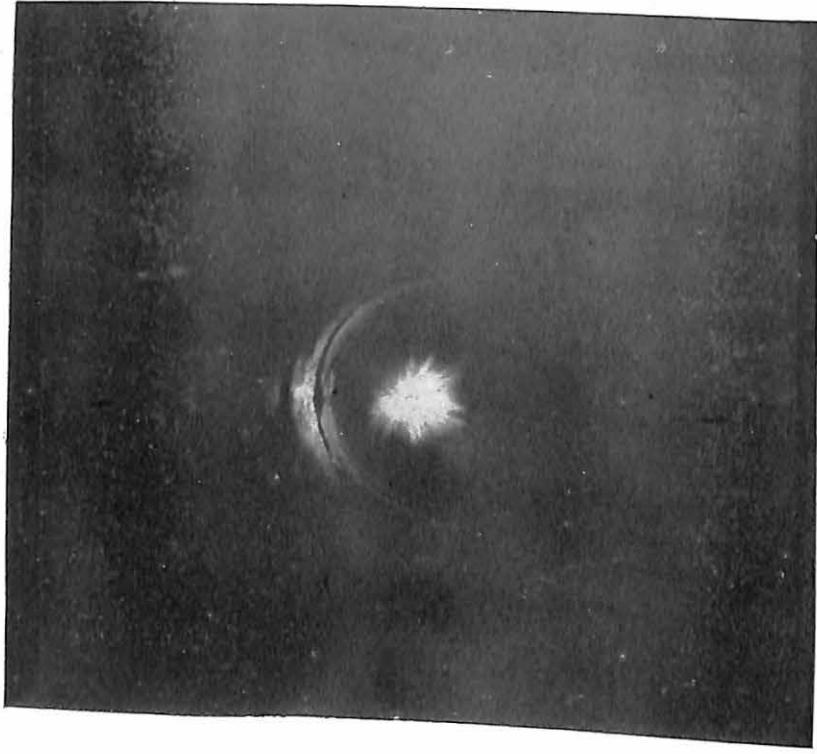
Phot. 2. — Colinite antigrisouteuse.
200 grammes. — 2 cartouches en deux files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 1. — Colinite antigrisouteuse.
200 grammes. — 2 cartouches en une file. — Section de 2 mètres carrés.



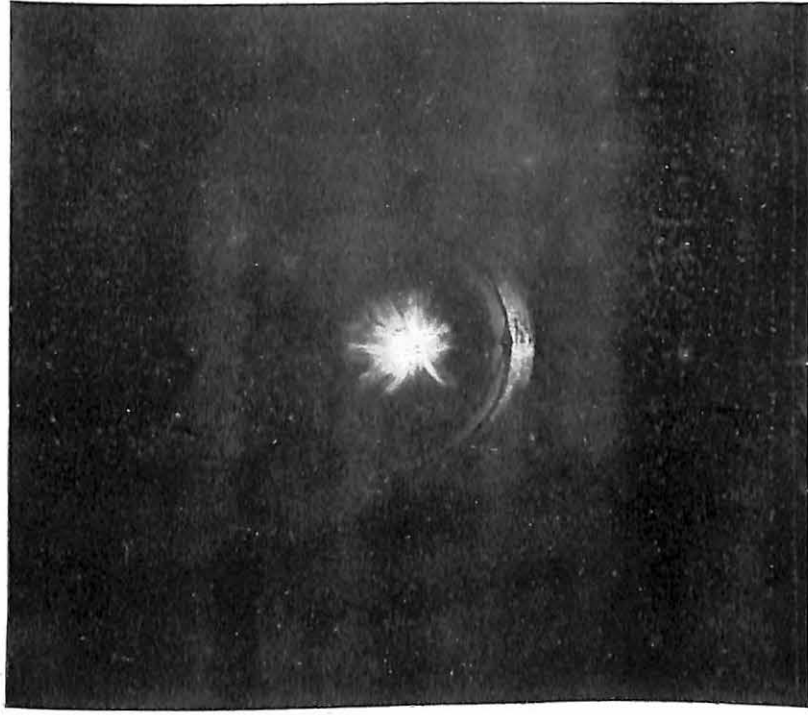
Phot. 3. — **Colinite antigrisoutense.**
600 grammes. — 6 cartouches en deux files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 4. — **Colinite antigrisoutense**
300 grammes. — 3 cartouches en trois files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 6. — **Colinite antigrisoutense.**
100 grammes. — 1 cartouche. — Section de 1 mètre carré.



Phot. 5. — **Colinite antigrisoutense.**
600 grammes. — 6 cartouches en trois files. — Section de 2 mètres carrés.

Phot. 7. — *Colinite antigrisoutense*.
200 grammes. — 2 cartouches en deux files. — Section de 1 mètre carré.

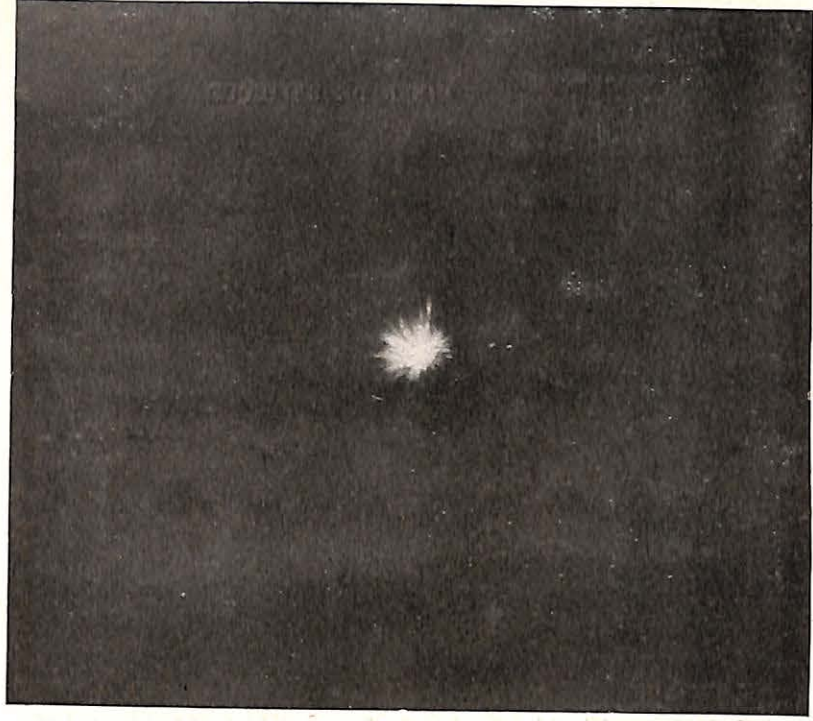


Phot. 8. — *Colinite antigrisoutense*.
400 grammes. — 4 cartouches en 2 files. — Section de 1 mètre carré.



