

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
A FRAMERIES-PATURAGES

# RAPPORT sur les Travaux de 1946

PAR

J. FRIPIAT,  
Ingénieur en Chef des Mines,  
Administrateur-Directeur de l'Institut.

## I. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS ET LES DETONATEURS

### 1) Vérifications diverses sur les explosifs.

#### a) Tirs de contrôle des explosifs S. G. P.

Au cours de l'année 1946, nous avons procédé à quarante trois tirs de contrôle au mortier de nos explosifs S. G. P., soit vingt et un en atmosphère grisouteuse et vingt-deux en présence des poussières charbonneuses.

Ces tirs ont porté presque entièrement sur des prélèvements effectués dans les dépôts de distribution des charbonnages.

Deux échantillons de Flammivore, trois de Matagnite, trois

de Nitrocooppalite, deux de Sabulite, quatre de Triamite, huit d'Alkalite ont subi cette épreuve.

Aucune inflammation ne s'est produite dans les tirs en grisou.

Le contrôle en atmosphère poussiéreuse a donné lieu au contraire à des résultats divers, variables avec la mise en suspension du nuage inflammable. Nous n'avons pas observé d'inflammation lorsque les poussières étaient simplement jetées à la main dans la galerie; par contre, certains explosifs S. G. P. ont enflammé lorsque l'atmosphère était mise au préalable en agitation intense par une cartouche explosant dans un sac de papier renfermant les poussières.

Le second procédé rend donc l'épreuve plus sévère; il rappelle assez fidèlement ce qui se passe dans un tir réel avec détonateurs à temps où les charges explosent dans un nuage poussiéreux soulevé par des charges ayant détoné antérieurement.

Les défaillances observées avec certaines formules S. G. P. montrent qu'on ne saurait être trop circonspect dans le choix des explosifs pour le minage en veine avec détonateurs à temps.

**b) Etude de formules d'explosifs non S. G. P. présentées par les Poudreries Réunies de Belgique.**

A la demande des Poudreries Réunies de Belgique, nous avons étudié cinq explosifs présentant, au point de vue composition, des divergences notables avec les formules admises actuellement en Belgique comme S. G. P.

Les explosifs expérimentés sont indiqués dans le tableau I.

Bien que cette étude ne pût aboutir à l'agrément, elle n'était cependant pas dénuée d'intérêt. Les deux "Sécurité", rappelaient en effet par leurs teneurs élevées en nitroglycérine et en chlorure sodique, certains explosifs admis comme anti-grisouteux à la suite des premières expériences de Frameries.

TABLEAU I.

Composants	Securit		Wetter-Nobelit B	Agesid	Ammon-Cahucite III
	A	B			
Nitroglycérine	40,0	55,0	50,0	41,9 <sup>1</sup>	—
Nitrocoton	1,9	1,5	—	—	—
Nitrate ammonique	24,0	25,5	26,5	24,0	80,0
Trinitrotoluol	—	—	—	—	18,0
Farine de bois	—	—	0,50	—	2,0
Solution à 50 % de nitrate de calcium	—	—	5,0	—	—
Chlorure sodique	54,1	40,0	40,0	—	—
Chlorure potassique	—	—	—	54,09	—

Les trois autres formules sont des explosifs allemands; la Wetternobelit est un explosif antigrisouteux.

Je résume ci-après les constatations auxquelles ont donné lieu nos recherches en galerie expérimentale.

**SECURIT A**

En grisou, 9 cartouches n'enflamment pas, quelque soit le mortier utilisé (mortiers de 35 mm. et de 55 mm.).

En poussières (charbon à 30% de M. V.), il y a inflammation par 4 cartouches tirées au mortier de 55 mm. (mortier normal) même quand la mise en suspension est faite à la main.

Dans les mêmes conditions, trois cartouches n'enflamment pas.

**SECURIT B**

En grisou, la charge-limite au mortier de 55 mm. est de 700 gr.

En présence de poussières dispersées à la main, cette charge limite est de 900 gr. (mortier de 55 mm.) (1).

Lorsque la suspension est provoquée par l'explosion d'une cartouche détonant dans un sac de 3 Kg. de poussières, la charge-limite est de 700 gr. au mortier de 35 mm. et de 600 gr. au mortier de 55 mm.

#### WETTERNOBELIT B

Charge-limite au mortier de 55 mm. :

900 gr. en grisou;

900 gr. en poussières (mises en suspension par cartouche d'explosif).

#### AGESID

Enflamme à 300 gr. le grisou et les poussières mises en suspension par une cartouche d'explosif.

#### AMMONCAHUCITE

Enflamme à 300 gr. le grisou et les poussières mises en suspension par une cartouche d'explosif.

#### c) Etude de deux formules présentées par la « Fabrique Suisse d'Explosifs à Dottikon ».

La Fabrique suisse d'explosifs à Dottikon nous a demandé d'expérimenter en galerie les deux formules suivantes :

Composants	Wetter Argovit I	Wetter Aldorfit I
Nitroglycérine	29,2	4,00
Nitrate ammonique	29,0	71,00
Trinitrototuoł	2,0	—
Dinitrototuoł	—	2,00
Farine de bois	—	3,00
Coton à collodion	0,8	—
Chlorure sodique	39,0	20,00

(1) Il ne nous a pas été possible de charger plus de 9 cartouches, le poids d'explosif ne donnant pas l'inflammation pourrait donc être supérieur à 900 gr.

Les tirs en galerie ont donné les résultats suivants :

#### Wetter Argovit :

en grisou : 600 gr. inflammation;

500 gr. pas inflammation.

en poussières (mise en suspension à la main)

600 gr. pas inflammation.

#### Wetter Aldorfit :

900 gr. n'enflamment ni le grisou ni les poussières, même dispersées par une cartouche d'explosif.

## 2) Etude d'accidents dus à l'emploi des explosifs.

Au cours de l'année 1946, l'Administration des Mines nous a demandé d'étudier trois accidents survenus au cours du minage.

### α) Inflammation de grisou du 20 mars 1946 au siège Saint-Antoine des Charbonnages Unis de l'Ouest de Mons.

Cette inflammation s'est produite lors d'un tir de dynamite n° III, à front d'un bouveau de 850 m de longueur, en creusement vers le Nord.

Le boute-feu et quatre ouvriers qui, au moment de la mise à feu se trouvaient à l'origine de la ligne de tir soit à 117 m. du front, furent renversés et grièvement brûlés.

Au point de vue des effets calorifiques et mécaniques de l'explosion, l'enquête permit de faire les constatations suivantes :

Des traces de combustion visibles sur le boisage apparaissaient à 19 m. du front et pouvaient être suivies vers l'arrière sur 125 m. de longueur. A l'endroit où se tenait le personnel, un vêtement suspendu au boisage, avait subi une carbonisation partielle.

Un ajusteur occupé dans le bouveau à 170 m. du front

fut renversé par la chasse d'air et de poussière, mais ne fut pas atteint par la flamme.

Les wagonnets se trouvant à proximité du front étaient restés sur les rails, accrochés les uns aux autres et distants de 10 cm. Par contre, à 75 m. en arrière, les deux derniers wagonnets à l'extrémité sud d'une rame étaient l'un déraillé, l'autre renversé.

A 87 m. du front, des lambourdes étaient restées debout, adossées à la paroi.

A 145 m., c'est-à-dire, à la limite extrême sud atteinte par la flamme, le coffre en planches de 15 à 20 mm. d'épaisseur dans lequel le boutefeu mettait sa cartouchière, était complètement disloqué. Au même endroit, on retrouva un chapeau fortement déformé et un morceau du cuir d'un autre chapeau.

La canalisation soufflante d'aérage faite en tôle de 3 mm. d'épaisseur et composée d'éléments de 3 m. de longueur et de 0,60 m. de diamètre, s'arrêtait à 19 m. du front.

Une des buses seulement était avariée, la dixième à partir du front, c'est-à-dire, à 48 m. de celui-ci. Cette buse était ouverte sur 1 m. 50 de longueur suivant la soudure longitudinale dont les bords étaient repliés vers l'extérieur. Cette buse était donc grossièrement aplatie sur la moitié de sa longueur.

Enfin, le ventilateur hélicoïde, type Aerex, placé à 250 m. du front n'avait subi aucune dégradation.

Au moment de l'explosion, il s'était arrêté et de ce fait les fusibles du moteur électrique de commande (moteur de 10 C.V.) avaient sauté.

En résumé, aucune trace de combustion ni de pression n'était visible sur les vingt derniers mètres du creusement; mais la flamme s'était étendue sur 125 m. environ et les effets mécaniques s'étaient manifestés dans la galerie jusqu'à 170 m. au moins du front.

D'après les déclarations du boutefeu, l'absence de grisou avait été constatée immédiatement avant le tir sur une distance de 25 m. à partir des charges. Les derniers terrains recoupés étaient d'ailleurs des bancs de grès sauf cependant un filet charbonneux de quelque millimètres d'épaisseur qui venait d'apparaître au ciel de la galerie.

Après l'accident, on constata à plusieurs reprises, la présence de grisou dans le bouveau.

Une heure après l'explosion, un ingénieur du siège ne put du fait de la présence du gaz inflammable, explorer la galerie au delà d'un point situé à 270 m. du front.

Cinq jours après l'accident, de petites accumulations de grisou furent constatées à 26 m., 32 m., 48 m. et 73 m. du front, la dernière se trouvant à l'endroit où le creusement avait dû être arrêté pendant plusieurs mois à cause d'un soufflard d'un débit approximatif de 200 litres par seconde.

Enfin, le 2 avril, une nappe de gaz fut décelée au ciel de la galerie entre deux points situés respectivement à 46 et 73 m. du front.

Il est intéressant de rapprocher les constatations relatives à l'extension de la flamme, des résultats expérimentaux rapportés par Mr. Burgess dans le Paper 42 (Année 1942) " Fire-damp Explosions, The Projection of Flame ", du Safety in Mines Research Board.

Cet expérimentateur déterminait la distance maximum parcourue par une flamme de grisou allumée par une étincelle électrique au fond d'une galerie de 109 m. de longueur et 2,25 m. de diamètre.

Nous donnons ci-après quelques résultats de cette étude.

Longueur du gisement grisouteux 8 m 00		
Teneur en méthane en %	Extension de la flamme au centre de la galerie, en m.	Rapport extension de la flamme sur longueur du gisement
6,5	18	2,2
7,9	27	3,5
9,1	50	5,7
10,9	56	4,4
11,1	50	5,7

Longueur du gisement grisouteux 16 m 00		
Teneur en méthane en %	Extension de la flamme au centre de la galerie, en m.	Rapport extension de la flamme sur longueur du gisement
9,5	54	5,7
9,8	54	5,7
10,7	66	4,1
11,5	48	5,0

L'extension de la flamme dépend de la teneur en méthane; elle peut atteindre 4,4 fois la longueur du gisement grisouteux.

Il convient cependant d'observer que dans ces expériences, le mélange grisouteux occupait toute la section de la galerie expérimentale, ce qui n'est pas toujours réalisé dans une galerie de mine.

L'application au cas présent des expériences anglaises conduirait à un gisement grisouteux s'étendant sur  $125 : 4,4 = 28$  m. au moins.

Ce chiffre est en effet un minimum, car il correspond à la valeur maximum du rapport entre l'extension de la flamme et la longueur du gisement grisouteux.

Si nous nous reportons maintenant aux constatations faites au cours d'expériences réalisées dans notre bouveau du Bois de Colfontaine \*, nous estimons que l'explosion d'un mélange d'air et de grisou occupant sur 28 m. de longueur, une galerie ayant une section utile de plus de 4 m<sup>2</sup>, doit produire des effets mécaniques bien plus violents et moins localisés que ceux constatés dans le bouveau de l'Ouest de Mons.

Il est probable que lors de l'accident survenu au Charbonnage de l'Ouest de Mons, le mélange inflammable stagnait uniquement au ciel de la galerie, mais sur une longueur relativement importante, ce qui expliquerait le développement considérable atteint par la flamme (125 m.).

En tous cas, l'absence de trace de flamme près du front semblait bien démontrer que la cause de l'inflammation n'était pas le tir d'une charge de dynamite n° III.

Les lampes ayant été mises hors cause immédiatement, il restait la ligne de tir et l'exploseur. Ceux-ci ont été examinés à l'Institut.

(\*) Ces expériences réalisées à la demande du Service des Mines du Limbourg hollandais feront l'objet d'une publication ultérieure. Nous nous limiterons à indiquer dès maintenant les effets accompagnant l'explosion d'un mélange grisouteux occupant 15 m. de longueur au fond d'une galerie présentant une section de 4 m<sup>2</sup> environ et mesurant 68 m. La flamme s'est développée sur 45 m. trois fois la longueur du gisement grisouteux). Un bloc de pierre pesant 200 kgs. a été déplacé de 3 m. Sur les vingt mètres à partir de l'orifice, le soutènement était complètement démoli. La vitesse de la chasse d'air atteignait 300 m. par seconde.

1) *Examen de l'exploseur.*

Cet exploseur est du type A. B. F. G. S. de la firme Schäfler de Vienne (Autriche) et capable de débiter un courant de 1 ampère dans un circuit présentant une résistance ohmique de 330 ohms.

Cet appareil comporte essentiellement une génératrice à courant continu actionnée par un moteur à ressort.

Grâce à un système de cames et de déclics, le rotor ne peut être mis en mouvement que lorsque le ressort est bandé complètement à fond.

Tout le mécanisme est disposé dans une enveloppe métallique antidéflagrante. Cet exploseur a été agréé comme antigrisouteux par la décision n° 13D/5551 du 23 mai 1938.

Nous avons vérifié le fonctionnement du dispositif limitant la durée du passage du courant en faisant débiter l'exploseur dans une résistance métallique de 297 ohms, l'intensité et la durée du débit étant enregistrée à l'oscillographe.

Deux expériences ont donné successivement les résultats suivants :

N° du film	Intensité du courant en ampère	Durée du courant en millisecondes
1666	1,39 à 0,905	32,4
1667	idem	33,5

La durée du débit ne dépasse que très légèrement la valeur maximum admissible (30 ohms). L'appareil est donc en bon état.

2) *Examen de la ligne de tir.*

Abstraction faite des avaries provoquées par la flamme de grisou, la ligne de tir était en très mauvais état; elle était formée en effet d'un grand nombre de tronçons réunis par

des ligatures non isolées. A deux endroits seulement, nous avons trouvé des ligatures protégées par de la toile isolante et il y a tout lieu de croire qu'il en était ainsi au moment du tir.

En tout cas, la toile isolante faisait défaut sur les connexions situées dans des régions de la ligne n'ayant pas été touchées par la flamme.

Il n'est pas douteux que l'inflammation fut provoquée par une étincelle de court-circuit jaillissant entre deux conducteurs non isolés de la ligne de tir.

Cet accident démontre une fois de plus la nécessité des examens périodiques des lignes de tir tels qu'ils ont été préconisés par la circulaire du 3 janvier 1946 de Monsieur le Directeur général des Mines.

Cette circulaire ainsi que les constatations que nous avons faites au cours de nos études sur les accidents dus au minage ont amené le Groupement des Poudres et Explosifs à envisager l'organisation d'un service de surveillance des engins : exploseurs, ohmmètres, lignes utilisées pour le tir dans les charbonnages.

A notre avis, on ne peut qu'encourager cette initiative dont la conséquence certaine sera une réduction des incidents toujours onéreux et parfois meurtriers occasionnés par l'emploi des explosifs.

Quant à la constitution des câbles à miner, nous estimons que le type " boutefeux ", couramment employé en Belgique ne présente pas les qualités suffisantes pour servir de ligne de tir à poste fixe. Ce câble est constitué par deux conducteurs torsadés dont l'âme conductrice est un fil de cuivre uni-que de 0,8 mm. de diamètre.

L'isolement est soit une gaine de caoutchouc, soit une couche de papier, avec guipage extérieur en coton.

Un simple coup de marteau peu violent sur le câble détruit les deux couches d'isolant et met les conducteurs à nu.

Citons comme bien supérieur, le câble utilisé par la Société d'Etudes et de Rationalisation des travaux miniers. (S. E. R. T. R. A.) et composé de deux conducteurs isolés chacun par une gaine souple en matière synthétique, très résistante aux chocs. Chaque conducteur est formé de 4 fils de cuivre de 0,45 mm. de diamètre, ce qui augmente la souplesse du câble. Les deux gaines sont simplement soudées suivant une génératrice.

**b) Accident du 7 mai 1946 au siège Sacré-François des Charbonnages Réunis de Charleroi.**

Une inflammation de grisou survenue en pleine taille, aurait eu pour origine le tir d'une cartouche gainée de Matagnite, utilisée pour l'approfondissement d'un brèche ouverte dans le mur de la couche Caillette à l'étage de 860 m.

Nous avons vérifié d'abord le comportement de l'explosif par une série d'essais en galerie expérimentale.

Nous avons fait ainsi les constatations suivantes :

1° — deux cartouches gainées, mises en file et suspendues en pleine atmosphère grisouteuse, teneur en méthane 9,5%.

Pas inflammation.

2° — deux cartouches non gainées, mises en file et suspendues en pleine atmosphère grisouteuse, teneur en méthane 9,75%.

Pas inflammation.

3° — une cartouche non gainée est introduite dans un tube d'acier entaillé suivant une génératrice, d'une rainure de 5 mm. de largeur. La cartouche est comprise entre deux bourrages d'argile de 45 mm. de longueur.

La mise à feu de la cartouche en pleine atmosphère grisouteuse ne provoque pas l'inflammation du grisou. (teneur en méthane : 8 %).

4° — deux cartouches non gainées sont placées sur un bloc d'acier dans une rainure semi-circulaire de 70 mm. de diamètre. L'explosion de la charge disposée donc en pleine atmosphère grisouteuse ne provoque pas l'inflammation. (teneur : 8,75 %).

5° — deux cartouches non gainées sont mises en file dans un mortier de 35 mm. Poussée au fond du mortier, la charge laisse devant elle un vide de 32 cm. dans lequel on répand 50 gr. d'explosif à l'état pulvérulent.

Le tir en présence de grisou (teneur 9%) ne donne pas l'inflammation.

6° — expérience analogue à la précédente, sauf que le vide devant la charge ne mesure que 10 cm. de longueur.

Le tir n'allume pas le mélange air + grisou à 8,75% de méthane.

7° — deux cartouches dégainées sont mises en file et au fond du mortier de 35 mm.; le vide devant la charge est de 15 cm. de longueur.

A 50 cm. de l'orifice du mortier se trouve une pièce métallique verticale recouverte de 50 gr. d'explosif à l'état pulvérulent.

Le tir n'allume pas le mélange grisouteux à 8,75% de méthane.

En résumé, nous avons donc fait trois essais à l'air libre (n° 1, 2 et 4), un essai rappelant le tir en terrain fissuré (n° 3), et trois essais (n° 5, 6 et 7), réalisés dans des conditions aptes à mettre en évidence l'influence des particules d'explosifs détonant incomplètement.

Certains expérimentateurs (en France et en Allemagne) ont attribué une action déterminante à ces particules qui, ayant échappé à l'influence du détonateur, sont projetées à haute température dans l'atmosphère inflammable.

L'étude de l'explosif nous ayant donné des résultats négatifs, nous avons recherché si l'origine de l'inflammation ne pouvait être une étincelle électrique jaillissant dans le circuit de tir.

L'exploseur, qui était en parfait état, fut mis immédiatement hors cause.

La ligne de tir était du type dit " boutefeux ", et composée de 2 conducteurs en cuivre de 0,9 mm. de diamètre, torsadés, mais isolés chacun par une gaine de caoutchouc recouverte d'un guipage de coton.

Sa longueur était de 10 m. 60 et sa résistance mesurée au pont de 0,72 ohm.

Nous l'avons examinée point par point et noté comme suit les quelques avaries affectant l'isolant et repérées par leur distance comptée à partir d'une des extrémités de la ligne.

- a) Extrémité (origine) : les deux conducteurs sont dénudés sur 8 cm. de longueur, puis sur 10 cm., les guipages en coton n'existent plus;
- b) à 30 cm., l'un des conducteurs est apparent sur 3 mm. de longueur;
- c) à 8 m. 90, les 2 conducteurs sont apparents sur 2 ou 3 mm. de longueur en des endroits se faisant face ou à peu près;
- d) de 10 m. 30 à 10 m. 60, guipage avarié;
- e) Extrémité. Les conducteurs sont dénudés sur 3 cm. et affectés de sinuosités, ce qui donne à penser que les fils du détonateur ont bien été rattachés à cette extrémité de la ligne.

Nous ne pensons pas que ces avaries puissent avoir été l'origine de l'inflammation.

Dans une ligne défectueuse, les points dangereux sont évidemment les ligatures non isolées, au voisinage desquelles subsistent toujours les extrémités saillantes des conducteurs, favorables aux contacts.

Or dans la ligne de tir examinée, il n'y avait pas de ligature.

Nos recherches étaient terminées, lorsque l'enquête fit constater qu'en réalité, une seconde ligne de tir avait été connectée en dérivation sur la précédente, probablement à l'endroit repéré " 8 m. 90 ", où les deux conducteurs étaient dépourvus d'isolant.

Cette constatation nous amène à croire que lors du tir, il y avait là deux ligatures non isolées, capables de donner une étincelle de court-circuit.

#### c) Inflammation du 25 novembre 1946 au siège Boverie des Charbonnages de Marihay à Seraing.

Il s'agit ici d'une explosion locale de poussières allumée dans un chassage en reconnaissance par une charge d'explosif brisant (donc non S. G. P.).

Le gisement poussiéreux n'étant probablement pas assez riche en éléments combustibles, la flamme n'a pas atteint le bouveau principal distant de 48 m. du front de travail.

D'après les constatations faites au cours de l'enquête, trois trous avaient été forés dans le toit de la couche Malgarnie en dressant. Dans chaque trou, on avait placé deux ou trois cartouches d'Alsilite, les trois charges étant amorcées de détonateurs à temps de retard 0,1 et 2.

Après l'accident, on retrouva dans l'un des fourneaux, deux cartouches qui n'avaient pas détoné.

Il est donc à supposer que ce fourneau a été amputé par l'une ou même par les deux autres charges ayant explosé antérieurement. Celles-ci ont donc mis en suspension un nuage de poussières qui aura été allumé ultérieurement par l'explosif détonant à l'air libre.

L'étude de cet accident a comporté les expériences suivantes :

*Essais d'aptitude à la détonation de l'Alsilite.**Examen des cartouches retirées des déblais.*

Rappelons que l'Alsilite est un explosif brisant non S.G.P. dont les constituants essentiels sont : le nitrate ammoniacal, le trinitrotoluène avec un faible pourcentage d'aluminium.

Pour apprécier l'aptitude à la détonation de l'explosif, nous avons recherché à quelle distance une cartouche amorcée d'un détonateur fait exploser une seconde cartouche non amorcée, l'une et l'autre étant placées sur une plaque de plomb reposant sur un bloc d'acier.

Une première expérience a été exécutée avec les deux cartouches n° 113.399 et 113.400 prélevées au dépôt du charbonnage.

Pour un écart de 2 cm., il y a eu détonation complète de la charge.

Nous avons recommencé la même expérience avec deux cartouches n° 113.357 et 113.358 retrouvées après l'accident dans les bancs fissurés du toit.

Ces deux cartouches paraissaient tout à fait normales, sauf que leur enveloppe paraffinée était recouverte de poussière noire et non grise comme on aurait pu le penser, vu la nature du terrain dans lequel elles avaient été chargées.

L'analyse de cette poussière a décelé une teneur en cendres de 36%, trop faible pour des poussières schisteuses, trop élevée pour des poussières charbonneuses.

Ces cartouches présentaient, comme les précédentes, une aptitude à la détonation très suffisante, car nous avons pu les faire exploser, malgré la présence d'un intervalle de 4 cm. entre les deux cartouches.

Ces résultats favorables montrent que la cartouche amorcée de la mine ratée n'a pas explosé au contact de la charge retrouvée dans le fourneau, mais bien à l'air libre.

*Essais d'inflammation des poussières par l'Alsilite.*

Les poussières utilisées pour ces essais provenaient de la couche Malgarnie, titrant 22% de matières volatiles et 2,58% de cendres (pourcentages établis à partir du charbon sec).

*Essai 1.*

Trois cartouches d'Alsilite amorcées d'un détonateur à temps 2 sont chargées en file derrière un bourrage d'argile de 10 cm. dans le mortier de 60 mm. La charge en explosant, disperse 3 kg. de poussières disposées en tas devant l'orifice du mortier.

Une seconde cartouche d'Alsilite suspendue dans la galerie explose une seconde plus tard dans le nuage poussiéreux.

Il n'y a pas inflammation des poussières.

*Essai 2.*

Identique à l'essai 1, sauf que la charge explosant dans le nuage comporte deux cartouches d'Alsilite.

Il n'y a pas inflammation des poussières.

*Essai 3.*

Identique à l'essai 2, sauf que la charge de dispersion est tirée sans bourrage.

Deux cartouches explosent donc dans le nuage soulevé par une charge non bourrée qui a détoné 1 1/2 seconde plus tôt.

Il y a inflammation violente des poussières; la flamme sort de la galerie.

*Essai 4.*

Identique à l'essai 3 et donnant lieu aux mêmes constatations. En outre, on retrouve des croûtes de coke sur le sol de la galerie, mais pas sur 3 bois placés transversalement dans la galerie.

*Essai 5.*

Les poussières (3 kg.) sont placées dans un sac de papier avec une cartouche d'Alsilite. Une seconde après l'explosion

du sac, une cartouche d'Alsilite suspendue dans la galerie détone dans le nuage poussiéreux.

Il n'y a pas inflammation.

*Essai 6.*

Même mode de dispersion des poussières que pour l'essai n° 4, mais la charge détonant dans le nuage poussiéreux comporte trois cartouches d'Alsilite.

Il y a inflammation violente des poussières; la flamme sort de la galerie.

*Essai 7 et 8.*

Identiques aux deux précédents en ce qui concerne la dispersion des poussières, mais la charge explosant dans le nuage est de deux cartouches.

Pour chacun des essais, il y a inflammation des poussières avec flamme sortant par l'orifice de la galerie.

En résumé, il y a inflammation des poussières lorsque deux cartouches explosent au sein d'un nuage poussiéreux soulevé au préalable soit par trois cartouches tirées au mortier sans bourrage, soit par une cartouche détonant dans un amas de poussières.

Il n'y a pas inflammation lorsque la charge de dispersion (3 cartouches) est tirée au mortier derrière un bourrage d'argile de 10 cm. de longueur.

Pour conclure, on peut dire que la détonation d'une faible charge d'explosif brisant, au sein d'un nuage de poussières charbonneuses à 22% de matières volatiles est capable d'en provoquer l'inflammation.

Cet accident fait ressortir la nécessité de ne confier l'exécution des tirs à temps qu'à des boutefeux expérimentés, capables de doser les charges en rapport avec le travail de fragmentation qu'elles doivent effectuer.

En tout cas, lorsqu'il s'agit de tirs à temps en présence

d'un milieu inflammable, la sécurité d'emploi n'est assurée que moyennant l'emploi d'explosifs S. G. P.

### 3) Etude de la gaine de sûreté.

On sait dans quelle mesure la gaine inventée par Em. Lemaire améliore la sécurité du tir.

L'examen des expériences rapportées par l'inventeur dans son mémoire paru en 1914 aux Annales des Mines de Belgique est suggestif à cet égard. (1).

Pour ne citer que les résultats les plus caractéristiques enregistrés au siège d'expériences de Frameries, rappelons que la dynamite gomme n° 1 tirée au mortier à la charge de 800 gr. n'enflamme ni le grisou, ni les poussières lorsque les cartouches sont pourvues d'une gaine de 100 gr. constituée par un mélange en parties égales de fluorure de calcium et de chlorure de sodium.

Rappelons aussi qu'on obtient le même résultat avec ces deux matières appliquées séparément à raison de 95 gr. par cartouche pour le chlorure et de 100 gr. pour le fluorure, alors qu'une seule cartouche du même explosif tirée sans gaine au mortier donne régulièrement l'inflammation.

La gaine confère donc la sécurité à un explosif puissant qui n'en a aucune : appliquée aux explosifs S. G. P. déjà sûrs par eux-mêmes, elle leur donne une sécurité double et compense ainsi les irrégularités inévitables de fabrication, lesquelles entraînent généralement un affaissement de la charge-limite.

Les résultats encourageants des recherches d'Em. Lemaire ne pouvaient manquer d'avoir leur répercussion sur la police du minage. Aussi dès 1920, la gaine de sûreté était-elle admise à remplacer le bourrage extérieur. Celui-ci, en raison de ses

(1) Voir Annales des Mines de Belgique, Tôme XIX, Année 1914, p. 587 et suivantes.

difficultés de réalisation fut alors rapidement délaissé au profit de la gaine dont l'emploi ne fit que s'étendre au cours années 1920 à 1930.

La fabrication en grand des explosifs gainés fit alors apparaître des difficultés qu'on n'avait d'abord pas soupçonnées.

La cartouche était parfois mal centrée dans sa gaine; la matière extinctrice se tassait à l'une des extrémités de la cartouche, découvrait le noyau explosif et se rassemblait dans le fond de l'enveloppe, gênant ainsi la propagation de l'onde explosive dans la charge et occasionnant des ratés de détonation.

Ces inconvénients amenèrent l'Institut National des Mines à entreprendre en collaboration avec les fabricants, une nouvelle étude des explosifs gainés. Divers perfectionnements furent apportés à l'encartouchage et à la confection des enveloppes, mais en outre, il fut reconnu que pour réduire le tassement de la matière gainante, il fallait y incorporer un liant : argile, kaolin ou plâtre.

L'arrêté royal du 14 août 1930 sanctionna ces constatations par les prescriptions suivantes : gaine de 3 mm. d'épaisseur renfermant (pour 100 gr. d'explosif) 65 gr. d'un mélange constitué par 25% d'agglomérant (argile, plâtre, kaolin) et 75% de matières extinctrices, celles-ci étant du fluorure de sodium ou du fluorure de calcium ou un mélange de chlorure de sodium ou de potassium avec 35% au moins de fluorure.

Le fabricant était donc libre de choisir parmi les matières extinctrices préconisées (chlorure ou fluorure), celles convenant le mieux à son explosif et surtout à ses procédés de réalisation de la gaine.

Pour vérifier l'efficacité de la substance choisie, on procédait par tirs en charges suspendues en plein grisou. Les cartouches au nombre de 8 (charge maximum d'emploi, étaient

placées jointivement et liées à une barre métallique de 5 à 6 mm. de diamètre. Les cartouches terminales étaient prolongées par des coiffes de 4 à 5 cm. de longueur de matières gainantes; ce qui se faisait très simplement en collant un cylindre de papier sur l'enveloppe de la cartouche. La charge ainsi réalisée était suspendue dans la chambre d'explosion de notre galerie expérimentale et suivant son axe longitudinal.

La gaine était reconnue efficace, lorsque sur cinq tirs consécutifs, aucun ne donnait l'inflammation du grisou.

Les nombreuses expériences que nous fîmes à cette époque (1930) sous la direction d'Ad. Breyre conduisirent à la reconnaissance de 8 formules différentes de mélange gainant (une pour chaque explosif S. G. P. agréé) dans lesquelles figurait en ordre principal du fluorure de calcium (au moins 50%) avec ou sans addition de chlorure de sodium, le liant étant de l'argile ou du plâtre.

Comme nous l'avons dit précédemment, les charges étaient tirées avec coiffes terminales de matière gainante. Certains explosifs supportèrent néanmoins l'épreuve sans cette sécurité additionnelle, mais les résultats de ces tirs n'étaient guère réguliers. Le même explosif tiré à la charge de 800 gr. sans fonds gainés allumait ou n'allumait pas le grisou suivant l'ancienneté de la fabrication ou la teneur en humidité, ces deux facteurs agissant dans des sens divers.

Il n'en reste pas moins vrai que la présence de matière gainante aux extrémités de la charge tempère la rigueur de l'épreuve en pleine atmosphère grisouteuse et partant de là, on peut se demander si le procédé n'est pas susceptible d'application aux tirs réels.

A notre avis, la réalisation de charges avec fonds gainés entraînerait des complications et nous avons estimé qu'il était préférable de chercher à accroître encore l'efficacité de la gaine, celle-ci ne comportant, comme l'avait prévu l'inventeur,

qu'un anneau de matières extinctrices couvrant le noyau explosif sans déborder sur les fonds. (1).

Pour y arriver, nous avons expérimenté en plus des substances entrant dans les gaines utilisées actuellement, d'autres produits que nous estimions plus efficaces et pour établir une échelle comparative de leur capacité extinctrice, nous les avons employés seuls et non en mélange.

Nous avons, dans certains cas, majoré le poids de matière extinctrice par cartouche, comparativement à celui prescrit par l'arrêté ministériel du 14 août 1930.

Le poids de 65 gr. par cartouche n'est pas suffisant, à notre avis, pour compenser les irrégularités de fabrication et les variations dans le comportement de l'explosif.

Dans le but de découvrir les modifications imputables à l'ancienneté, nous avons pris soin d'espacer dans le temps, les épreuves visant le même échantillon d'explosif.

Enfin, nous avons conservé le mode opératoire décrit précédemment, c'est-à-dire, le tir en plein grisou de cartouches gainées, suspendues en file, avec cette différence que les fonds extrêmes de la charge étaient découverts, c'est-à-dire sans coiffe de matière gainante.

Ces recherches sont loin d'être terminées; nous n'en donnons ci-après que les premiers résultats.

Pour chaque explosif et pour chaque matière expérimentée, nous indiquons au tableau II, les résultats extrêmes, c'est-à-dire, la charge minimum ayant enflammé et la charge maximum n'ayant pas enflammé.

(1) Nous pourrions ajouter aussi comme argument décisif militant en faveur d'une efficacité plus grande de la gaine, l'extension toujours croissante du minage à temps. L'incident classique avec ce procédé est l'amputation d'une des charges par une autre ayant explosé antérieurement, ce qui conduit à la détonation à l'air libre de cartouches protégées uniquement par une gaine annulaire sans intervention de matière extinctrice sur les fonds.

TABLEAU II.