Phot. 10. — *Colinite antigrisoutense*.

300 grammes. — 3 cartouches en trois files. — Section de 1 mètre carré.



Phot. 9. — *Colinite antigrisoutense*.

600 grammes. — 6 cartouches en deux files — Section de 1 mètre carré.





Phot. 11. — Colinite antigrisouteuse.
600 grammes. — 6 cartouches en trois files. Section de 1 mètre carré.

Explosif A.

(Photographies 12 à 26.)

Cet explosif, qui figure sur la liste officielle des explosifs S. G. P., appartient à la classe des explosifs au nitrate d'ammoniaque avec addition de dérivés nitrés de la série aromatique.

Les cartouches dont les flammes ont été photographiées proviennent d'échantillons défectueux qui ont accusé une réduction importante de la charge limite officielle.

Ces échantillons ont allumé nettement le grisou et les poussières de charbon pour des charges de 400 grammes.

Sur quatre essais effectués à la charge de 300 grammes, un seul a donné lieu à une inflammation du grisou.

Un essai effectué à la charge de 300 grammes en présence des poussières de charbon n'a pas allumé celles-ci.

L'examen des photographies montre que cet explosif donne une flamme centrale et des flammes de troisième phase dont les unes sont continues sur d'assez grands espaces et les autres très dispersées. On remarque de nombreuses flammes de forme circulaire parfaite ainsi que des points et filaments brillants.

A partir de la charge de 300 grammes et même déjà sur une des photographies de charges de 200 grammes, une flamme bien accusée apparaît contre la partie inférieure de la paroi de la galerie et se marque plus ou moins sur le reste de la paroi. Cette flamme a par place une intensité lumineuse comparable à celle de la flamme centrale.

D'une manière générale, le diamètre de la flamme centrale augmente avec la charge. Il en est de même de l'importance et de l'intensité lumineuse des flammes de troisième phase. Dans la section de 1 mètre carré, l'intensité lumineuse de la flamme centrale paraît augmenter et il semble y avoir moins de flammes de troisième phase.

Les photographies 25 et 26, qui se rapportent toutes deux à des charges de 600 grammes de l'explosif en question, ont été prises le même jour, l'une dans une atmosphère contenant sa proportion normale d'oxygène, l'autre dans une atmosphère dont la teneur en oxygène avait été ramenée à 9.5 % par une addition convenable de grisou.

On constate beaucoup moins de flammes de troisième phase sur cette dernière photographie, ce qui semble indiquer que l'oxygène de l'air intervient dans leur production alors qu'il ne semble pas avoir d'influence sur la production de la flamme centrale.



Phot. 12. — Explosif A. — 1 cartouche — Section de 2 mètres carrés.
100 grammes.



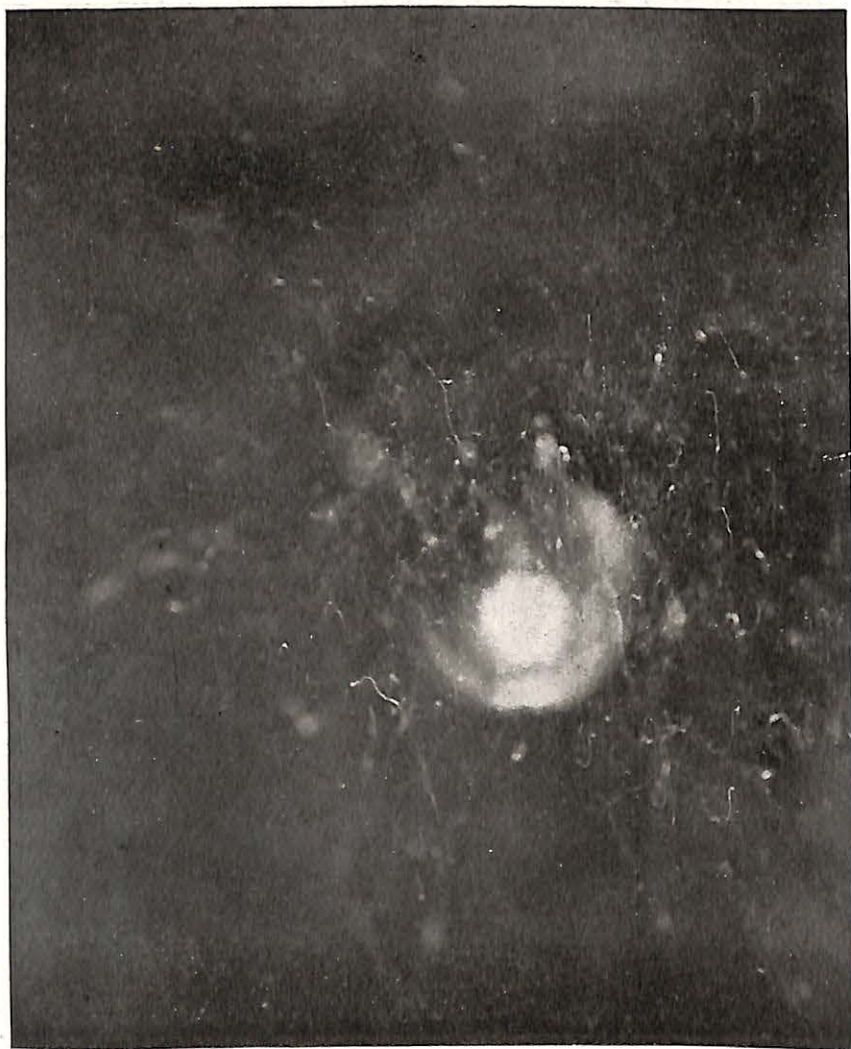
Phot. 13. — Explosif A. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.
200 grammes.



Phot. 14. — Explosif A.
200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 15. — Explosif A.
200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 16. — Explosif A.
300 grammes, — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés



Phot. 17. — Explosif A.
300 grammes, — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



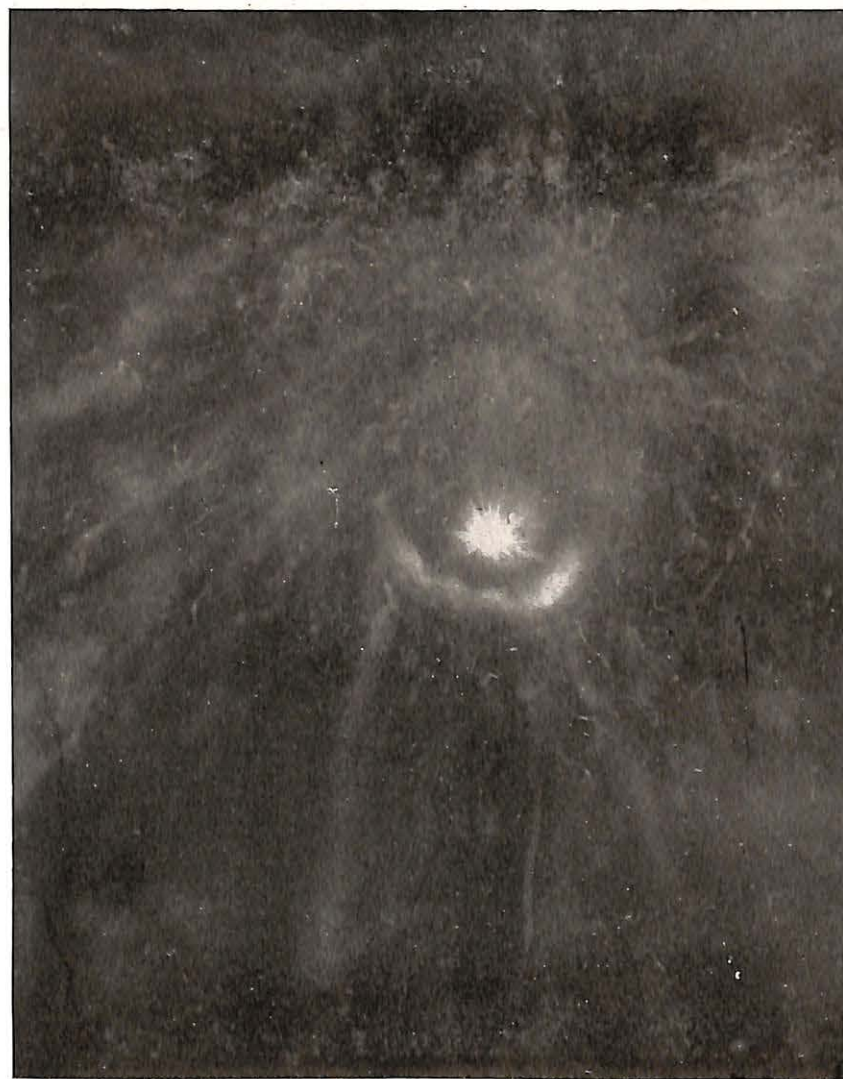
Phot. 18. — Explosif A.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés



Phot. 19. — Explosif A.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 20. — Explosif A.
400 grammes. — 4 cartouches. 3 + 1. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 21. — Explosif A.
500 grammes. — 5 cartouches 3 + 2. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 22. — Explosif A.
600 grammes. — 6 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



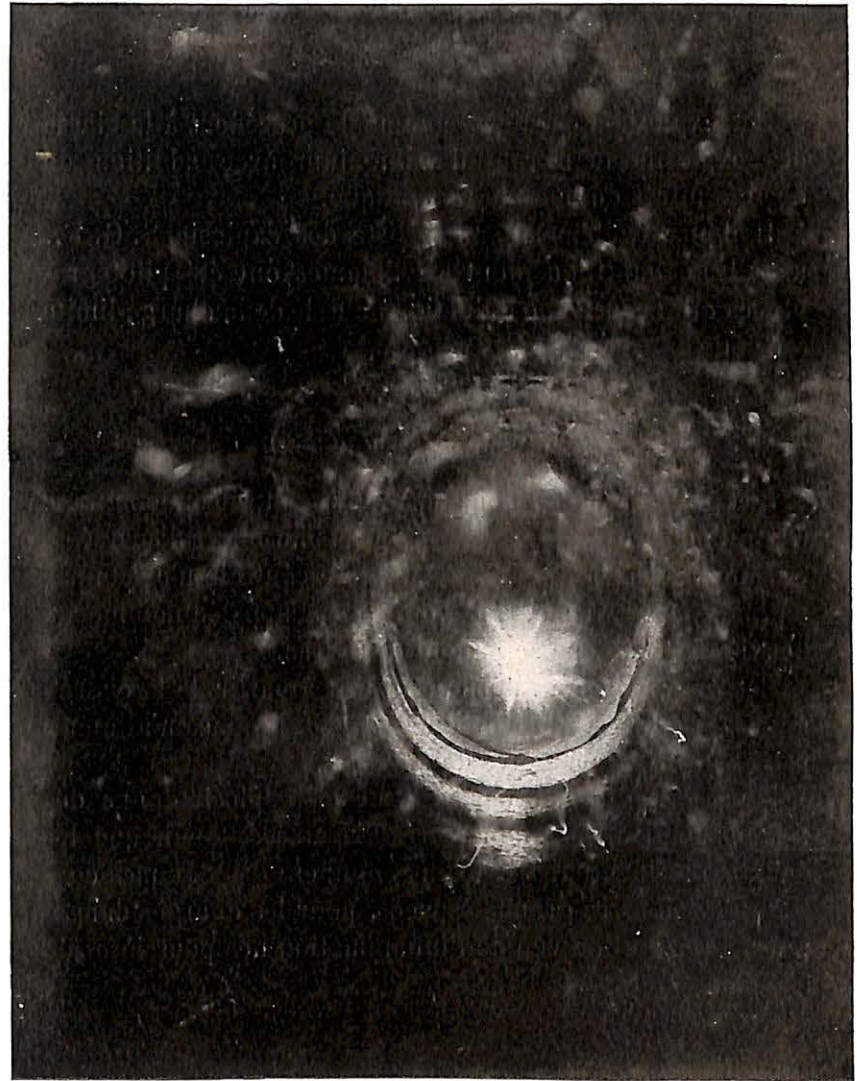
Phot. 23. — Explosif A.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 1 mètre carré.