Matière extinctrice	Diamètre de la cartouche gainée en mm.	Poids en gr. de matière extinctrice pour 100 gr. d'explosif	Charge	
			minimum ayant enflammé	maximum n'ayant pas enflammé
<i>Flammivore V bis</i>				
Feldspath	40	118	400	—
Carbonate de soude	56	60	900	800
Sulfate de potasse	58	100	700	—
Chlorure de sodium	58	85	700	600
Spath fluor (à 97 % de Ca Fl <sub>2</sub> )	56	110	900	800
Bicarbonate de soude	56	67	900	800
<i>Matagnite</i>				
Carbonate de soude	56	55	800	—
Sulfate de potasse	56	90	500	—
Spath fluor (97 %)	56	112	600	—
Bicarbonate de soude	56	77	700	—
<i>Nitrobaelenite III</i>				
Carbonate de soude	56	62	—	900
Sulfate de potasse	56	92	—	700
Spath fluor (97 %)	56	120	800	—
Bicarbonate de soude	56	67	900	800
<i>Nitrocooppalite</i>				
Carbonate de soude	56	50	—	800
Sulfate de potasse	56	90	—	900
Bicarbonate de soude	56	67	900	800
<i>Alkalite</i>				
Carbonate de soude	56	45	—	800
Sulfate de potasse	56	87	—	800
Spath fluor (97 %)	56	100	800	—
Bicarbonate de soude	56	70	900	800
<i>Triamite</i>				
Sulfate de potasse	58	96	700	—
Spath fluor (97 %)	58	100	800	700
Bicarbonate de soude	58	75	—	800

Les substances qui nous intéressent, sont celles qui ont permis le tir à la charge maximum d'emploi (800 gr.) sans inflammation du grisou.

Pour le Flammivore, ce sont le carbonate de soude, le spath-fluor (à 97% de fluorure de calcium) et le bicarbonate de soude; les mêmes substances se sont toutefois montrées inefficaces vis-à-vis de la Matagnite.

Le sulfate de potasse a donné des résultats satisfaisants, uniquement avec la Nitrocooppalite et l'Alkalite.

Le spath-fluor, efficace vis-à-vis du Flammivore ne l'a pas été vis-à-vis de la Matagnite, de la Nitrobaelenite, de la Nitrocooppalite, de l'Alkalite et de la Triamite.

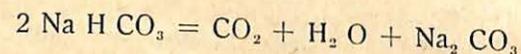
Il semble donc qu'une substance déterminée ne jouit pas d'une action extinctrice constante vis-à-vis de tous les explosifs ou en d'autres termes, que chaque explosif doit recevoir une gaine qui lui est appropriée.

Em. Lemaire avait déjà constaté que telle substance gainante efficace pour la dynamite-gomme l'était moins vis-à-vis d'un autre explosif brisant, tel la Sabulite O.

On constate ce fait bizarre que le chlorure de sodium qui figure dans tous nos explosifs S. G. P. ne possède pas une action extinctrice remarquable en tant que matière gainante.

Le carbonate de soude s'est comporté en extincteur parfait vis-à-vis du Flammivore, de la Nitrobaelenite, de la Nitrocooppalite, de l'Alkalite et pour les mêmes explosifs, le bicarbonate de soude a donné également des résultats satisfaisants.

Il y a là, plus qu'une simple coïncidence; le bicarbonate de soude soumis à un échauffement modéré se décompose en donnant de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et aussi du carbonate de soude, soit



Il n'est donc pas étonnant que le bicarbonate et le carbonate agissent parallèlement.

La conclusion ressortant de nos recherches est qu'il est possible de réaliser des gaines qui permettent le tir en plein grisou de la charge maximum d'emploi de plusieurs de nos explosifs S. G. P. sans qu'il y ait inflammation et cela malgré l'absence de fonds gainés aux extrémités de la charge.

Dans le courant de l'année 1947, nous aurons à examiner la mise en pratique de cette conclusion.

#### 4) Etude des incidents de minage.

Dans les rapports sur les exercices 1944 et 1945, nous avons indiqué les expériences que nous avons faites dans le but de déterminer les circonstances favorisant la déflagration des charges explosives.

Attribuant ce phénomène anormal à l'intervention d'une malfaçon dans le chargement, nous avons procédé d'abord à des tirs dont chacun présentait l'un ou l'autre des défauts suivants :

- 1° — Détonateur sorti de la cartouche-amorce;
- 2° — Solution de continuité de la charge, le vide étant rempli ou non de poussières stériles ou charbonneuses;
- 3° — Charges ayant subi une compression exagérée.

Ces essais effectués d'abord au mortier dans notre galerie expérimentale, puis au rocher dans notre galerie du Bois de Colfontaine, ont tous donné des résultats négatifs, c'est-à-dire, que nous avons constaté chaque fois la détonation, soit totale, soit partielle, mais jamais le phénomène intermédiaire : la combustion ralentie de la charge.

En 1946, nous avons continué ces recherches à notre galerie du Bois de Colfontaine, en agissant cette fois tout spécialement sur la composition de la cartouche amorce.

D'une façon générale, nous avons mélangé intimement à

l'explosif des parties égales de charbon broyé et de paraffine finement râpée.

Nous avons utilisé le Flammivore Vbis, explosif S. G. P. renfermant 10% de nitroglycérine.

Pour chaque tir, la charge comportant de 3 à 5 cartouches était introduite dans un trou foré dans le schiste tendre, puis bourrée avec de l'argile humide.

Lorsque le poids de charbon et de paraffine mélangés à l'explosif de la cartouche-amorce atteignent 9,7 gr. (19,4% de matière inerte pour 80,6% d'explosif) cette cartouche se consume sans faire détoner le reste de la charge.

A la mise à feu, on perçoit un bruit sourd et très faible, celui de l'explosion du détonateur. Puis on constate que le bourrage est resté en place. Celui-ci enlevé, on trouve le fourneau légèrement élargi et rempli de fumées blanches, provenant de la décomposition de la cartouche-amorce.

Du fond du trou, on retire les cartouches de composition normale non détonées mais ayant subi une compression telle que leur longueur se trouve réduite à 50% environ de sa valeur initiale.

L'altération de l'explosif dans la cartouche-amorce est certainement hors de proportion avec celle qu'on pourrait observer dans la pratique.

Le résultat de nos recherches méritait cependant d'être relaté, car jamais nous n'avions pu obtenir de combustion dans le cas d'amorçage par détonateur.

Nous en avons fait part aux fabricants d'explosifs; il y a lieu, en effet, de se demander si des intrusions de paraffine ne pourraient se produire dans l'explosif à la faveur d'un défaut d'encartouchage.

Cette étude sera poursuivie pendant l'année 1947 à notre nouveau du Bois de Colfontaine.

### 5) Composition des gaz émis par les charges tirées au mortier.

Nous avons poursuivi les recherches commencées en 1945 sur la composition des gaz provenant des charges tirées au mortier.

Nous nous sommes limités à l'étude des deux formules suivantes d'Amatol :

	Formule 1	Formule 3
Nitrate ammonique . . . . .	80	60
Trinitrotoluol . . . . .	20	16
Chlorure de sodium . . . . .	—	24

Dans le tir au mortier, la formule 1 enflamme le grisou à la charge de 100 gr., tandis que la formule 3 n'enflamme même pas à 800 gr. La seconde correspond sensiblement au point de vue composition à l'explosif antigrisouteux anglais "Roburite 4",.

Comme nous l'avons déjà indiqué dans notre Rapport sur les travaux de 1945, le gaz est prélevé dans un récipient de 530 cm<sup>3</sup>, en cuivre rouge, dans lequel on a fait au préalable le vide.

Ce récipient porte un tuyau métallique de 10 mm. de diamètre intérieur sur lequel est fixé par un raccord en caoutchouc, un tube de verre; celui-ci se termine par une pointe qu'on ferme à la flamme du bec Bunsen lors de la mise sous vide du récipient.

L'explosif (200 gr. environ) encartouché dans un tube de verre de 30 mm. de diamètre et amorcé d'un détonateur n° 8 est placé dans un mortier d'acier de 35 mm.

Nous avons, au cours des essais, fait varier l'endroit du

prélèvement, la position de la charge dans le mortier et celle du détonateur.

Les résultats de nos recherches sont reportés dans les tableaux III, IV, V, où nous avons indiqué en molécule-gramme les produits de la décomposition de l'explosif.

Le tableau III se rapporte à des tirs sans bourrage. Les résultats sont irréguliers, ce qui est dû à l'absence de bourrage. On observera cependant que les teneurs en éléments combustibles CO et H<sub>2</sub> sont maximum lorsque le prélèvement est fait à l'orifice du mortier.

· TABLEAU III ·  
TIRS SANS BOURRAGE  
DETONATEUR VERS L'ORIFICE  
Longueur du vide antérieur : 25 à 30 cm.

N° essai	Amatol pur [1]			Amatol à 24% de sel [3]				
	Prélèvement			Prélèvement				
	en A	en B	en C	en A	en B	en C		
1	2	3	4	5	6	7	8	
CO <sub>2</sub>	0,471	0,526	0,563	0,512	0,515	0,588	0,551	0,595
H <sub>2</sub> O	2,102	2,144	2,182	2,157	2,075	2,179	2,123	2,139
CO	0,117	0,079	0,044	0,091	0,092	0,058	0,081	0,025
CH <sub>4</sub>	0,028	0,011	0,009	0,013	0,041	0,003	0,016	0,028
N <sub>2</sub> O	0,005	0,006	0,006	0,004	0,004	0,003	0,008	0,006
H <sub>2</sub>	0,062	0,054	0,020	0,037	0,049	0,020	0,050	0,010
O <sub>2</sub>	0,181	0,123	0,085	0,126	0,156	0,050	0,100	0,078
N <sub>2</sub>	1,127	1,126	1,126	1,128	1,121	1,122	1,117	1,119

Les produits de la combustion (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub> O) au contraire, augmentent, en moyenne du moins, lorsqu'on écarte du mortier, le tube captant les gaz de la détonation.

Les réactions ne sont donc pas terminées lorsque les produits de l'explosion s'échappent du mortier et la combustion de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène se poursuit au contact de l'air.

Le tableau IV se rapporte à des tirs effectués sans bourrage, le détonateur se trouvant dans l'extrémité arrière de la charge.

· TABLEAU IV ·  
TIRS SANS BOURRAGE  
DETONATEUR VERS LE FOND  
Prélèvement à l'orifice du mortier

N° essai	Amatol pur [1]		Amatol à 24% de chlorure sodiq. [3]	
	Vide antérieur de 30 cm	Pas de vide antérieur	Vide antérieur de 30 cm	Pas de vide antérieur
9	10	11	12	
CO <sub>2</sub>	0,537	0,537	0,520	0,553
H <sub>2</sub> O	2,153	2,152	2,074	2,120
CO	0,063	0,065	0,078	0,071
CH <sub>4</sub>	0,016	0,014	0,051	0,025
N <sub>2</sub> O	0,004	0,003	0,004	0,003
H <sub>2</sub>	0,035	0,040	0,029	0,035
O <sub>2</sub>	0,117	0,117	0,160	0,106
N <sub>2</sub>	1,128	1,129	1,121	1,118

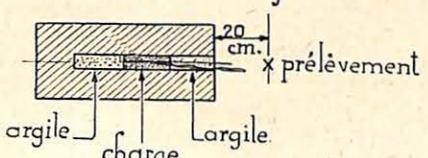
Si on compare les formules de décomposition des essais 9 à 12 avec celles des essais 1 et 5 figurant au tableau III (pour

tous ces essais, le prélèvement de gaz a été effectué à l'orifice du mortier) on constate une diminution des gaz combustibles CO et H<sub>2</sub> lorsqu'on passe de l'amorçage antérieur à l'amorçage postérieur. (Les teneurs en CO et H<sub>2</sub> du tableau IV sont inférieures, en effet, à celles des essais 1 et 5 du tableau III).

Les réactions de décomposition sont donc plus avancées avec le second mode d'amorçage.

Le tableau V se rapporte à des charges tirées derrière un

TABLEAU V.  
TIRS AVEC BOURRAGE D'ARGILE  
AMORÇAGE ANTERIEUR  
Prélèvement à 20 cm. de l'orifice du mortier



N° essai	Amatol pur [1]			Amatol à 24% de chlorure sodique [3]		
	Longueur du bourrage en cm.					
	13	30	30	10	16	30
CO <sub>2</sub>	0,558	0,554	0,556	0,555	0,595	0,568
H <sub>2</sub> O	2,181	2,149	2,176	2,113	2,146	2,031
CO	0,047	0,043	0,052	0,061	0,034	néant
CH <sub>4</sub>	0,011	0,019	0,008	0,032	0,019	0,080
N <sub>2</sub> O	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,009
H <sub>2</sub>	0,017	0,066	0,028	0,028	0,021	0,014
O <sub>2</sub>	0,090	0,113	0,092	0,114	0,071	0,170
N <sub>2</sub>	1,129	1,130	1,129	1,121	1,123	1,116

bourrage d'argile. On constate maintenant une dispersion moindre des résultats; la présence du bourrage a donc pour

effet de régulariser les réactions de décomposition de l'explosif, ce qui était à prévoir.

L'avancement des réactions ne paraît pas être influencé par l'accroissement de la longueur du bourrage et abstraction faite de l'essai 18, il reste toujours des éléments combustibles (CO et H<sub>2</sub>) dans les gaz de détonation.

En tout cas, il n'y a pas de discordance marquante entre les gaz de détonation des deux formules que nous avons expérimentées; elles sont cependant bien différentes, puisque l'une est un explosif antigrisouteux, alors que l'autre ne l'est pas.

La corrosion accentuée de notre mortier ne nous a pas permis de continuer cette recherche.

#### 6) Etude des détonateurs à temps.

Au cours de l'année 1946, nous avons étudié deux lots de détonateurs à temps présentés par les firmes "Dynamit Aktien Gesellschaft", (D. A. G.) de Troisdorf (Allemagne) et "Atlas Powder", de Delaware (Etats-Unis).

##### a) Rappel des méthodes de vérification.

Pour rappel, nous indiquerons d'abord les vérifications auxquelles nous procédons pour des études de ce genre.

##### Mesure du temps d'explosion.

Le but de cette mesure est de déterminer le temps s'écoulant entre le lancé du courant et l'explosion du détonateur.

On fait passer dans le détonateur le courant d'une batterie réglé à une valeur déterminée et on enregistre à l'oscillographe la durée du passage du courant: celui-ci cesse avec l'explosion du détonateur.

On soumet à l'épreuve un nombre de détonateurs instantanés, suffisant pour couvrir la dispersion due aux irrégularités de fabrication et on ne retient des temps mesurés, que le minimum T<sub>1</sub>.

*Mesure de la sensibilité des amorces.*

Son but est de déterminer la durée du courant strictement nécessaire pour enflammer l'amorce du détonateur.

Les détonateurs connectés en série par groupe de quatre ou cinq sont insérés dans un circuit de tir comportant notamment une batterie d'accumulateurs et un interrupteur rotatif permettant de limiter à une valeur connue, la durée du courant.

En faisant varier à la fois l'intensité du courant et sa durée de passage, on obtient soit l'allumage de tous les détonateurs insérés dans le circuit, soit l'allumage d'une partie seulement de ces détonateurs, soit le raté de tous les détonateurs.

On enregistre à l'oscillographe les durées et intensités du courant. Pour une intensité déterminée, on ne retient que les essais ayant donné l'explosion de tous les détonateurs introduits dans le circuit et parmi les durées enregistrées on note le maximum soit  $t_{11}$ . Celui-ci représente le temps de passage strictement nécessaire pour faire partir les amorces les moins sensibles du lot.

Les deux mesures : temps d'explosion des détonateurs et sensibilité des amorces ont pour objet la vérification de la régularité de mise à feu des détonateurs.

Il n'y a pas de raté d'allumage dans un tir réel, si pour une intensité déterminée, l'amorce la moins sensible reçoit l'énergie nécessaire pour son inflammation avant l'explosion du premier détonateur; en d'autres termes, il faut  $t_{11} < T_1$ .

*Vérification des départs.*

Pour un minage régulier, il faut évidemment que les départs des détonateurs s'échelonnent dans le temps d'après la numérotation des retards.

Nous vérifions la régularité des départs en enregistrant les ondes sonores produites par l'explosion des détonateurs. Celles-ci sont captées par un microphone connecté au circuit

d'amplification d'un poste de radio. Le courant amplifié est enregistré sur le film de l'oscillographe à côté du courant d'allumage.

Chaque série expérimentée comporte quatre détonateurs de retards différents et un détonateur instantané, l'explosion de ce dernier servant d'origine du temps.

b) *Etude des détonateurs de la « Dynamit Aktien Gesellschaft ».*

Nous avons d'abord vérifié la régularité de fabrication en mesurant les temps maximum d'inflammation des amorces et les temps minimum d'explosion des détonateurs instantanés.

Les résultats de cette première vérification sont indiqués dans le tableau VI.

TABLEAU VI.

Intensité du courant d'allumage en ampère	Temps d'inflammation des amorces les moins sensibles en millisecondes. $t_{11}$	Temps minima d'explosion des détonateurs en millisecondes. $T_1$
0,9	1,95	2,10
1,0	1,55	1,85
1,1	1,25	1,60
1,2	0,90	1,55
1,5	0,60	1,10

Pour chaque intensité du courant d'allumage, les temps de la seconde colonne sont inférieurs à ceux de la troisième, condition nécessaire pour l'allumage sans raté des détonateurs appartenant à une même volée.

L'examen de la régularité des retards a donné les résultats indiqués au tableau VII.

TABLEAU VII.