Phot. 24. — Explosif A.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1. — Section de 1 mètre carré.



Phot. 25. — Explosif A.
600 grammes. — 6 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés
Atmosphère à 9.5 % d'oxygène.



phot. 26. — Explosif A.
600 grammes. — 6 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés

Explosif B.*(Photographies 27 à 34.)*

Cet explosif appartient comme le précédent à la classe des explosifs au nitrate d'ammonium avec addition de dérivés nitrés de la série aromatique.

Il figure également sur la liste des explosifs S. G. P., mais les échantillons dont les flammes ont été photographiées ont accusé une réduction notable de la charge-limite officielle.

*Echantillon N° 1.**(Photographies 27 à 29.)*

Les photographies montrent le plus souvent une flamme centrale et des flammes de troisième phase très dispersées. Sur une des photographies, la flamme centrale n'existe pas ou guère. La flamme, que nous avons appelée flamme de deuxième phase, ne se produit donc pas.

Cet échantillon a allumé le grisou à partir de la charge de 300 grammes, alors qu'une de 800 grammes n'allumait pas encore les poussières de charbon.

Nous ferons remarquer ici que cet explosif donne des flammes de troisième phase très dispersées, tandis que les deux explosifs étudiés ci-dessus, donnent des flammes continues sur d'assez grands espaces, pour les charges dangereuses au point de vue de l'inflammation des poussières de charbon.



Phot. 27. — Explosif B. — Echantillon n° 1.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 28. — Explosif B. — Echantillon n° 1.
500 grammes. — 5 cartouches 3 + 2. — Section de 2 mètres carrés



Phot. 29. — Explosif B. — Echantillon n° 1.
300 grammes. — 3 cartouches en une file. — Section de 2 mètres carrés

*Echantillon n° 2**(Photographies 30 à 34)*

Cet échantillon diffère beaucoup du précédent au point de vue des flammes de l'explosion.

Les photographies obtenues montrent qu'un explosif peut donner des flammes très différentes suivant que les cartouches sont disposées en une, deux ou trois files.

Quand les cartouches sont placées en une file (photographies 30 et 31), une flamme de troisième phase continue, très développée et très lumineuse, prend naissance dans le voisinage immédiat de la flamme centrale. Cette flamme se sépare par place de la flamme centrale quand les cartouches sont disposées en deux ou trois files.

Une charge de 300 grammes en trois cartouches disposées en trois files, a allumé le grisou; une charge de 200 grammes en deux cartouches en deux files n'a pas enflammé ce gaz; une charge de 400 grammes en quatre cartouches en une file a également allumé le grisou.

L'échantillon ne comprenant qu'un petit nombre de cartouches n'a pas permis de faire d'essais d'inflammation de poussières de charbon.

Certaines photographies montrent l'influence du voisinage de la partie inférieure de la paroi de la galerie sur la production des flammes de troisième phase.



Phot. 30. — Explosif B. — Echantillon n° 2.
100 grammes. — 1 cartouche. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 31. — Explosif B. — Echantillon n° 2.
400 grammes. — 4 cartouches en une file. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 34. — Explosif B. — Echantillon no 2.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 32. — Explosif B. — Echantillon no 2.
200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 33. — Explosif B. — Echantillon no 2.
200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.

Explosif C.*(Photographies 35 à 39)*

C'est également un explosif au nitrate d'ammonium renfermant un dérivé nitré de la série aromatique.

Les échantillons qui ont servi aux photographies de flammes avaient accusé une réduction notable de la charge-limite officielle.

Echantillon n° 1

La photographie 35 représente la flamme produite par l'explosion d'une cartouche de 100 grammes. Cette charge n'allume pas le grisou. On remarque une flamme centrale et une flamme continue de troisième phase.

Les photographies 36 et 37 correspondent à des charges de 300 et de 400 grammes qui allument nettement le grisou.

La flamme de troisième phase est continue et très développée ; elle occupe la presque totalité de la section de la galerie.

Echantillon n° 2

La photographie 38 correspond à une charge de 300 grammes qui n'allume pas le grisou. Les flammes de troisième phase sont plus dispersées que dans les photographies précédentes ; la photographie 39 représente la flamme d'une charge de 600 grammes qui enflamme le grisou. Cette photographie est spécialement intéressante au point de vue de l'influence du voisinage de la paroi de la galerie sur la production des flammes de troisième phase.



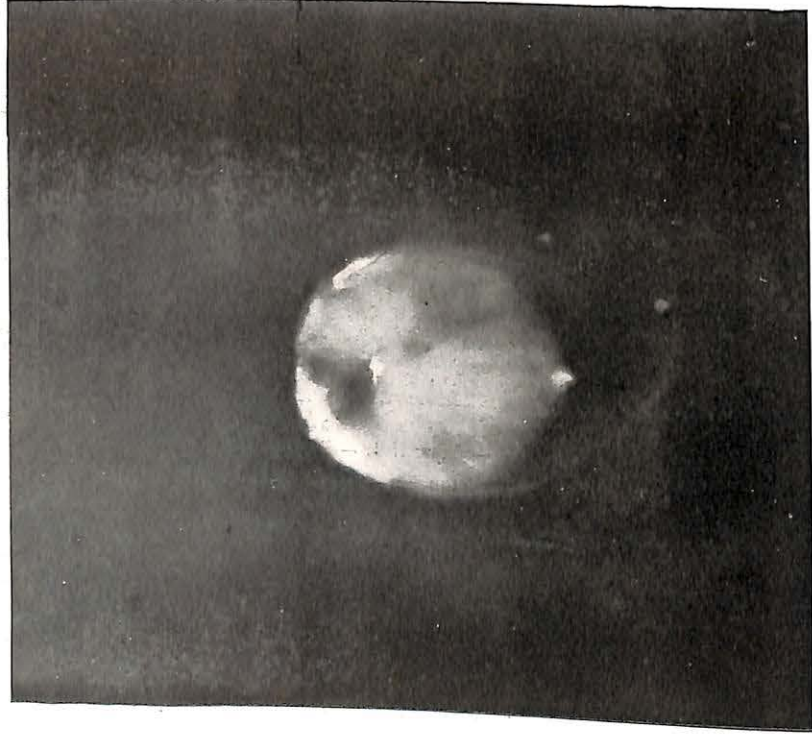
Phot. 35. — Explosif C. — Echantillon n° 1.