Retard	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temps moyen d'explosion . .	0,50	1,01	1,59	1,98	2,42	2,85	3,37	3,82	4,24	4,74
Nombre d'essais . . . .	5	15	8	10	8	10	8	7	9	9
Ecart maximum avec le temps moyen . . . .	0,06	0,15	0,17	0,14	0,20	0,15	0,07	0,09	0,20	0,24
Ecart entre les extrêmes . . . .	0,10	0,24	0,25	0,24	0,28	0,28	0,15	0,14	0,52	0,50
Temps minimum d'explosion . .	0,46	0,92	1,42	1,88	2,54	2,72	3,50	3,75	4,12	4,68
Temps maximum d'explosion . .	0,56	1,16	1,65	2,12	2,62	3,00	3,45	3,87	4,44	4,98
Ecart minimum entre les retards consécutifs . . . .	0,56	0,26	0,25	0,22	0,10	0,50	0,50	0,25	0,24	

L'écart entre les temps moyens d'explosion et les temps théoriques : 0,5 1,0 1,5 ..... 5,00 sec. est maximum pour les détonateurs à retard 9 et 10, soit 0,26 sec.; pour les détonateurs retards 1 à 8, cet écart ne dépasse pas 0,18 sec.

L'écart maximum entre le temps moyen et le temps extrême des détonateurs d'une même série atteint 0,24 seconde pour les détonateurs retard 10; il est donc voisin de la moitié (0,25 sec.) du temps s'écoulant théoriquement entre deux départs consécutifs.

L'écart entre les temps extrêmes de chaque série varie entre 0,1 et 0,32 sec.

Enfin, l'écart minimum, entre les retards consécutifs (différence entre le temps maximum d'explosion d'une série et le temps minimum d'explosion de la série suivante) descend à 0,10 sec. pour les retards 5 et 6.

Nous avons trouvé cet écart absolument trop réduit pour pouvoir admettre dans le même circuit de tir, la présence de la gamme complète des retards.

Rappelons qu'à la suite d'une vérification effectuée en 1942, nous avons, au contraire, admis la possibilité d'utiliser la série complète des détonateurs 1 à 10.

Dans le tableau VIII, nous comparons les chiffres trouvés en 1942 et en 1946.

TABLEAU VIII.

Ecart	1942	1946
Ecart maximum entre le temps moyen d'explosion et le temps extrême . .	0,15	0,24
Ecart maximum entre les temps extrêmes	0,25	0,52
Ecart minimum entre les retards consécutifs . . . . .	0,24	0,10

La nouvelle fabrication (1946) est donc moins régulière que la précédente (1942).

c) **Etude des détonateurs de la firme « Atlas ».**

Bien que nous n'ayons pu proposer l'agrégation de ces détonateurs, nous nous étendrons assez longuement à leur sujet à cause d'une particularité de fabrication les différenciant nettement des détonateurs utilisés habituellement en Belgique.

Les détonateurs « Atlas », renferment, en effet, une poudre relai dont la combustion est accompagnée d'une émission de gaz; dans les détonateurs de la D. A. G., cette poudre étant composée d'un métal et d'un oxyde, la transmission de la flamme dans le tube relai s'opère sans dégagement gazeux.

Les premiers sont logés dans un étui en cuivre pourvu d'évent, les seconds, au contraire, dans un étui complètement clos.

La réalisation des détonateurs Atlas est donc la suivante :

Les conducteurs sont sertis dans l'étui de cuivre par une coulée de soufre à l'orifice et une de bitume à l'intérieur. Ces deux conducteurs sont soudés à des lamelles entre lesquelles est tendu le fil de pont enrobé lui-même par la matière d'amorce.

A la suite de l'amorce (voir croquis fig. 1) vient le relai comportant a) un cylindre métallique (C) percé latéralement d'un évent (O) faisant face à un autre (O') pratiqué dans l'étui du détonateur et fermé par une pellicule de vernis ; b) un tube (t) percé axialement d'un canal cylindrique renfermant la poudre à combustion lente.

En-dessous du relai, se trouve la charge fulminante comme dans les détonateurs ordinaires.

Pour éviter l'obstruction de l'évent, un second tube de cuivre (T) est serté coaxialement sur le détonateur proprement dit.

Dès qu'on lance le courant dans le détonateur, la poudre-relai entre en combustion en émettant une fumée bleue, visible dans le tir à l'air libre.

Ces détonateurs sont plus longs que ceux habituellement utilisés en Belgique.

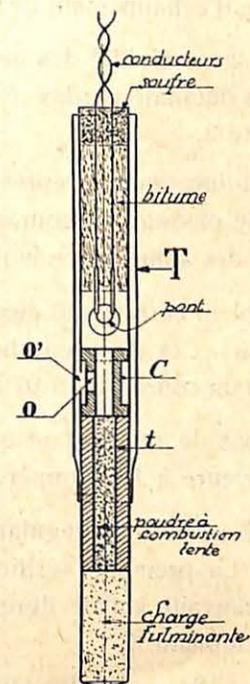


Fig. 1.

On peut s'en rendre compte par le tableau IX ci-dessous :

	Longueur en mm.	
	Détonateurs Atlas	Détonateurs Esbach
Instantané . . . . .	56	55
Temps 1 . . . . .	72	55
» 2 . . . . .	76	57
» 3 . . . . .	79	60
» 4 . . . . .	82	63
» 5 . . . . .	85	65
» 6 . . . . .	89	67
» 7 . . . . .	92	70

Le diamètre de l'étui est de 7 mm., dimension adoptée pour les détonateurs d'autres marques; par contre, le tube extérieur protégeant l'ouverture d'échappement des gaz est de 8,5 mm.

Nous avons vérifié la sensibilité des amorces et mesuré les temps d'explosion des détonateurs; les résultats ont été reportés au graphique figure 2.

La courbe en trait interrompu représente en fonction de l'intensité, le temps de passage du courant strictement nécessaire pour l'allumage des amorces les moins sensibles.

La courbe en trait plein correspond aux temps minima d'explosion des détonateurs. Ces deux courbes se coupent en un point correspondant à un courant de 1,07 ampère.

Pour qu'il n'y ait pas de raté, il faut que le débit dans une ligne de tir soit supérieure à 1,07 ampère.

Nous avons vérifié ensuite la régularité des départs des détonateurs à temps. La première vérification a été faite sur des détonateurs se trouvant à l'air libre; elle a conduit aux résultats indiqués au tableau X.

Les départs sont réguliers pour les temps 1 à 6. Les écarts entre les temps extrêmes (3ième ligne) sont relativement faibles et les écarts maxima des temps extrêmes avec les temps moyens (2ième ligne) sont de loin inférieurs aux écarts minima entre les temps successifs (6ième ligne).

Seuls, les détonateurs de temps 7 échappent à cette conclusion favorable : l'écart entre les extrêmes est plus élevé (0,24) et l'écart minimum avec les détos à temps 6 descend à 0,13 seconde.

Dans le but de voir l'influence du confinement sur la régularité des départs, nous avons procédé à une seconde vérification sur des détonateurs enfouis dans du sable, derrière un bourrage d'argile.

TABLEAU X.

	Temps						
	1	2	5	4	5	6	7
Temps moyens d'explosion (comptés à partir du détonateur instantané) . . .	1,69	2,20	2,70	3,26	3,75	4,31	4,76
Écart maximum avec le temps moyen . . . . .	0,07	0,07	0,06	0,12	0,09	0,08	0,24
Écart entre les extrêmes . . .	0,14	0,15	0,10	0,25	0,17	0,16	0,55
Temps minimum . . . . .	1,62	2,15	2,66	3,14	3,66	4,23	4,52
Temps maximum . . . . .	1,76	2,26	2,76	3,37	3,85	4,59	4,85
Écart minimum entre les temps successifs . . . . .	0,37	0,40	0,40	0,58	0,29	0,40	0,15

N.B. — Tous les temps sont exprimés en secondes.

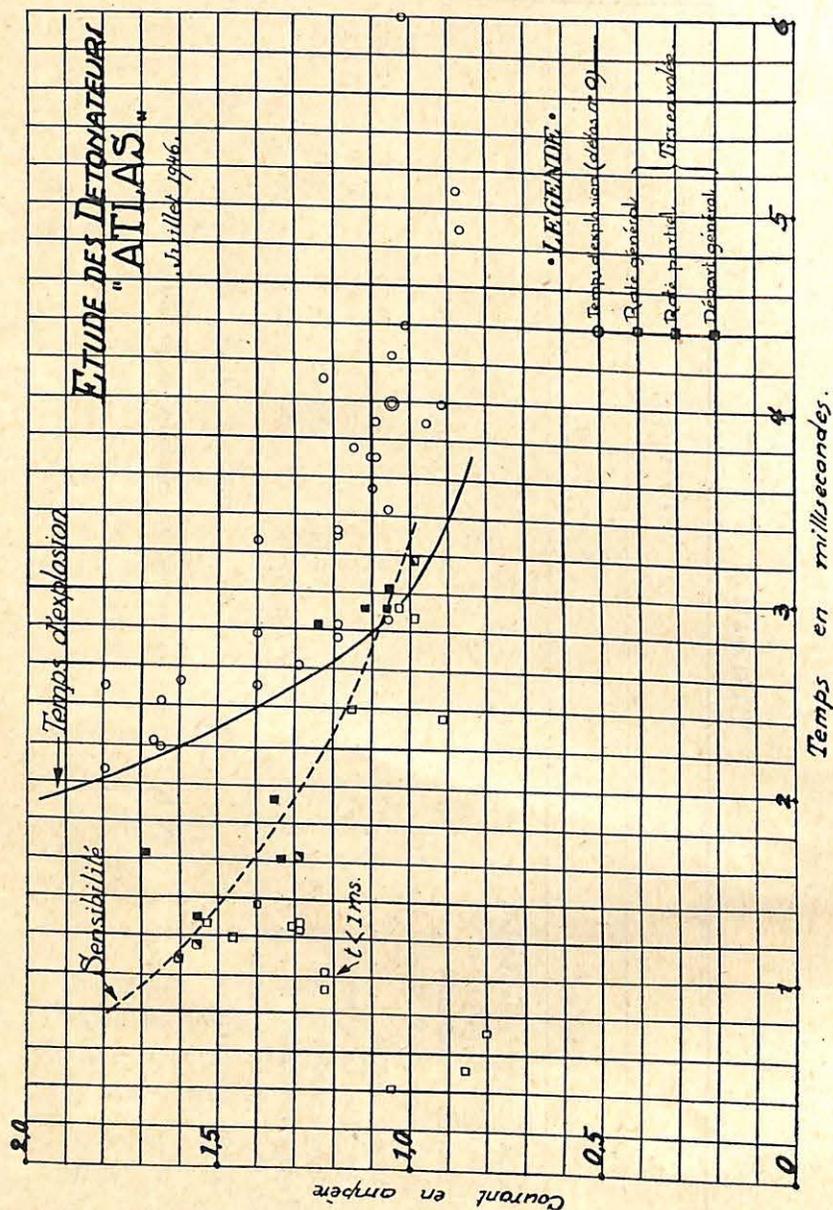


Fig. 2.

Le détonateur (voir figure 3) était placé dans un tube d'acier fermé d'un côté par un bouchon également en acier, mais percé d'une ouverture livrant passage à la partie inférieure du détonateur.

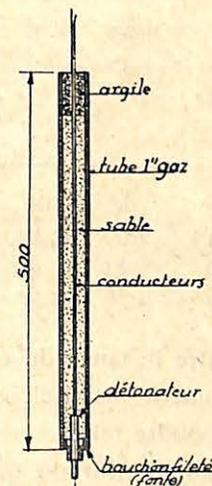


Fig. 3.

Le tube d'acier était rempli de sable et fermé par un bouchon d'argile.

La charge fulminante du détonateur explosait donc à l'air libre et le bruit de l'explosion pouvait être enregistré à l'oscillographe.

Nous avons procédé ainsi à trois essais, pour lesquels cinq détonateurs de retard différents étaient connectés en série.

Dans le tableau XI, nous avons indiqué les résultats de nos enregistrements à l'oscillographe pour les détonateurs tirés sous confinement ainsi que les valeurs extrêmes des temps d'explosion des détonateurs sautant à l'air libre.

TABLEAU XI.

N°	Temps d'explosion des détos à temps (sous confinement)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,92	1,1	1,35	1,68	2,56	—	—
2	1,20	—	1,45	—	2,00	2,65	3,39
3	—	1,44	—	1,70	1,86	superposé à (5) 4,08	
Temps d'explosion du tir à l'air libre	de 1,62 à 1,76	de 2,15 à 2,26	de 2,66 à 2,76	de 3,14 à 3,37	de 3,66 à 3,85	de 4,25 à 4,39	de 4,52 à 4,85

Le délai s'écoulant entre le lancé du courant et l'explosion est réduit par le confinement; celui-ci influence donc l'allure de la combustion de la poudre relai.

Comme on ne peut jamais affirmer que le confinement de plusieurs mines tirées en volée sera identique, l'emploi de ces détonateurs à dégagement gazeux conduirait à des chevauchements inadmissibles.

Le cas s'est d'ailleurs produit lors de l'essai n° 3 (voir tableau XI) : les détonateurs retard 5 et 6 ont explosé simultanément.

Pour cette raison, nous n'avons pu proposer l'agrégation des détonateurs Atlas. Leurs dimensions auraient compliqué d'ailleurs l'amorçage.

### 7) Etude d'un ohmmètre de sûreté.

Cet appareil, construit par la firme Evershed et Vignole de Londres nous a été présenté pour agrégation par la Sté des Anciens Etablissements Victor Duquesne (A. E. V. D.) de Bruxelles.

Il comporte essentiellement (voir schéma fig. 4) :

- une magnéto manœuvrable par une manivelle;
- un galvanomètre à aiguille;
- trois résistances fixes bobinées.

La magnéto est pourvue d'un induit à deux bobines tournant dans le champ d'un aimant permanent et créant du courant redressé par un commutateur calé sur l'axe de l'induit.

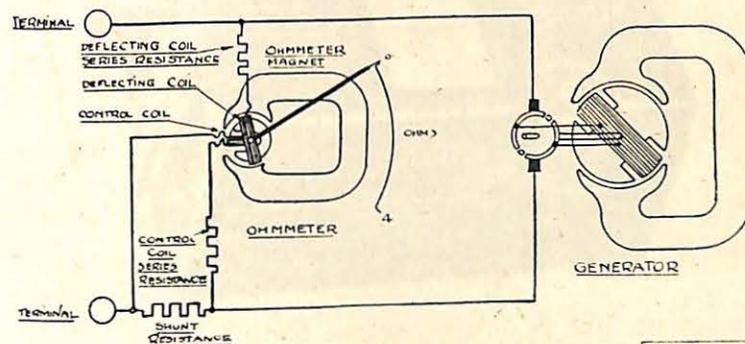


DIAGRAM OF CONNECTIONS & WINDING SCHEDULE  
EVERSHED SAFETY OHMMETERS (CONDUCTOR RANGE >)  
REGD TRADE MARK "MEGGER"

EVERSHED & VIGNOLE LTD  
LONDON W 4  
RD. 941

Fig. 4.

Le galvanomètre du type électromagnétique (logomètre) est pourvu d'un équipage mobile porteur de deux enroulements croisés à 90° environ.

Les trois résistances calibrées ainsi que la résistance à mesurer (ligne de tir) constituent en définitive un pont alimenté par la magnéto et contrôlé par le galvanomètre.

Tous les organes électriques sont disposés dans un boîtier en matière plastique qui est constitué par deux cuvettes rectangulaires assemblées par quatre vis suivant un joint plat de 4 mm. (voir figure 5).

La cuvette supérieure est percée d'un regard fermé par une glace permettant d'observer les indications du galvanomètre.

La même cuvette est traversée par deux boutons-poussoirs

pour la commande de pinces à guillotine destinées à recevoir les extrémités de la ligne de tir.

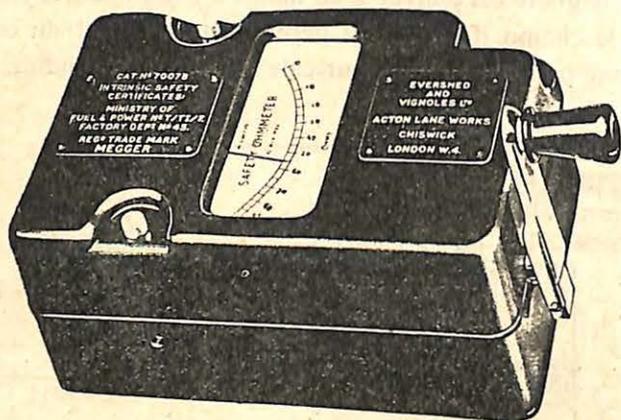


Fig. 5.

A l'endroit du joint des cuvettes, se trouve l'axe de commande de la magnéto.

Une rondelle de matière isolante poussée par un ressort rend étanche la traversée de l'axe de commande, empêchant l'accès des poussières dans le mécanisme.

L'appareil est transporté dans une sacoche de cuir qui garantit son enveloppe contre les chocs.

Toutes les manœuvres que nécessite une mesure sont possible sans qu'il soit requis de retirer l'appareil de sa sacoche de protection.

L'échelle s'étend de 0 à 100 ohms, l'appareil est donc utilisable pour la mesure de la résistance des lignes de tir.

La tension à circuit ouvert relevée sur un voltmètre d'une résistance de 1.500 ohms, est de 1,6 volts; l'intensité maximum du courant de court-circuit mesurée par un ampèremètre électromagnétique est de 12 milliampères.

En ce qui concerne la réalisation des traversées d'axe et la résistance de l'enveloppe, cet appareil ne répond à aucune des prescriptions de l'Institut National des Mines relatives à la construction du matériel électrique antidéflagrant.

Par contre, l'appareillage électrique présente le caractère de " sécurité intrinsèque ", en vertu duquel son emploi est sans danger dans une atmosphère inflammable.

La qualification " sécurité intrinsèque ", est utilisée maintenant par le " Safety in Mines Research Board ", pour désigner les appareils électriques dont les étincelles ne présentent pas l'énergie suffisante pour allumer les mélanges d'air et de grisou.

Pour l'ohmmètre Evershed et Vignole, cette qualité résulte de la valeur extrêmement réduite des tensions et intensités mises en jeu.

Nous avons constaté en effet que la rupture du courant de court-circuit dans un mélange d'air et de gaz d'éclairage ne provoquait pas l'explosion, alors même que la manivelle était actionnée à une vitesse dépassant largement la valeur normale.

Nous avons donc proposé cet appareil à l'agrégation ministérielle.

## II. — ETUDE D'UN ACCIDENT

### CAUSE PAR UNE LAMPE A BENZINE DEFECTUEUSE.

Cet accident est survenu le 4 mars 1946 au Charbonnage de Bonne Espérance à Lambusart, au cours du creusement d'un montage destiné à rétablir la continuité d'un front de taille dont le tiers supérieur avait été arrêté contre un dérangement.

Le montage long de 10 m environ était aéré par une ligne de buses (4 éléments de 2 m de longueur et 230 mm de diamètre) et un turbo-ventilateur.

Le 4 mars, en arrivant au chantier, le personnel trouve le montage infesté de grisou et met le ventilateur en marche.

Peu de temps après, se produit une explosion de grisou dont la flamme se propage vers l'amont pendage jusque dans le pilier, à 100 m environ du ventilateur et vers l'aval pendage, jusqu'au sommet de la partie active de la taille.

Au cours de l'enquête, on releva comme indice du passage de la flamme la combustion superficielle de certains bois, mais on n'observa aucun effet mécanique, caractéristique incontestable d'une explosion peu violente.

De plus, on retrouva dans la canalisation d'aérage, contre la roue du ventilateur, un bloc de schiste dur mesurant approximativement 100 x 100 x 90 mm, ce qui avait amené l'Ingénieur verbalisant à considérer d'abord le ventilateur comme étant l'origine de l'explosion.

#### a) Recherches sur le turbo-ventilateur.

Le turbo-ventilateur de la Société Belge d'Outillage pneumatique (B. O. P.) d'un diamètre de 290 mm, ne présentait aucun défaut de centrage : la roue tournait librement dans son coursier et l'axe n'avait pas de jeu exagéré dans ses roulements.

Les pales, en alliage léger (genre Alpax), étaient cepen-

dant usées à proximité de la jante comme si elles avaient subi le contact d'un corps dur.

Cette constatation permettait de supposer, avant toute recherche, que l'inflammation du grisou avait été provoquée par la friction du bloc de schiste sur la roue, friction qui aurait entraîné l'incandescence du métal ou même l'arrachement de particules solides à haute température.

Mais ainsi que nous avons pu l'observer, il est impossible d'obtenir les étincelles par application continue du schiste sur la roue en mouvement, dut-on même accentuer la pression jusqu'à ralentir considérablement la rotation du ventilateur.

Par contre, nous avons pu obtenir quelques rares étincelles en appliquant passagèrement le schiste sur les pales tournant à leur vitesse de régime.

Cette expérience a été reprise en atmosphère grisouteuse.

Le bloc de schiste suspendu à une corde passant sur une poulie était amené par intermittence au contact de la roue.

Le ventilateur, alimenté à une pression d'air de 5 kg environ, était placé en position horizontale et le grisou était amené en quantité suffisante pour maintenir constamment une teneur en méthane de l'ordre de 10 %, à l'endroit même où se produisait la friction des matériaux.

Nous n'avons pu obtenir ainsi l'inflammation du mélange grisouteux.

Le ventilateur étant mis hors cause, il nous restait à examiner les lampes saisies au charbonnage soit deux lampes électriques et une lampe à benzine retrouvée dans la fausse voie au pied du montage.

#### b) Examen des lampes.

Les deux lampes électriques sont du type F. A. M. de la Cie auxiliaire des Mines, agréé par la décision ministérielle n° 13C/3747 du 24 janvier 1945.

Ces lampes portent les numéros 246 et 257; elles sont en parfait état et pourvues d'une fermeture efficace.

La lampe à benzine n° 55 est cuirassée et du type Wolf-Joris n° 4 à alimentation inférieure, agréé par l'arrêté ministériel du 5 août 1912 (voir Annales des Mines de Belgique Tome XVII - année 1912, pages 826 et suivantes).

Pour la facilité du lecteur, nous avons reproduit à la fig. 6 le dessin côté de la lampe, tel qu'il figure dans l'arrêté d'agrément.

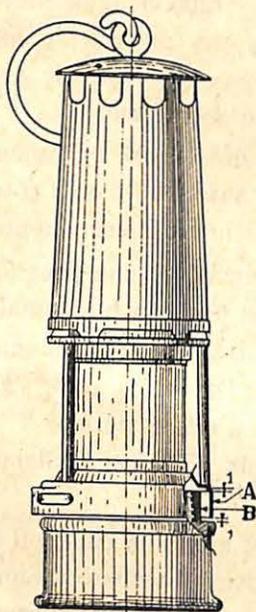


Fig. 6.

L'anneau de base de l'armature est fait de deux pièces cylindriques et concentriques A et B; la pièce B est filetée intérieurement et se visse sur le pot; la pièce extérieure A porte les cinq barreaux de protection du verre. Lorsque l'armature est vissée à fond, elle s'appuie sur le pot par la

pièce B de l'anneau de base, tandis que la pièce A du même anneau s'arrête à 1 mm du pot.

L'air n'arrive donc sur la couronne qu'après avoir traversé un joint circulaire de 1 mm de hauteur s'étendant sur toute la périphérie du pot.

Avant de démonter la lampe saisie au charbonnage, nous constatons que le jeu entre le pot et la pièce A qui porte les barreaux de protection du verre mesure 2,5 à 3,05 mm, dépassant largement la hauteur de 1 mm cotée dans le dessin annexé à l'arrêté d'agrément.

L'examen de la bande paraffinée du rallumeur montre que cet organe n'a vraisemblablement pas été utilisé après remise de la lampe à l'ouvrier.

Après ouverture de la lampe à l'aide d'un électro-aimant, nous avons examiné les organes intérieurs.

Les tamis sont en bon état et répondent aux dimensions réglementaires.

Le verre repose sur deux rondelles de fibre d'une épaisseur totale de 2,3 mm.

Par contre, la couronne d'entrée d'air présente plusieurs avaries.

L'anneau percé des 6 fenêtres garnies de double toile est disjoint de la douille dans laquelle s'emboîte le verre.

Deux des 6 rivets assemblant les deux viroles formant cet anneau n'ont plus de tête. Le métal est fissuré en cinq endroits différents : à l'aplomb de 4 rivets et au milieu d'une des fenêtres.

Enfin, la fenêtre fissurée (voir croquis fig. 7) est pourvue d'une toile avariée qu'on peut déplacer aisément soit vers la droite, soit vers la gauche.

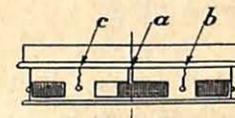


Fig. 7.

A la faveur de ce déplacement latéral, on peut créer dans la fenêtre, une ouverture libre de 6 mm de longueur et de 3 mm de hauteur (soit celle de la fenêtre).

Sur le croquis de la fig. 7, nous avons représenté la fenêtre fissurée en (a) avec le passage libre maximum à gauche de la double toile et en (b) et (c) les fissures à l'endroit des rivets. (Il existe en réalité quatre fissures au droit des rivets).

### c) Essais sur la lampe à benzine.

Les avaries graves affectant la couronne de même que la hauteur exagérée de l'ouverture d'entrée d'air sous l'armature nous ont amené à suspecter la lampe à benzine.

Cette opinion a été confirmée par les essais que nous relatons succinctement ci-après.

Nous avons utilisé d'abord une caisse de bois (C) (voir figure 8), percée d'un regard avec glace (G) et dans laquelle on pouvait amener par le tuyau (T) un mélange inflammable d'air et de grisou.

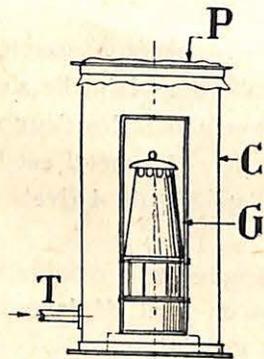


Fig. 8.

Le fond supérieur de la caisse était constitué par une feuille de papier (P) perforée pour la circulation du mélange.

Après avoir placé la lampe allumée à l'intérieur de la caisse, on faisait arriver le mélange inflammable.

Sur 30 essais au cours desquels la teneur en méthane du mélange a varié de 7,75 à 9,5%, nous n'avons obtenu qu'une seule inflammation. Celle-ci a été précédée de l'apparition d'un panache de flammes bleues refluant vers la couronne qui a été traversée sans délai.

La teneur était alors de 8,5 % et l'ouverture libre dans la couronne mesurait 6 mm de longueur, c'est-à-dire, présentait la section maximum de passage qu'on pouvait offrir à la flamme en déplaçant latéralement la toile avariée.

Au cours des vingt-neuf autres essais, nous avons modifié à plusieurs reprises la position de cette toile dans la fenêtre, réalisant ainsi soit une, soit deux ouvertures libres dans la couronne.

Nous avons poursuivi ensuite nos expériences dans un autre appareil déjà décrit à maintes reprises à propos d'essais de mise en défaut de lampes avariées.

Cet appareil consiste en un cylindre en tôle vertical (C) (voir figure 9) percé d'un regard (R) avec glace et dans lequel on fait pénétrer par le bas la lampe suspendue à une corde passant sur une poulie (p). Le cylindre est fermé vers le haut par une plaque (P).

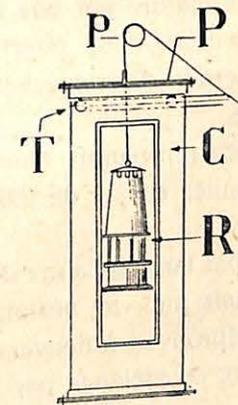


Fig. 9.

Le tuyau (T) amène l'air grisouteux qui est envoyé par une pompe non représentée au croquis.

Avec cet appareil, on introduit donc la lampe dans une mélange grisouteux à teneur bien déterminée.

Nous avons procédé à vingt essais au cours desquels la toile avariée a été déplacée de façon à ménager soit une ouverture libre de 6 mm de longueur, soit de deux ouvertures égales ayant chacune 3 mm de longueur.

La teneur en méthane a varié au cours des essais entre 7,5 et 10 %.

Nous avons obtenu 12 traversées de la couronne avec inflammation du mélange ambiant et celles-ci se sont produites quelle que fût la position de la toile dans la couronne.

En résumé, le risque de traversée augmente considérablement lorsqu'au lieu de faire arriver le mélange grisouteux sur la lampe allumée, on introduit la lampe dans le mélange préformé.

Mais, comme nous l'avons dit précédemment, la lampe présentait en plus d'une avarie à la couronne, un second défaut consistant dans le serrage incomplet de l'armature sur le pot. On pouvait, tout en assurant un serrage convenable du verre et des tamis, réduire la hauteur du joint circulaire d'entrée d'air, soit en retirant simplement les deux rondelles de fibre, soit en remplaçant l'armature par une autre identique, prélevée dans nos collections, mais pourvue de barreaux plus longs, ce qui permettait de conserver les deux rondelles de fibre sous le verre.

Le joint d'entrée d'air mesurait alors en hauteur de 1 à 1,5 mm dans le premier cas et de 0,6 à 1,3 mm dans le second.

La lampe corrigée par l'un ou l'autre des procédés que nous venons d'indiquer, mais pourvue néanmoins de sa couronne avariée, a été alors éprouvée à nouveau en atmosphère grisouteuse (introduction du mélange par le bas).

Aucun des dix essais auxquels nous avons procédé n'a donné l'inflammation.

En ramenant la hauteur du joint d'entrée d'air à une valeur voisine de celle prescrite par l'arrêté d'agrément, nous avons donc corrigé la déficience de la couronne d'entrée d'air avariée.

On verra en cela la justification du principe de la superposition des organes ou dispositifs de sécurité.

De nos essais, il y avait donc lieu de conclure que l'inflammation était imputable au mauvais état de la lampe à benzine.

La cause de l'inflammation résidait en ordre principal dans l'avarie constatée à la couronne d'entrée d'air, mais il faut ajouter que ce défaut aurait été inopérant si le préposé à la lampisterie n'avait eu la malencontreuse idée de placer sous le verre deux joints de fibre qui n'étaient nullement nécessaires pour le montage correct de l'armature sur le pot.

Cet accident donne à penser que certains préposés aux lampisteries ignorent complètement les prescriptions relatives à la construction des lampes et notamment celles concernant les dimensions des organes de sûreté. (La lampe Wolf-Joris n° 4, mise en cause dans l'accident, ne figure d'ailleurs pas dans la Police des Mines d'Ad. Breyre).

Il est donc à souhaiter que ces agents disposent d'un plan coté des lampes qu'ils doivent vérifier.

### III. — ECLAIRAGE PAR LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES.

#### Agrégation de six nouvelles lampes.

Au cours de l'année 1946, nous avons proposé l'agrégation de :

1° deux lampes à accumulateur alcalin (deux éléments) construites par la Société Anonyme belge d'Application électriques de La Bouverie.

Ces deux lampes sont du type normal, c'est-à-dire, composée d'un pot de section circulaire renfermant l'accumulateur et d'une tête-couvercle portant l'ampoule lumineuse garantie par un globe de verre et une armure de barreaux verticaux.

Les capacité et courant consommé sont pour ces deux lampes respectivement 17,5 ampère-heure et 1,5 ampère; 24,0 ampère-heure et 2 ampères.

2° une lampe à accumulateur alcalin présentée par la Sté Ame des Ateliers mécaniques de Mariemont-Hayettes et construites par la " Concordia Electric Safety Lamp „ de Cardiff (Angleterre).

La lampe est constituée par un boîtier de section rectangulaire portant un cylindre d'axe horizontal fermé par une glace. Dans le boîtier, se trouvent les deux éléments alcalins, et dans le cylindre l'ampoule avec son réflecteur.

Cette lampe réservée au personnel de surveillance ne pèse que 1,4 kg.

3° trois lampes du type dit " de chapeau „ présentées respectivement par les Ateliers Mécaniques de Morlanwelz - Hayettes, par la N. V. Fabriek en Handelsbureau " Nederland „ de Haarlem, par la Société " Oldham and Son „ de Denton (Manchester).

La première est construite par la Concordia Electric Safety Lamp de Cardiff. L'accumulateur, du type alcalin à 3 élé-

ments (3,9 volts) est placé dans un boîtier en métal de section rectangulaire. Cet accumulateur est relié au projecteur, en métal également, par un câble à deux conducteurs, protégés par une gaine souple en caoutchouc.

Le boîtier renferme également un fusible qui est inséré dans un des conducteurs d'alimentation.

L'ampoule est pourvue de deux filaments identiques consommant 1 ampère. Un commutateur manœuvrable par un bouton molleté se trouvant sur le projecteur permet d'alimenter à volonté l'un ou l'autre des filaments.

Le boîtier se porte en bandoulière et le projecteur se fixe sur le chapeau.

Le poids de la lampe complète (accumulateur et projecteur) est de 3,2 kg.

Récemment, le constructeur a allégé de 80 gr le projecteur en substituant au métal, une matière plastique résistante. En outre, le commutateur a été disposé dans un boîtier cylindrique en celluloid étanche vis-à-vis des poussières, ce qui améliore la propreté des contacts et diminue par conséquent la résistance du circuit d'alimentation.

La lampe de la N. V. Fabriek en Handelsbureau ne diffère de la précédente que par certains points de détail : accumulateur alcalin à deux éléments, interrupteur sur le boîtier de l'accumulateur, ampoule à filament unique consommant 0,5 ampère, poids total 3,450 kg.

La lampe " Oldham „ est d'une construction tout à fait spéciale.

L'accumulateur est composé de deux éléments au plomb, ceux-ci sont disposés dans un boîtier de section rectangulaire en ébonite, fermé par un couvercle métallique.

Le projecteur également en ébonite renferme deux ampoules consommant respectivement 0,8 et 0,5 ampères, dont l'une ou l'autre peut être alimentée à volonté grâce à un commutateur manœuvrable par un bouton molleté placé sur le

côté du projecteur. L'ampoule de 0,8 ampère est pourvue de deux filaments identiques qui peuvent être allumés séparément par le jeu du commutateur. La même ampoule s'appuie contre la glace de protection et est amenée ainsi en contact avec son pôle d'alimentation central. Lorsqu'on enlève la glace du projecteur, le contact est supprimé et l'ampoule ne peut plus être allumée.