100 grammes. — 1 cartouche. — Section de 2 mètres carrés.

Phot. 36. — Explosif C. — Echantillon no 1.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés



Phot. 37. — Explosif C. — Echantillon n 1.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1 — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 39. — Explosif C. — Echantillon no 2.

600 grammes. — 6 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 38. — Explosif C. — Echantillon no 2.

300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Explosifs D.*Photographies 40 à 44.*

C'est un explosif au perchlorate d'ammoniaque.

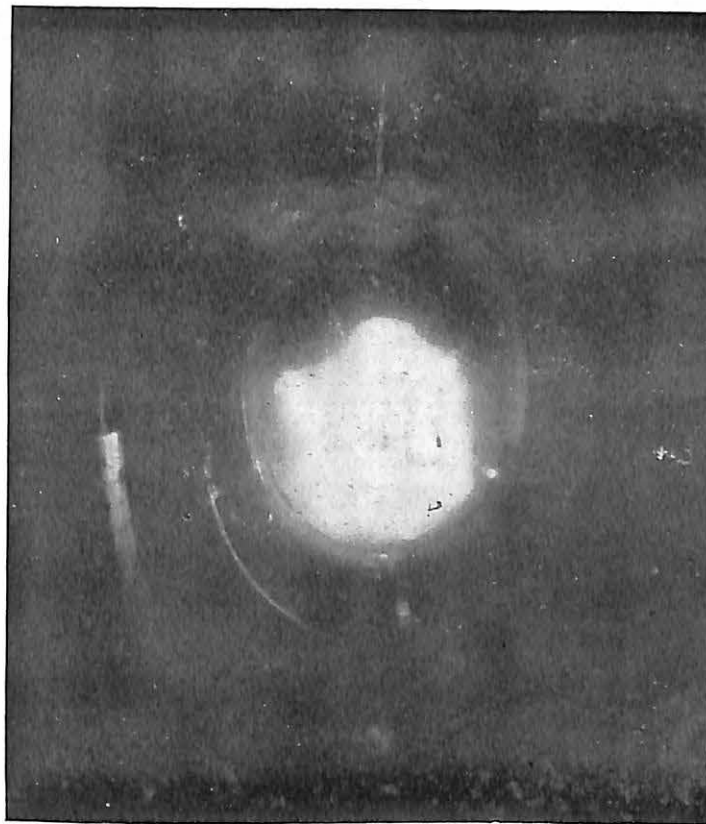
La photographie n° 40, correspond à une charge de 100 grammes en une cartouche. Cette charge n'allume ni le grisou, ni les poussières de charbon, ce qui est remarquable étant donnée la grandeur et l'intensité lumineuse de la flamme.

La photographie n° 41, montre la flamme d'une charge de 200 grammes en deux cartouches disposées en une seule file. On remarque des flammes de troisième phase de forme circulaire parfaite et une réinflammation bien caractérisée des gaz de l'explosion dans le voisinage de la partie inférieure de la paroi de la galerie. L'orifice du fourneau est visible au milieu de la flamme centrale. Cette charge de 200 grammes a allumé le grisou et les poussières de charbon.

La photographie n° 42, correspond à la même charge disposée de la même manière mais tirée avec un cordeau détonant au trinitrotoluène, dont la vitesse de détonation est de 4,900 mètres. On n'aperçoit plus qu'une flamme centrale dans laquelle on aperçoit l'orifice du fourneau et quelques rares flammes de troisième phase.

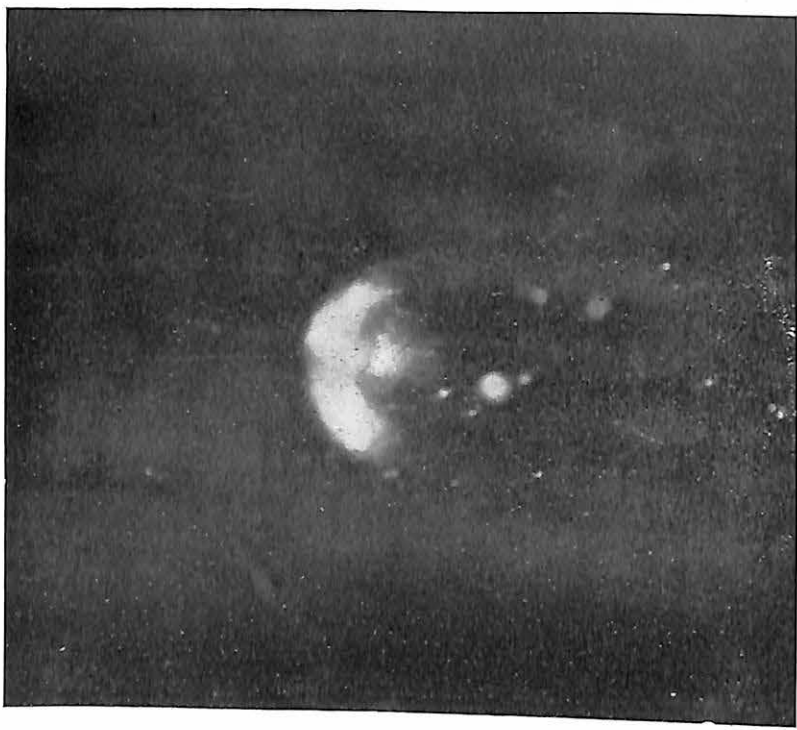
Cette flamme est comparable à celles des explosifs S.G.P. que nous verrons plus loin. Chose remarquable, l'augmentation de la vitesse de détonation par l'emploi d'un cordeau détonant a amélioré la sécurité de l'explosif. Une charge de 200 grammes ainsi tirée, n'a pas allumé les poussières de charbon. Elle n'a pas pu être expérimentée en présence du grisou.