Le poids de la lampe complète est de 2,295 kg.

La lampe " Oldham „ présente les particularités suivantes :

Le raccord de l'accumulateur au banc de charge se fait par l'intermédiaire du câble d'alimentation du projecteur. Ce dernier percé sur sa face arrière, d'une ouverture rappelant celle d'une serrure, se monte sur une clef fixée au banc de charge.

Par une rotation de 180° du projecteur autour de l'axe de la clef, on amène sur un contact fixe un pôle faisant saillie sur la surface latérale du projecteur et relié à l'un des conducteurs du câble d'alimentation. Cette rotation entraîne aussi la fermeture d'un interrupteur inséré dans le projecteur réalisant ainsi la liaison de la clef également avec le câble d'alimentation.

La clef ainsi que le contact fixe auquel il est fait allusion plus haut sont en relations avec une source de courant à tension constante. De ce fait, le chargement de l'accumulateur prend fin dès que la tension aux bornes est devenue égale à celle de la source.

Les mises en charge et hors charge de l'accumulateur peuvent être effectuées par tout ouvrier non spécialisé, sans l'intervention du personnel affecté à l'entretien des batteries.

La charge se faisant avec le couvercle en place, l'échappement provenant de l'accumulateur est assuré par deux canaux de 95 mm de longueur et 2mm de diamètre, ménagés dans la paroi latérale du boîtier et communiquant avec l'extérieur.

#### IV. — RECHERCHES SUR L'INFLAMMATION DU GRISOU PAR LE

#### FILAMENT DES LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES.

La question de l'inflammation du grisou par le filament des lampes électriques portatives reste toujours d'actualité malgré les multiples investigations dont elle a déjà fait l'objet tant en Belgique qu'à l'étranger.

Cette constance dans l'effort pour la recherche d'une sécurité toujours plus grande se justifie par l'extension sans cesse croissante de l'éclairage électrique par lampes portatives dans les mines de houille.

L'inflammation des mélanges grisouteux par les filaments métalliques incandescents est un fait bien connu; il a été mis en évidence notamment par les expériences effectuées en 1910 au Siège d'expériences de Frameries (1). Mais, ainsi que nous le faisons observer dans une note traitant le même sujet et figurant en annexe au Rapport annuel sur les travaux de 1942 de l'Institut National des Mines (2), la rupture d'une ampoule électrique en atmosphère grisouteuse ne provoque pas d'une manière régulière l'inflammation. On peut s'en rendre compte par une brève révision des résultats obtenus d'abord à Frameries puis à Pâturages.

##### a) Rappel des recherches antérieures.

1) Des deux cent cinquante et une expériences rapportées par les expérimentateurs de Frameries, nonante doivent être éliminées, parce qu'irrégulières, soit que le bris du verre ait entraîné la rupture du filament soit que la tension appliquée à l'ampoule ait dépassé largement celle correspondant à l'alimentation normale.

(1) Voir Annales des Mines de Belgique, tome XVI, année 1911, pages 321 et suivantes.

(2) Voir Annales des Mines de Belgique, tome XLIV, année 1943, pages 93 et suivantes.

Sur les cent soixante et un essais restants, les seuls qu'on puisse considérer comme réguliers, quarante-sept n'ont pas donné l'explosion de l'atmosphère ambiante.

2) En 1942, nous avons expérimenté cinq types d'ampoules fabriqués par la Société Luxor et présentant les caractéristiques indiquées au tableau XII.

TABLEAU XII.

Tension en volts	Courant en ampère	Diamètre du filament en mm.
2,0	0,85	0,065
2,6	0,50	0,049
2,6	1,00	0,073
2,6	1,20	0,081
2,6	1,50	0,093

Ces ampoules étaient du type dit "à vide", et pourvues d'un filament droit, non spiralé, en tungstène.

Notre étude consistait à observer s'il y avait ou non inflammation lorsqu'on provoquait, au sein d'une atmosphère grisouteuse, la rupture du verre sans briser le filament.

A l'aide de l'oscillographe, nous étions parvenus à saisir les phénomènes consécutifs à la rupture : accroissement brusque, puis affaiblissement progressif du courant passant par le filament, délais s'écoulant depuis la rupture de l'ampoule jusqu'à l'inflammation du grisou ou jusqu'à la fusion du filament.

Le type 2,0 volts - 0,85 amp. était le plus sûr, car même en forçant la tension d'alimentation, nous n'avions enregistré sur 24 essais que 6 inflammations.

Pour les quatre autres types, l'inflammation s'était pro-

duite sous la tension normale d'alimentation et ce dans les proportions indiquées ci-après :

Type 2,6 volts	0,5 amp.	2 inflammations sur 15 essais
- - -	1,0 -	7 - - 16 -
- - -	1,2 -	10 - - 21 -
- - -	1,5 -	11 - - 19 -

On constate pour ces quatre types, une probabilité d'inflammation croissante avec l'intensité du courant d'alimentation.

3) Il est intéressant de rappeler aussi les essais réalisés en 1944 dans le but d'établir les causes de l'accident relaté aux pages 107 et suivantes du Rapport annuel sur les travaux de 1944-45 (voir Annales des Mines de Belgique, tome XLVI, années 1945-1946) et qui semblait avoir pour origine une lampe électrique portative retrouvée gravement avariée dans les travaux.

Nous avons été alors amenés à examiner deux types d'ampoules Luxor à 2,6 volts, consommant respectivement l'un 0,45 amp, l'autre 0,50 amp.

Pour chacun d'eux, l'ampoule était "vide", et renfermait un filament spiralé et replié en forme de V.

Par le fait de certains détails de construction (longueur et diamètre du filament), le type à 0,5 ampère possédait une puissance lumineuse supérieure à celle du type à 0,45 ampère.

Nos essais ont porté sur ces deux types d'ampoules, car nous n'avions pu déterminer avec exactitude celui auquel appartenait l'ampoule retrouvée dans les travaux.

Nous avons donc soumis à l'épreuve de rupture en grisou vingt-cinq ampoules à 0,45 amp. et trente-cinq à 0,50 amp.

Sur ces 60 essais, un seul a donné l'inflammation et ce dans les conditions suivantes tout à fait spéciales :

Ampoule du type 0,45 amp, alimentée par 4 éléments

alcalins sous une tension de 4,5 volts, c'est-à-dire de 65% plus élevée que celle d'une batterie de deux éléments.

Ces ampoules pourvues d'un filament spiralé et replié en V étaient donc plus sûres que le type étudié en 1942, à filament droit, non spiralé.

#### b) Recherches effectuées en 1946.

Les recherches que nous avons faites en 1946 ont porté sur des types tout à fait spéciaux d'ampoules réalisées à la demande des Ateliers Mécaniques de Mariemont-Hayettes, par deux firmes l'une belge, l'autre française. Ces ampoules étaient pourvues de deux filaments identiques tendus parallèlement entre les tiges supports.

Cette disposition se justifie par les constatations de nos recherches antérieures d'où il ressort que la probabilité d'inflammation du grisou par un filament incandescent est en raison directe du courant consommé. Dans le cas de deux filaments de résistances équivalentes, chacun d'eux consomme la moitié de l'intensité normale inscrite sur la lampe.

Cinq types d'ampoules à double filament ont été étudiés.

Nous avons procédé à des essais de rupture en atmosphère grisouteuse et déterminé l'énergie lumineuse totale émise par les deux filaments.

Pour les essais de rupture, nous avons utilisé l'appareil décrit aux pages 111 et 112 du Rapport annuel sur les travaux de 1944-1945 (Annales des Mines de Belgique, tome XLVI, année 1946).

L'ampoule alimentée par une batterie d'accumulateurs était placée horizontalement dans une cuve métallique avec glace et renfermant du mélange grisouteux inflammable dont la teneur en méthane était contrôlée à la burette Le Chatelier. Lorsque l'ampoule avait atteint son régime de température, on brisait le verre par le choc d'un mouton, dont la hauteur

de chute était réglée au strict minimum dans le but d'éviter le bris du filament.

Pour la détermination de l'énergie lumineuse, nous avons employé une sphère photométrique de 7,5 cm de rayon de la Sté Philips. Dans cette sphère, se trouvait l'ampoule à expérimenter et une cellule photométrique, la première sensiblement au centre et la seconde dans la paroi même de la sphère. La cellule soustraite par un écran au rayonnement direct de l'ampoule, débite un courant qui est fonction de l'énergie lumineuse totale émise par le filament et diffusée uniformément dans la sphère.

Les circuits électriques de mesure sont représentés au schéma figure 10.

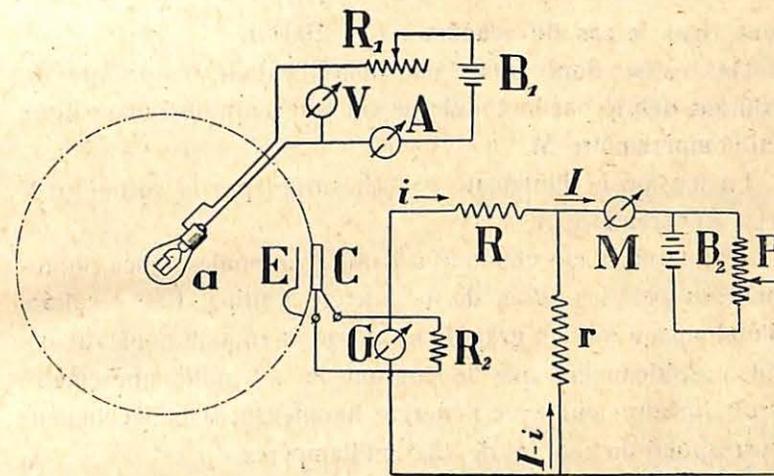


Fig. 10.

L'ampoule a est alimentée par une batterie d'accumulateurs  $B_1$  dont le débit est réglé par la résistance  $R_1$ . La cellule C (protégée par l'écran E) est connectée à un galvanomètre G shunté par une résistance d'amortissement  $R_2$  (5.000 ohms). Ce circuit est shunté lui-même par un autre plus compliqué comportant des résistances R (1.000 ohms), r (1 ohm), un

milliampèremètre M, une batterie B<sub>2</sub> et un potentiomètre P d'une résistance totale de 1.000 ohms.

Lorsque l'ampoule est alimentée, on règle le potentiomètre jusqu'à suppression du courant dans le galvanomètre. La cellule débite alors en court-circuit, un courant qui est directement proportionnel à l'énergie lumineuse reçue.

Les courants I et i figurés sur le schéma par des flèches et représentant respectivement le débit de la cellule et l'intensité indiquée par le milliampèremètre obéissent alors à la relation :

$$R - (I - i) r = 0$$

$$\text{ou } I = i \frac{(R + r)}{r}$$

soit, dans le cas du schéma :  $I = 1001 i$ .

On réalise donc ainsi une amplification importante du courant débité par la cellule, le courant amplifié I étant lu au milliampèremètre M.

La tension et l'intensité sont mesurées par le voltmètre V et l'ampèremètre A.

L'appareil a été étalonné à l'aide d'ampoules types photométrées par les soins de la Société Philips. Les résultats d'étalonnage mis en graphique montrent comme nous l'avons dit précédemment que le courant lu au milliampèremètre croît linéairement avec l'énergie lumineuse; à 5 décalumens correspond un courant de 78,5 milliampères.

Nous indiquons ci-après les constatations auxquelles a donné lieu l'étude des cinq types d'ampoules à double filament.

#### 1. Ampoules 2,6 volts - 1,7 ampère (1<sup>er</sup> lot). (sans remplissage gazeux)

Deux filaments spiralés, parallèles disposés conformément au schéma figure 11.

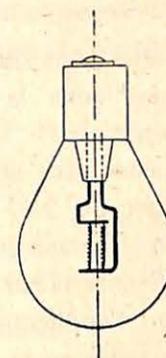


Fig. 11.

#### Essai de rupture.

a) courant fourni par 5 éléments alcalins en série et réglé par résistance à 1,7 amp. 10 ampoules brisées dans des mélanges grisouteux de teneur en méthane variant de 7,75 à 9,00% : deux inflammations.

b) courant fourni par 2 éléments alcalins, pas de résistance de réglage dans le circuit.

L'intensité est de 1,6 amp et la teneur en méthane du mélange varie de 7,75 à 8,00%.

10 ampoules brisées dont aucune ne donne l'inflammation.

c) courant fourni par 8 éléments alcalins groupés en 4 séries parallèles; la tension appliquée à l'ampoule varie de 2,55 à 2,58 volts et le courant consommé est de 1,65 amp. Teneur en méthane 8%.

10 ampoules brisées dont aucune ne donne l'inflammation.

Sur 30 essais, nous n'avons donc enregistré que deux inflammations et cela dans des conditions anormales d'alimentation, la tension à circuit ouvert étant de 150% supérieure à celle de deux éléments alcalins.

*Mesure de l'énergie lumineuse.*

Moyenne de 3 mesures effectuées sur 3 ampoules recevant un courant de 1,70 ampère sous la tension anormale de 3,10 volts : 3,94 décalumens.

Moyenne de 3 mesures effectuées sur 3 ampoules alimentées sous la tension normale de 2,60 volts et consommant 1,50 à 1,54 ampère : 1,74 décalumens.

On constate que le débit inscrit sur l'ampoule (1,7 amp) n'est atteint que moyennant l'application d'une tension bien supérieure à celle de la batterie normale à 2 éléments alcalins (2,6 volts).

Dans le cas de l'alimentation normale (sous tension de 2,6 volts), le rendement moyen de ces ampoules est de 4,4 lumens/watt.

## 2. Ampoules 2,6 volts - 1,7 ampoule (2<sup>e</sup> lot). (sans remplissage gazeux)

Deux filaments spirales longueur 18,8 mm, diamètre 0,071 mm, distants de 1 mm, disposés suivant le schéma de la figure 11.

*Essai de rupture.*

Le courant est fourni par 10 éléments alcalins groupés en 5 séries parallèles. La tension appliquée varie de 2,5 à 2,63 volts et le courant absorbé est compris entre 1,62 et 1,70 ampère. La teneur en méthane varie de 7,5 à 8,25%. 31 essais dont aucun ne donne l'inflammation.

*Mesure de l'énergie lumineuse.*

Pour un courant de 1,65 amp moyenne de 7 mesures : 1,51 décalumens, les valeurs extrêmes étant 1,33 et 1,85 décalumens.

Pour un courant de 1,70 amp moyenne de 6 mesures : 2,08 décalumens, les valeurs extrêmes étant 1,76 et 2,52 décalumens.

D'après le fabricant le rendement de ces ampoules est de 3,21 lumens-watt moyen environ.

## 3. Ampoules de 2,6 volts - 1,4 ampère (3<sup>e</sup> lot). (sans remplissage gazeux)

Deux filaments spirales longueur 18 mm, diamètre 0,063 mm, distants de 1 mm, disposés suivant le schéma de la figure 12.

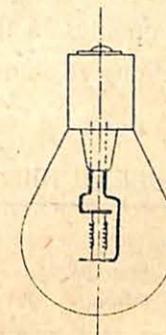


Fig. 12.

*Essais de rupture.*

a) L'ampoule est alimentée par 10 éléments alcalins, groupés en 5 séries parallèles. Tension de 2,53 à 2,57 volts, intensité 1,35 à 1,40 ampère. Teneur en méthane 8%. 15 essais dont quatre donnent l'inflammation.

b) L'ampoule est alimentée par une batterie normale de deux éléments alcalins. L'ampèremètre est retiré du circuit. La tension appliquée varie de 2,54 à 2,61 volts. La teneur en méthane est comprise entre 7,75 et 9,5%.

30 essais dont trois donnent l'inflammation.

*Mesure de l'énergie lumineuse.*

Pour un courant de 1,35 amp — moyenne de 8 mesures : 2,12 décalumens, les valeurs extrêmes étant 1,92 et 2,33 décalumens.

Pour un courant de 1,40 amp — moyenne de 7 mesures : 2,80 décalumens, les valeurs extrêmes étant 2,47 et 3,12 décalumens.

Le rendement moyen de ces ampoules serait d'après le fabricant de 5,64 lumens/watt.

A titre de comparaison, nous indiquons ci-après les mesures effectuées sur des ampoules, à filament simple, prises au hasard dans nos collections et alimentées par une batterie de 2 éléments.

TABLEAU XIII.

N° de l'ampoule	Intensité du courant en ampère	Pouvoir lumineux en décalumens
1	1,7	4,55
2	1,65	4,18
3	1,75	5,45
4	1,70	5,61

Par calcul on trouve pour ces quatre ampoules, un rendement moyen de 8,8 lumens/watt, bien supérieur à ceux indiqués pour les ampoules des 3 premiers lots.

**4. Ampoules de 2,6 - volts - 1,8 ampère (4<sup>e</sup> lot).**  
(sans remplissage gazeux)

Deux filaments non spiralés, parallèles, diamètre 0,072 mm (voir schéma de la figure 13).

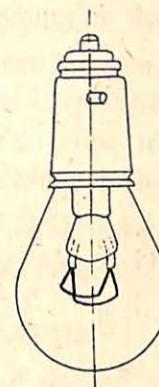


Fig. 13.

*Essais de rupture.*

a) L'ampoule est alimentée par une batterie de 10 éléments alcalins en 5 séries parallèles; la tension appliquée varie de 2,58 à 2,68 volts, le courant consommé, de 1,925 à 1,975 ampère.