Les photographies 43 et 44 donnent les flammes de charges de 200 grammes en deux cartouches disposées en deux files, et de 400 grammes en quatre cartouches disposées en trois files. Ces flammes, très lumineuses, occupent la plus grande partie de la section de la galerie. Elles allument nettement le grisou et les poussières de charbon.



Phot. 40. — Explosif D.
100 grammes. — 1 cartouche. — Section de 2 mètres carrés.

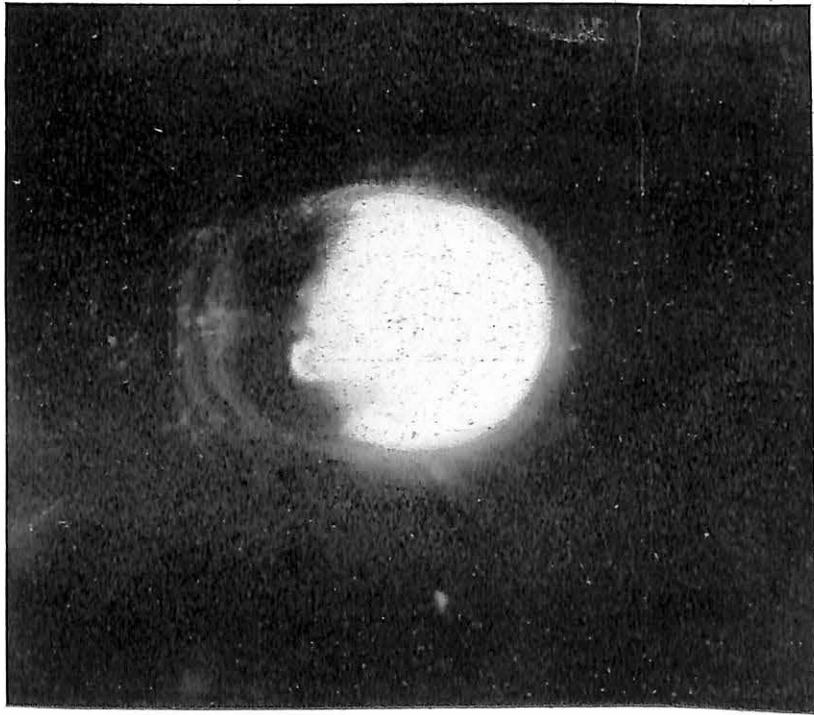
Phot. 41. — Explosif D
200 grammes — 2 cartouches en 1 file — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 42. — Explosif D.
200 grammes. — 2 cartouches en 1 file. — Section de 2 mètres carrés.

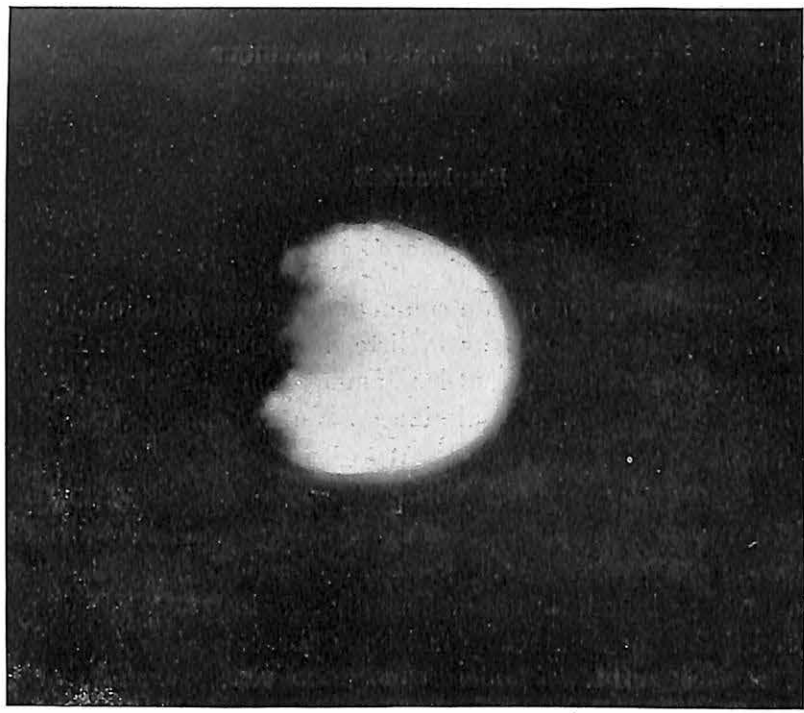


Phot. 43. — Explosif D.



Phot. 43. — Explosif D.
200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.

Phot. 44. — Explosif D.



Phot. 44. — Explosif D.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1. — Section de 2 mètres carrés.

Explosifs E.

(Photographies 45 à 47.)

Cet explosif, au nitrate ammonique avec addition de nitro-glycérine, figure sur la liste des explosifs S. G. P., mais les échantillons dont les flammes ont été photographiées ont accusé une diminution de la charge limite officielle.

La photographie 45 montre la flamme d'une charge de 200 grammes en deux cartouches disposées en deux files, charge qui n'allume pas le grisou. La partie inférieure de la paroi de la galerie fait déjà sentir son influence sur la production des flammes de troisième phase.

La photographie 46 correspond à une charge de 400 gr. qui allume le grisou. On y remarque une réinflammation bien caractérisée des gaz de l'explosion dans la partie inférieure de la galerie.

La photographie 47 donne la flamme d'une charge de 200 grammes en deux cartouches disposées en une file et tirée avec un cordeau détonant au trinitrotoluène. Cette charge, ainsi tirée, allume le grisou.



Phot. 45. — Explosif E.

200 grammes. — 2 cartouches en 2 files. — Section de 2 mètres carrés.

Dynamite Gomme N° 1.*(Photographies 48 à 51.)*

Cet explosif a la composition suivante :

Nitro-glycérine	42.5
Nitro-coton	1.5
Nitrate de soude	45.5
Farine de bois	3.0
Farine de blé	5.0
Binitrotoluène	2.0
Sel de soude	0.5
	<hr/>
	100.0

Une charge 100 grammes de cet explosif allumé le grisou et les poussières de charbon.

Les photographies 48 et 49 correspondent à des charges de 100 et de 300 grammes. On y remarque une flamme centrale entourée d'une auréole, ainsi que des flammes de troisième phase. L'auréole persiste quand on abaisse à 9.5 %, par addition de grisou, la proportion d'oxygène contenue dans l'atmosphère. Par contre les flammes de troisième phase disparaissent dans ce cas (Phot. 50).

La photographie 51 montre ce que devient la flamme d'une charge de 300 grammes de cet explosif quand on schistifie l'intérieur du canon. Tirée dans ces conditions cette charge n'allume ni le grisou ni les poussières de charbon.



Phot. 46. — Explosif E.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 47. — Explosif E.
200 grammes. — 2 cartouches en 1 file. — Section de 2 mètres carrés.

Phot. 48. — Dynamite gomme n° 1.
100 grammes. — 1 cartouche. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 49. — Dynamite gomme n° 1.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 50. — Dynamite gomme n° 1.
300 grammes. — 3 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.
Atmosphère à 9.5 % d'oxygène.



Phot. 51. — Dynamite gomme n° 1.
300 grammes. — 3 cartouches en 1 file. — Schistification intérieure. — Section
de 2 mètres carrés





Phot. 52. — Alsilite.
900 grammes. — 9 cartouches en files. — Section de 2 mètres carrés.

Alsilite S. G. P.

(Photographie 52.)

C'est un explosif S. G. P. classé avec une charge-limite de 900 grammes.

Sa composition est la suivante :

Nitrate d'ammonium	62
Chlorure de sodium	22
Trinitrotoluène	11
Ferro-silicium-aluminium.	5
	100

La photographie 52 montre la flamme qui correspond à la charge de 900 grammes.

On remarque une flamme centrale peu développée et quelques rares flammes de troisième phase.

Yonckite N° 10 bis.

(Photographies 53 et 54.)

Cet explosif est également classé avec une charge-limite de 900 grammes.

Sa composition est la suivante :

Nitrate d'ammonium	30
Nitrate de sodium	15
Perchlorate d'ammonium.	25
Trinitrotoluène	10
Chlorure de sodium	20
	<hr/>
	100

La flamme qui correspond à la charge de 900 grammes se compose d'une flamme centrale relativement peu développée et de flammes de troisième phase peu lumineuses (photographie 53).

L'emploi d'un cordeau détonant au trinitrotoluène, dont la vitesse de détonation est de 4,900 mètres fait tomber la charge d'inflammation du grisou à 400 grammes. La photographie 54 nous montre la flamme qui correspond à cette charge de 400 grammes tirée dans ces conditions.



Phot. 54. — Yonckite 10 bis.
400 grammes. — 4 cartouches en 1 file. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 53. — Yonckite 10 bis.
900 grammes. — 9 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.

Permonite.*(Photographies 55 et 56.)*

Comme les deux précédents, cet explosif figure sur la liste des explosifs S. G. P. avec une charge-limite de 900 grammes. Cette charge de 900 grammes donne une flamme centrale peu développée et des flammes de troisième phase peu lumineuses.

La comparaison de cette flamme avec celle d'une charge de 400 grammes montre que l'importance de ces flammes de troisième phase augmente avec la charge (photographies 55 et 56).

L'emploi d'un cordeau détonant au trinitrotoluène fait tomber la charge d'inflammation du grisou à 200 grammes.



Phot. 56. — Permonite.
900 grammes. — 9 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés.



Phot. 55. — Permonite.
400 grammes. — 4 cartouches 3 + 1. — Section de 2 mètres carrés.

Antigel de sûreté.*(Photographie 57.)*

Classé comme les précédents avec une charge-limite de 900 grammes, cet explosif a la composition suivante :

Nitroglycérine	25
Nitrate de sodium	20
Binitrotoluène	15
Sulfate d'ammonium	5
Cellulose et farine	35
	<hr/>
	100

La charge de 900 grammes ne donne qu'une flamme centrale très peu développée dans laquelle on aperçoit nettement l'orifice du fourneau.



Phot. 57. — Antigel de sûreté.

900 grammes. — 9 cartouches en 3 files. — Section de 2 mètres carrés

Résumé et conclusions

Comme il a été dit au début de cette étude, la présente note se rapporte uniquement à des essais préalables et il est prématuré d'en tirer des conclusions.

Ces essais attirent l'attention sur la complexité du phénomène de l'explosion. Il semble que les réactions qui se font à l'intérieur du mortier d'acier, avec la vitesse de l'onde explosive, soient souvent, si pas toujours, très incomplètes et s'achèvent à l'extérieur du mortier avec ou sans intervention de l'oxygène de l'air.

Cette constatation nous a amené à distinguer :

des *flammes de première phase* qui correspondent aux réactions qui se passent à l'intérieur du mortier au passage de l'onde explosive ;

des *flammes de deuxième phase* qui correspondent aux réactions qui se passent dans les gaz sortant du mortier, sans intervention de l'oxygène de l'air ;

des *flammes de troisième phase* qui correspondent à des combustions locales ou parfois plus ou moins généralisées, qui se produisent dans les gaz de l'explosion sous l'influence de l'oxygène de l'air.

Des études ultérieures chercheront à déterminer l'influence que la composition de l'explosif, la densité de chargement, la vitesse de détonation et les conditions spéciales du tir peuvent avoir sur la production de ces flammes, ainsi que le danger que présentent ces flammes au point de vue de l'inflammation du grisou ou des poussières de charbon.

On observe des flammes de troisième phase sur la plupart des photographies, ce qui montre qu'au delà de la flamme centrale les gaz de l'explosion renferment souvent des gaz combustibles.

Les mélanges d'air grisouteux avec des gaz chauds plus ou moins combustibles ont d'autres limites d'inflammabilité, d'autres capacités calorifiques et exigent d'autres conditions de température pour s'enflammer que les mélanges d'air poussiéreux avec les mêmes gaz chauds. De là peut provenir le fait que certains explosifs s'allument plus facilement le grisou que les poussières de charbon et réciproquement.