8 essais dont 6 donnent l'inflammation.

b) L'alimentation est assurée par une batterie normale. Tension appliquée de 2,37 à 2,57 volts. Intensité de 1,85 à 1,925 amp.

5 essais donnant tous l'inflammation.

*Mesure de l'énergie lumineuse.*

Cette mesure effectuée chez le fabricant indique 3,6 décalumens pour un courant consommé de 1,81 amp. Dans ces conditions, le rendement lumineux en lumen-watt est de 7,67.

Pour une lampe à filament spiralé unique et à remplissage gazeux, on a obtenu pour 1,8 ampère, une énergie de 3,8 décalumens et un rendement de 8,10.

**5. Ampoules de 2,6 volts - 1,4 ampère (5<sup>e</sup> lot).**  
(sans remplissage gazeux)

Deux filaments non spiralés parallèles (voir schéma figure 13), diamètre 0,055 mm.

*Essais de rupture.*

a) L'ampoule est alimentée par une batterie de 10 éléments alcalins en 5 séries parallèles; la tension appliquée est de 2,61 volts, le courant est soit 1,25 amp, soit 1,35 amp. Deux essais donnant l'inflammation.

b) L'alimentation est assurée par une batterie normale de lampes de mine. Tension 2,56 volts. Courant 1,29 amp. Un essai avec inflammation.

*Mesures de l'énergie lumineuse.*

Les mesures effectuées chez le fabricant ont indiqué :  
1° pour l'ampoule à double filament : courant de 1,4 amp. Décalumens 2,72, rendement 7,47.

2° pour une ampoule à simple filament, sans remplissage gazeux, courant 1,4 amp. Décalumens : 2,8, rendement 7,70.

Seules les ampoules des premier et second lots dont les caractéristiques étaient 2,6 volts et 1,7 ampère n'ont pas donné l'inflammation sous la tension normale d'alimentation.

Remarquons que le rendement moyen des ampoules du 1er lot est seulement de 4,4 lumens/watt.

Les ampoules du 3e lot (2,6 volts - 1,4 ampère) dont le rendement lumineux est de 5,64 lumens/watt ont donné 7 inflammations sur 45 épreuves.

Enfin, pour les ampoules des 4e et 5e lots, on a noté respectivement :

11 inflammations sur 13 essais (rendement 7,67)  
3 id id 3 id ( id 7,47)

Observons que seuls ces deux derniers lots ont un rendement voisin de celui des ampoules à filament unique, tout en lui étant légèrement inférieur.

Il semble donc que pour réaliser une ampoule à filament double dont la rupture en atmosphère grisouteuse ne soit

pas suivie d'inflammation, on doit consentir à un rendement lumineux bien inférieur à celui des ampoules à consommation élevée (1,4 à 1,8 amp) utilisées actuellement dans nos charbonnages.

Il ressort également de nos essais que la probabilité d'inflammation qu'on peut assimiler au rapport du nombre d'inflammations au nombre total d'épreuves augmente avec le rendement lumineux ou si l'on préfère avec la température de régime des filaments, car le rendement lumineux est une fonction croissante de la température.

(Il était d'ailleurs à prévoir que le risque d'inflammation serait une fonction croissante de la température atteinte par les filaments au moment de leur mise en contact avec le mélange inflammable.)

Malgré les résultats négatifs de nos recherches, nous ne pensons pas néanmoins qu'elles doivent être abandonnées d'une manière définitive; certains fabricants estiment en effet qu'il n'est pas impossible de réaliser une ampoule de rendement lumineux acceptable et qui soit en même temps de sécurité.

Il nous appartient de les aider dans leurs recherches.

## V. — RECHERCHES

SUR L'INFLAMMATION DU GAZ TONNANT  
DANS LES LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES.

Ces recherches ont eu pour point de départ deux inflammations de gaz tonnant qui se sont produites à 15 jours d'intervalle dans les lampisteries d'un charbonnage du Bassin de Charleroi.

Dans son rapport, l'Ingénieur chargé de l'enquête les a relatées dans les termes suivants :

L'accumulateur d'une lampe type 522 à accumulateur alcalin de la Sté Ame d'Eclairage des Mines et d'outillage industriel à Loncin, avait été soumis au courant de charge de 15 à 24 heures, puis il était resté au repos jusqu'à 4 heures du matin.

Après quoi le préposé prépara la lampe pour la distribution en vissant la tête sur le pot.

Vers 7 heures du matin, alors que le chef-lampiste allumait la lampe, une petite explosion se produisit dans le pot en donnant une flamme jaune de 20 mm environ de longueur qu'on vit sortir par le filet d'assemblage.

Quinze jours plus tôt, dans un autre siège du même charbonnage, une lampe type 520 du même constructeur, avait donné lieu au même incident. Le fait avait été rapporté par un prisonnier allemand, mais comme celui-ci était le seul témoin, il n'avait pas été accordé de crédit à sa déclaration.

L'examen des faits montre qu'il y a eu inflammation d'un mélange tonnant par l'étincelle jaillissant soit à l'ouverture soit à la fermeture du circuit d'alimentation de l'ampoule.

A la surface, cette inflammation est sans conséquence; dans les travaux souterrains d'une mine grisouteuse, elle peut, au contraire, être une cause de danger grave.

Cette question nous avait déjà préoccupés dès 1934.

A cette époque nos collègues du Safety in Mines Research Board nous signalaient, en effet, une inflammation de grisou survenue dans une mine anglaise dans des conditions telles qu'il y avait lieu de suspecter comme seule cause possible de l'accident, une explosion de gaz tonnant à l'intérieur d'une lampe à accumulateur à trois éléments fer-nickel. L'enveloppe protégeant l'accumulateur était constituée par une boîte de section rectangulaire fermée par un couvercle.

Nous avons été ainsi amenés déjà en 1934 à étudier deux questions auxquelles la sécurité d'emploi de nos lampes électriques portatives est étroitement liée, soit :

- 1° vérifier l'étanchéité de l'assemblage du couvercle vis-à-vis d'une explosion interne de gaz tonnant;
- 2° déterminer l'aptitude des étincelles d'accumulateurs à enflammer les mélanges tonnants.

Les résultats de ces recherches ont été publiés mais très brièvement dans le Rapport annuel sur les travaux de 1934 (voir Annales des Mines de Belgique - année 1935 - Tome XXXVI - pages 16 et 17).

Vu l'importance du sujet, nous estimons utile de les rap-peler d'une manière assez détaillée avant d'indiquer les constatations que nous avons faites en 1946.

## α) Recherches sur l'étanchéité des lampes électriques (1934).

L'arrêté ministériel du 15 mai 1919 prévoit deux modes d'assemblage du couvercle sur le pot d'accumulateur : l'emboîtement sur 8 mm de hauteur avec charnière et loquet et le vissage par deux filets au moins.

Jusqu'en ces dernières années, l'assemblage par vis à filets carrés était le seul connu en Belgique. Ce n'est que dans les lampes du type dit " de chapeau ", agréées en 1946 seulement, que le couvercle s'emboîte sur le pot, l'un et l'autre ayant la forme rectangulaire.

En 1934, nous avons donc expérimenté uniquement les lampes assemblées par filetage.

La lampe complète se trouvait dans une atmosphère grisouteuse inflammable et le vide subsistant dans le pot était rempli de mélange tonnant (hydrogène + oxygène). On provoquait, par une étincelle électrique, l'explosion interne et on observait s'il y avait ou non inflammation de l'atmosphère ambiante.

Pour réaliser l'expérience, nous remplacions l'accumulateur par une coulée de masse isolante (M) qui ménageait dans la lampe un espace libre égal en volume à celui compris normalement entre la batterie et le fond du couvercle (voir figure 14).

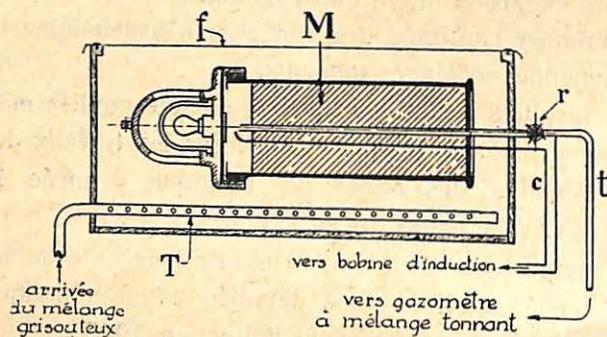


Fig. 14.

Dans cet espace, un tuyau d'acier (t) amenait le gaz tonnant. Celui-ci était allumé par une étincelle jaillissant entre un conducteur isolé (c) et le tuyau (t) connectés l'un et l'autre à une bobine d'induction à haute tension.

La lampe ainsi préparée était placée dans une caisse de bois dans laquelle arrivait par un tuyau perforé (T) le mélange inflammable d'air et de grisou.

La caisse était fermée vers le haut par une feuille de papier (f); au moment de l'expérience, on isolait par le robinet (r) le gazomètre renfermant le gaz tonnant.

Nous avons éprouvé ainsi quatre lampes de types différents.

Au cours des expériences, nous avons modifié le serrage du couvercle sur le pot, ce qui avait pour effet de faire varier à la fois le volume du vide renfermant le mélange tonnant et le nombre de filets que devaient traverser les gaz chauds provenant de l'explosion interne.

Nous donnons ci-après les conditions expérimentales réalisées pour chaque lampe soumise à l'épreuve ainsi que les résultats les plus intéressants quant à l'action de la flamme du gaz tonnant sur l'atmosphère grisouteuse ambiante.

*Lampe de la Société belge d'Applications électriques  
à La Bouverie (type agréé en 1929).*

L'assemblage est réalisé par un pas de vis à filets carrés. La hauteur du filet et sa profondeur sont de 2 mm. Quand le couvercle est vissé à fond, il est fixé au pot par trois filets complets et le vide subsistant au-dessus de l'accumulateur est de 112 cm<sup>3</sup>. (1)

La lampe se trouve dans une atmosphère d'air et de grisou à 8,5% de méthane et on introduit dans l'espace libre au-dessus de l'accumulateur un mélange d'hydrogène (65,5%) et d'oxygène (30,5%).

Il y a inflammation du mélange grisouteux quand le couvercle est vissé à fond sur le pot.

Il n'y a pas inflammation lorsqu'on réduit à 57 cm<sup>3</sup>, l'espace libre dans la lampe (par introduction d'un disque circulaire en bois au-dessus de l'accumulateur).

Malgré la réduction du vide, on obtient de nouveau l'inflam-

(1) Nous déterminons le nombre de filets engagés en comptant le nombre de tours qu'on imprime au couvercle pour l'assembler au pot.

mation du mélange grisouteux lorsqu'on desserre le couvercle d'un quart de tour. Dans ces conditions, le vide est de 62 cm<sup>3</sup> et le nombre de filets engagés est de 2 3/4.

Lampe type F.A.M. de la Compagnie auxiliaire des Mines.

L'assemblage est réalisé par un pas de vis à filets carrés; ceux-ci ont 2 mm de hauteur et 1,8 mm de profondeur.

Lorsque le couvercle est vissé à fond, il s'appuie par sa base large d'un millimètre sur une portée circulaire faisant corps avec le filetage du pot (voir schéma figure 15). Le vide au-dessus de l'accumulateur est alors de 160 cm<sup>3</sup> et le nombre de filets engagés de 3 1/2.

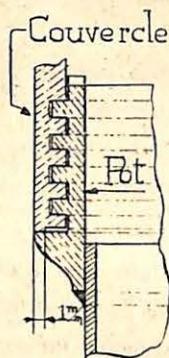


Fig. 15.

En desserrant le couvercle d'un tour, on augmente de 27,2 cm<sup>3</sup> le vide intérieur.

Nous donnons ci-après (Tableau XIII) les résultats obtenus avec différentes compositions du gaz tonnant. Pour certains essais, nous avons introduit dans le pot des disques de bois réduisant l'espace libre, soit de 62, soit de 31 cm<sup>3</sup>.

TABLEAU XIII

Composition du gaz tonnant en %	Teneur en méthane de l'atmosphère ambiante en %	Assemblage de la tête sur le pot (nombre de filets engagés)	Volume du vide intérieur en cm <sup>3</sup>	Résultats : inflammation ou non du mélange grisouteux
Hydrogène 29,4 Oxygène 68,8 id	10	Vissage complet 5 1/2 filets	160	pas inflam.
Hydrogène 65,4 Oxygène 39,5 id	10	5 3/8 filets	165,4	inflammation pas inflam.
id	8,5	Vissage complet	160	inflammation pas inflam.
id	8,5	3 3/8 filets	165,4	inflammation pas inflam.
id	10,5	1 1/2 filets (disque de 62 cm <sup>3</sup> )	152,0	inflammation pas inflam.
id	10	id	152	inflammation pas inflam.
id	10	2 1/2 filets (disque de 62 cm <sup>3</sup> )	125	pas inflam.
id	8,0	2 1/2 filets (disque de 31 cm <sup>3</sup> )	156	inflammation
id	8,5	2 1/2 filets (disque de 31 cm <sup>3</sup> )	175,5	inflammation
Hydrogène 45,0 Oxygène 54,8	8,25	Vissage complet 5 1/2 filets (disque de 31 cm <sup>3</sup> )	120	pas inflam.
id	8,25	5 3/8 filets (disque de 31 cm <sup>3</sup> )	152,4	inflammation
id	8,25	2 1/2 filets (disque de 62 cm <sup>3</sup> )	125	pas inflam.
id	8,25	2 1/4 filets (disque de 62 cm <sup>3</sup> )	152	inflammation

Quand le couvercle est vissé à fond, il n'y a pas inflammation de l'atmosphère ambiante, bien que le volume du gaz tonnant allumé par l'étincelle (160 cm<sup>3</sup>) soit supérieur à ce qu'il était dans la première lampe expérimentée (Sté Belge d'Applications électriques).

Ce résultat favorable est dû au plus grand nombre de filets engagés et surtout au joint plat sur lequel s'appuie le bord inférieur du couvercle quand celui-ci est vissé à fond.

Il y a lieu d'ajouter aussi que la lampe de la Compagnie Auxiliaire des Mines était de fabrication récente; la lampe de la Société Belge d'Applications électriques avait au contraire déjà été utilisée pendant plusieurs mois dans nos galeries du Bois de Colfontaine.

*Lampe de la Société belge d'Applications électriques  
à La Bouverie (type spécial à long filetage).*

Cette lampe est pourvue d'un filetage réalisé spécialement à notre demande par le constructeur. Lorsque le couvercle est vissé à fond, l'assemblage sur le pot est réalisé par 5 1/8 filets et l'espace libre subsistant dans la tête est de 90 cm<sup>3</sup>.

Nous obtenons les résultats rapportés au tableau XIV.

Cette lampe a donné lieu à des constatations cadrant d'une manière satisfaisante avec les essais de la précédente.

Comme on le voit, nous avons pu empêcher l'inflammation du mélange grisouteux sans devoir serrer le couvercle à fond sur le pot. Ajoutons qu'au moment des essais, la lampe sortait de l'usine et que le jeu du filetage était réduit au strict minimum.

*Lampe Musy  
(Lampe française agréée en 1934.)*

L'assemblage est réalisé par un pas de vis à filets carrés; ceux-ci ont 1,5 mm de hauteur et 1,5 mm de profondeur.

TABLEAU XIV.

Composition du gaz tonnant en %	Teneur en méthane de l'atmosphère ambiante en %	Assemblage de la tête sur le pot (nombre de filets en prise)	Volume du vide intérieur en cm <sup>3</sup>	Résultats : inflammation ou non du mélange grisouteux
Hydrogène 65,4	8,5	5 1/8 filets	155,2	pas inflam.
Oxygène 30,5	8,5	2 5/8 filets	144	inflammation
id	8,5	5 5/8 filets	122,4	pas inflam.
Hydrogène 45,0	8,5	5 1/8 filets	155,2	inflammation
Oxygène 54,8				
id				

TABLEAU XV.

Composition du gaz tonnant en %	Teneur en méthane de l'atmosphère ambiante en %	Assemblage de la tête sur le pot (nombre de filets en prise)	Volume du vide intérieur en cm <sup>3</sup>	Résultats : inflammation ou non du mélange grisouteux
Hydrogène 65.4	8.5	Vissage complet	30	pas inflam.
Oxygène 30.5	8.5	2 3/4 filets	55.2	pas inflam.
id	8.5	1 3/4 filet	57.8	inflammation
id	8.5	1 1/4 filet	52.6	inflammation
Hydrogène 45.0		2 1/4 filets		
Oxygène 54.8				

Lorsque le couvercle est vissé à fond, le nombre de filets engagés est de 2 3/4 et le vide au-dessus de l'accumulateur est de 30 cm<sup>3</sup>.

Cette lampe a donné lieu aux constatations reprises au tableau XV.

Bien que le volume de gaz tonnant soumis à l'explosion fût de beaucoup inférieur à celui mis en œuvre lors des essais précédents, nous avons enregistré des traversées avec la lampe Musy.

La cause de cette déficience doit être recherchée, nous semble-t-il, dans l'assemblage. Celui-ci comporte des filets moins hauts et moins larges que ceux des lampes précédentes.

De l'ensemble des observations faites au cours des expériences rapportées ci-avant, il ressort qu'il est possible d'assurer l'étanchéité d'une lampe électrique portable vis-à-vis d'une explosion de gaz tonnant soit en augmentant la longueur du filetage fixant le couvercle sur le pot, soit en réduisant le plus possible le volume libre offert à l'accumulation du gaz inflammable.