Il serait du plus haut intérêt de savoir si le phénomène de l'explosion se présente avec la même complexité quand les mines travaillent. Les mines qui ont été tirées jusqu'à présent dans la galerie de Colfontaine, dépendant du Siège d'Expériences de Frameries, n'ont pas donné de flamme quand elles étaient bourrées et disloquaient la roche ; mais il convient de faire observer que jusqu'à présent ces mines n'ont pu être tirées qu'en terrains schisteux tendres et légèrement humides. Il serait à désirer que des photographies soient prises en terrains tout à fait secs et de diverses duretés. La collaboration éclairée des exploitants de mine serait très utile à ce point de vue. Ils sont les premiers intéressés à ce que la question des explosifs S. G. P. soient convenablement élucidée.

Des photographies devraient être prises d'une manière méthodique et suivie, tant dans des galeries à travers-bancs que dans des galeries en veine.

Dans certains essais, on devrait chercher à humidifier artificiellement le terrain, dans le voisinage immédiat du fourneau de mine en foulant de l'eau sous pression dans ce dernier avant le chargement.

Il est probable que ce procédé diminuerait beaucoup le danger du tir des mines. Des photographies des flammes données par les mines tirées dans ces conditions donneraient d'utiles indications à ce sujet.

Les photographies données ci-dessus mettent en évidence un fait nouveau : l'influence du voisinage des parois de la

galerie sur la réinflammation des gaz de l'explosion mêlés à l'air.

Par extension, il y a lieu de se préoccuper de l'influence que pourrait avoir sur la sécurité des explosifs la présence d'un obstacle tel qu'un bois ou une pierre en saillie contre lequel les gaz de l'explosion viendraient frapper. Il n'est pas impossible qu'on puisse attribuer à cette cause les inflammations de grisou ou de poussières de charbon qui ont été causées par de faibles charges d'explosifs qui eussent été inoffensives dans d'autres circonstances.

Les mêmes photographies attirent également l'attention sur l'opportunité éventuelle de modifier les conditions d'essais des explosifs en galerie. C'est ainsi qu'il serait utile d'imposer pour les explosifs S. G. P. un diamètre de cartouche uniforme qui pourrait être fixé à 30 millimètres et d'expérimenter ces explosifs dans un mortier d'un diamètre égal à celui que l'on donne en pratique aux fourneaux de mine destinés à recevoir des cartouches de ce diamètre. Ce diamètre pourrait être fixé à 32 ou 35 millimètres. En déterminant les charges-limites dans ces conditions, il serait permis de croire que les mines qui feraient canon ne donneraient pas de flammes plus dangereuses au point de vue de l'inflammation du grisou et des poussières de charbon que les mines tirées au mortier d'acier. Les mortiers de 55 millimètres de diamètre actuellement en usage, résistent très bien même quand on les remplit complètement d'explosifs. Il y a donc lieu de supposer que des mortiers de 32 ou de 35 millimètres résisteraient de même.

Les photographies attirent également l'attention sur la nécessité de faire de fréquents contrôles des explosifs S. G. P. dans le but d'arriver à l'élimination des explosifs dont la formule serait trop sensible à de légères modifications apportées à la fabrication et de permettre aux fabricants de déterminer les modes de préparation qui assurent la plus grande régularité aux explosifs.

Mons, décembre 1913.

PUBLICATIONS

DU

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

sous la direction de V. WATTEYNE

I. — Etudes sur les accidents.

- Les accidents survenus dans les puits (WATTEYNE). — *Ann. des Mines de Belg.*, t. III, 1898.
- Les accidents survenus dans les cheminées d'exploitation (WATTEYNE et DENOEL) — *Ann. des Mines de Belg.*, t. IV, 1899.
- Les inflammations de grisou dans les exploitations souterraines de terres plastiques (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XII, 1907.
- Courrières et La Boule (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XIII, 1908.
- Les accidents dus à l'emploi des explosifs (WATTEYNE et BREYRE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XIII, 1908 et t. XIV, 1909.
- Les accidents dans les charbonnages belges en 1908 (BREYRE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XIV, 1909.
- Les accidents de grisou et les explosions de poussières de 1891 à 1909 (WATTEYNE et BREYRE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XV, 1910.
- Les dégagements instantanés de grisou, de 1891 à 1908. (STASSART et EM. LEMAIRE) — *Ann. des M. de Belg.*, t. XV, 1910.
- Le procédé de creusement des puits par congélation et la sécurité dans le fonçage des puits (BREYRE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XVI, 1911.
- Les asphyxies par les gaz des hauts-fourneaux (BREYRE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. XVII, 1912.

II. — Statistiques et études sur les explosifs.

- Expériences récentes sur les Explosifs de sûreté (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. I, 1896.
- Emploi des explosifs. — Statistiques comparatives pour les années 1888, 1893, 1894 et 1895 (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. I, 1896.
- La question des Explosifs de sûreté en Angleterre (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. I, 1896.
- Les dernières expériences allemandes sur les explosifs de sûreté (WATTEYNE). — *Ann. des M. de Belg.*, t. II, 1897.
- Emploi des explosifs. — Statistique comparative pour 1897 et note sur les explosifs de sûreté (WATTEYNE et DENOEL). — *Ann. des M. de Belg.*, t. III, 1898.
- Statistique comparative pour 1898 et note sur quelques procédés pour la mise à feu des mines (WATTEYNE et DENOEL). — *Ann. des M. de Belg.*, t. IV, 1899.
- Les explosifs dans les mines de houille de Belgique (WATTEYNE et DENOEL). — *Publ. du Congrès de Paris*, 1900.
- Emploi des explosifs — Statistique comparative pour 1899 (WATTEYNE et DENOEL). — *Ann. des M. de Belg.*, 1900.
- Statistique comparative pour 1901, Notes sur quelques appareils nouveaux pour l'étude des explosifs de sûreté et description du siège d'expériences de Frameries (WATTEYNE, STASSART et DENOEL). — *Ann. des M. de Belg.*, t. VII, 1902.