Pour ce qui concerne le nombre de filets concourant à l'assemblage du couvercle, il apparaît que le minimum prescrit par l'arrêté ministériel du 15 mai 1919 (soit deux filets complets) est insuffisant pour arrêter une explosion interne d'hydrogène.

#### b) Recherches sur l'inflammation du gaz tonnant par les étincelles d'accumulateurs (1934).

Après avoir constaté qu'une explosion de gaz tonnant dans une lampe portable se propageait à l'extérieur et y allumait un mélange d'air et de grisou, nous nous sommes demandé si cette explosion pouvait s'amorcer au contact d'étincelles résultant du fonctionnement normal de la lampe.

Pour nos épreuves d'étanchéité, nous avons provoqué l'explosion interne par des étincelles à haute tension. Celles-ci,

comme on le sait, allument tous les mélanges gazeux combustibles quels qu'ils soient, l'énergie électrique mise en jeu fût-elle seulement de l'ordre de quelques millijoules.

Il en est tout autrement quand la tension de la source de courant est de l'ordre de quelques volts et qu'il n'y a ni self ni capacité dans le circuit. Pour qu'il y ait alors inflammation, il faut que l'intensité atteigne une valeur minimum, fonction de la nature du mélange gazeux, de la forme et de la nature des électrodes et aussi de la tension de la source.

Ce cas est précisément celui des lampes électriques portatives; car, si on exclut le court-circuit franc entre les bornes de l'accumulateur ou entre les pièces constituant le circuit d'alimentation de l'ampoule, il ne reste à envisager, comme cause d'inflammation, que les étincelles jaillissant lors des manœuvres d'allumage et d'extinction. Ces étincelles se produisent dans un circuit dénué de self et de capacité et alimenté par une source de courant qui ne dépasse pas 4 volts.

Pour juger de leur aptitude à enflammer les mélanges tonnants, nous avons utilisé d'abord un rupteur, soit deux lames de laiton, l'une fixe et l'autre mobile autour d'un axe, la seconde accrochant la première à chaque révolution et réalisant ainsi à la cadence de 20 fois par seconde la fermeture et l'interruption d'un circuit composé d'une batterie d'accumulateurs, d'un ampèremètre et d'une résistance de réglage.

Le rupteur se trouvait dans une boîte métallique dans laquelle on introduisait au préalable du mélange tonnant préparé dans un gazomètre de laboratoire.

Nous avons pris soin de faire varier la composition de ce mélange, l'intensité du courant et la tension de la source, cette dernière étant constituée par une batterie d'accumulateurs au plomb.

Ce procédé nous a conduits à des observations assez irrégulières. Pour une même intensité, nous avons l'explosion

du mélange soit dès la première, soit à la deux centième interruption du circuit pour une courant inférieur à celui d'une expérience antérieure qui avait donné un résultat négatif.

Ces irrégularités étaient dues vraisemblablement à l'oxydation des points de contact aux lames du rupteur.

Nous avons fait au total 180 essais. Dans le tableau XVI ci-après nous indiquons les valeurs minimum des courants qui ont produit l'inflammation du mélange tonnant.

TABLELAU XVI.

Teneur en %		Tension à circuit ouvert en volts	Intensité minimum produisant l'inflammation
en hydrogène	en oxygène		
68,95	31,07	6	1,8
id	id	4	2,4
66,66	33,33	12	0,4
id	id	6	0,7
id	id	4	2,1
65,54	34,24	12	0,5
id	id	6	1,1
65,36	33,19	6	1,28
51,00	47,61	6	1,52
50,18	40,96	6	1,60
44,74	55,26	6	3,10
39,82	58,78	6	1,41
38,98	57,61	12	0,50
id	id	6	1,80
29,33	70,67	6	0,80
id	id	4	1,85

L'inflammation était donc possible :

pour une intensité de 0,4 ampère sous une tension de 12 volts.

-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	6	-
-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	4	-

Toutefois, les expériences rapportées ci-avant n'étaient pas strictement conformes à la réalité. Dans un rupteur, les lames élastiques, au moment du décrochage, s'écartent très rapidement l'une de l'autre et produisent une étincelle qui s'étire en plein mélange inflammable. Dans une lampe électrique portable au contraire, la séparation des pièces de contact se fait à une vitesse relativement lente et l'arc s'établit et s'allonge au contact d'une plaque en ébonite, ce qui est favorable au refroidissement des gaz. (1)

Nous avons poursuivi nos expériences d'inflammation du gaz tonnant en utilisant une lampe de mine modifiée comme suit :

L'accumulateur normal était remplacé par un bloc de bois portant deux bornes reliées à une batterie de 6 éléments au plomb (12 volts). L'ampoule était remplacée par une connexion métallique de faible résistance. Un ampèremètre et un rhéostat permettaient de régler le courant.

En faisant tourner le couvercle sur le pot, on ouvrait et on fermait le circuit à volonté. Nous avons procédé à 34 essais, chacun comportant de 10 à 20 manœuvres d'interruption et de rétablissement du courant.

Ces essais nous ont permis d'établir comme suit (tableau XVII) les valeurs minimum du courant produisant l'explosion du mélange tonnant.

Les intensités figurant dans ce tableau sont de loin supérieures aux consommations courantes de nos lampes portatives. Elles sont néanmoins du même ordre que les courants de court-circuit des batteries.

De nos expériences, il ressortait donc que l'étincelle de rupture produite par les manœuvres d'allumage et d'extinc-

(1) On sait que dans les lampes électriques utilisées en Belgique, les bornes de l'accumulateur s'appuyent contre des secteurs métalliques noyés dans la plaque en ébonite formant le fond du couvercle. Cette disposition permet d'allumer et d'éteindre l'ampoule à volonté par simple rotation du couvercle.

TABLEAU XVII.

Teneur en %		Intensité minimum ayant produit l'explosion en ampères
hydrogène	oxygène	
66,66	32,45	22
64,00	33,9	34
42,66	53,54	28

tion de l'ampoule ne pouvait allumer les gaz s'échappant de l'électrolyte.

Cette conclusion favorable nous amena à proposer une modification à l'arrêté ministériel du 15 mai 1919 sur l'éclairage des mines à grisou par lampes électriques portatives.

L'article 3 de cet arrêté limitait en effet à 1 ampère et à 2,6 volts maximum les caractéristiques électriques des lampes dans lesquelles l'interruption et le rétablissement du courant se faisait par rotation du couvercle, le dépassement de l'un ou l'autre de ces maxima entraînant obligatoirement le placement d'un interrupteur dans une espace non accessible aux gaz de la batterie.

Nos expériences permirent d'élargir cette clause restrictive et les valeurs limites de 1 ampère et 2,6 volts devinrent en vertu de l'arrêté ministériel du 5 avril 1934, 2 ampères et 4,5 volts.

Les incitends signalés au début de ce chapitre remirent en question le sujet qui nous avait préoccupés en 1934.

Au cours de l'année 1946, nous avons porté tout spécialement notre attention sur le dégagement gazeux des accumulateurs après le chargement. Cette étude rappelle celles que nous avons faites jadis sur les émissions de gaz d'abord dans les batteries de traction (voir rapport sur les travaux de 1931 - Annales des Mines de Belgique - Tome XXXIII - Année

1932 - pages 154 et suivantes), puis sur les batteries de lampe (voir rapport sur les travaux de 1939 - Annales des Mines de Belgique - Tome XLI - Année 1940 - pages 30 et suivantes).

En 1931, nous avons constaté que les accumulateurs fer-nickel dégagent pendant la charge des quantités importantes d'hydrogène et d'oxygène, ces deux gaz étant en proportion convenable pour la réalisation d'un mélange explosible.

Le dégagement continuait également, mais en quantités moindres pendant la période de repos s'écoulant entre la charge et la décharge. Celle-ci ne produisait pas de dégagement, mais bien une réabsorption du gaz tonnant.

Quelques expériences moins poussées que les précédentes sur des gros accumulateurs au plomb donnèrent lieu aux mêmes constatations.

Enfin, en 1939, nous avons expérimenté un élément au plomb pour lampe portative. Pendant la charge, il y avait dégagement d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène avec prédominance du second, dont la teneur atteignait parfois 17 fois celle du premier.

Pendant la période de repos entre la charge et la décharge, l'accumulateur ou bien dégageait, puis réabsorbait du gaz ou bien en réabsorbait seulement.

Au cours de la décharge, il y avait soit réabsorption, soit dégagement de gaz. Dans le second cas, le volume de gaz libéré n'avait pas dépassé 13,4 cm<sup>3</sup>.

Mais le but principal de ces expériences était de déterminer la composition et la quantité du gaz mis en liberté et pour l'atteindre, nous avons pris soin de faire fonctionner les éléments en vase clos, c'est-à-dire, dans des conditions telles que le pouvoir diffusant de l'hydrogène ne pouvait intervenir.

Les recherches que nous avons faites en 1946 ont été réalisées sur des lampes portatives montées normalement

(couvercle et pot assemblés conformément à la réalité) et fonctionnant à l'air libre.

c) **Etude des dégagements gazeux dans les lampes alcalines après chargement (1946).**

Nous avons examiné successivement les dégagements gazeux se produisant d'abord dans la période de repos s'écoulant entre le chargement et la décharge, puis pendant la décharge.

1. — *Dégagement gazeux pendant la période de repos.*

Dans cette étude, nous nous sommes efforcés de reproduire ce qui s'était passé en 1946 dans les lampisteries du Bassin de Charleroi.

Comme nous le savons déjà, l'explosion s'est produite sept heures après la fin du chargement, soit trois heures après le montage du couvercle sur le pot. Dans les quatre heures qui ont précédé la fermeture de la lampe, le gaz stagnant au-dessus de l'électrolyte avait pu se dégager à l'air libre. A moins que cette diffusion n'ait été contrariée par suite d'un défaut des soupapes d'échappement.

A ce propos, il convient de rappeler que l'accumulateur ne communique pas librement avec l'extérieur. Une seule ouverture est prévue dans le fond supérieur de chaque élément, mais elle est fermée par un bouchon permettant l'évacuation des gaz sans perte d'électrolyte.

La figure 16 représente deux types différents 1 et 2 de ces bouchons. Dans chacun d'eux, il existe un canal bifurqué (C) dont les orifices supérieurs sont cachés par une bague élastique en caoutchouc (B), faisant office de soupape d'échappement. L'anneau (A) assure l'étanchéité du bouchon. Lorsque la pression à l'intérieur de l'accu s'élève, la bague B se dilate pour laisser échapper le gaz.

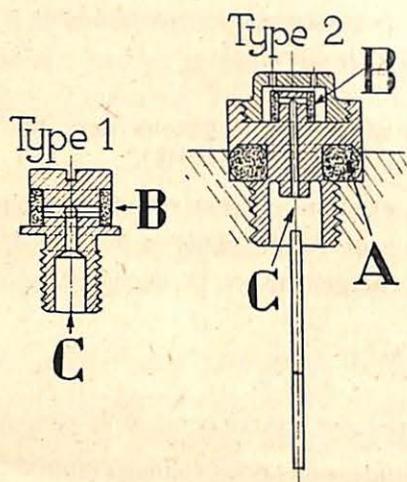


Fig. 16.

Ces bouchons, retenons-le, ne sont retirés que pour l'introduction de l'électrolyte ou pour l'examen et le remplacement de la soupape.

Pour déterminer la composition du mélange se formant dans le couvercle pendant la période de repos, nous avons procédé de la manière suivante.

Après chargement, l'accumulateur, toujours muni des deux bouchons, reste découvert pendant un certain temps. On ferme ensuite la lampe en vissant sur le pot, la tête (ou couvercle) dans laquelle l'ampoule et autres accessoires sont remplacés par une plaque d'acier (P) portant un tuyau (T). Celui-ci est alors relié au flacon (F) de prélèvement rempli d'eau (voir croquis figure 17).

La lampe reste ainsi fermée jusqu'au moment où on balaye le gaz dégagé par l'accumulateur en vidant le flacon de prélèvement.

Le volume d'air participant au balayage est égal à la

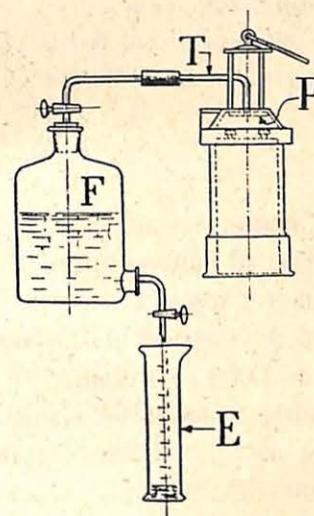


Fig. 17.

quantité d'eau (500 ou 1.000 cm<sup>3</sup>) recueillie dans l'éprouvette graduée (E).

Le mélange d'air et de gaz tonnant admis dans le flacon (F) est soumis ensuite à l'analyse par la méthode des basses températures.

Au cours de nos expériences, nous avons fait varier trois facteurs d'influence certaine sur la formation du mélange explosif, soit la durée du chargement, le délai s'écoulant entre la fin du chargement et la fermeture de la lampe, le délai s'écoulant entre la fermeture et le prélèvement du gaz.

Après le prélèvement, la lampe était mise en décharge sur l'ampoule. Nous indiquons ci-après les résultats obtenus avec trois lampes de types différents.

*Lampe type 522 de la Société de Loncin.*  
(Lampe ayant donné l'explosion signalée précédemment).  
Accumulateur de 15 ampères-heure (éléments usagés).  
Régime normal de charge : 4 ampères pendant 7 heures.

Ampoule de 2,6 volts, 1,35 amp.  
 Assemblage de la tête sur le pot par 3 1/4 filets.  
 Volume libre dans la tête au-dessus de l'accumulateur  
 94 cm<sup>3</sup>.

1<sup>er</sup> essai.

Charge pendant 7 heures à 4 ampères.  
 Lampe restée ouverte 20 minutes après le chargement.  
 Prélèvement 45 minutes après la fermeture.  
 Le gaz se trouvant à l'intérieur de la lampe a été balayé  
 par le passage de 1.000 cm<sup>3</sup> d'air.

L'analyse du mélange a donné les résultats suivants :

Hydrogène .....	0,187
Oxygène .....	23,50
Azote .....	76,20
Gaz acides .....	0,12

---

100.007

Pour calculer la quantité d'hydrogène se trouvant dans la lampe au moment du prélèvement, il suffit d'effectuer le produit du volume du mélange analysé par la teneur centésimale en hydrogène ressortant de l'analyse, soit

$$\frac{1000 \times 0,187}{100} = 1,87 \text{ cm}^3 \text{ d'hydrogène.}$$

En examinant la composition du mélange, on remarque que le rapport entre les teneurs d'oxygène et d'azote (0,308) est supérieur à celui caractérisant l'air atmosphérique (0,264).

En plus de l'hydrogène, l'accumulateur dégage aussi de l'oxygène. A titre d'exemple, le calcul établit comme suit les compositions respectives des deux constituants : gaz tonnant et air.

Composition du gaz tonnant	{	Hydrogène .....	1,87
		Oxygène .....	33,66
		Gaz acides .....	1,20
Composition de l'air	{	Oxygène .....	201,33
		Azote .....	762,00
		Total .....	1.000,07

Cet apport d'oxygène ne doit pas être pris en considération car il réduit le risque d'explosion. En effet, la substitution de l'oxygène à l'azote, dans un mélange hydrogène-air, fait passer de 4,15 à 4,65% la teneur minimum en gaz combustible à partir de laquelle le mélange devient inflammable.

Nous venons de citer la limite inférieure d'inflammabilité des mélanges hydrogène + air, soit 4,15% pour la propagation montante. Cette limite doit en effet entrer en ligne de compte dans la détermination du risque d'explosion.

Pour apprécier l'inflammabilité du gaz se trouvant dans la lampe, il nous suffira de vérifier si la quantité d'hydrogène libre est suffisante ou non pour atteindre la teneur explosive minimum, soit 4,15%.

En d'autres termes, il y aura risque d'explosion dans la lampe si le volume d'hydrogène décelé par l'analyse est supérieur ou égal à :  $94 \times 4,15$

$$\frac{94 \times 4,15}{100} = 3,9 \text{ cm}^3.$$

(94 : volume en cm<sup>3</sup> subsistant dans la lampe lorsque le couvercle est en place;

4,15 : limite inférieure d'inflammabilité des mélanges d'hydrogène et d'air).

Dans la première expérience, la teneur en hydrogène dans la lampe était de 1,87

$$\frac{1,87}{94} = 0,02 \text{ ou } 2\%.$$

Quarante-cinq minutes après la fermeture, le risque d'explosion était donc nul.

**2<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 7 heures 45.  
Lampe ouverte pendant 1 heure 30'.  
Prélèvement 1 heure après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 7,75 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, on décharge l'accumulateur sur l'ampoule (durée de la décharge : 6 heures 30).

**3<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 7 heures.  
Lampe ouverte pendant 3 heures 15.  
Prélèvement 3 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,18 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, on décharge l'accumulateur sur l'ampoule pendant 8 heures.

**4<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 9 heures.  
Lampe ouverte pendant 3 heures.  
Prélèvement 3 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,39 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, on décharge l'accumulateur sur l'ampoule (6 heures).

**5<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 9 heures.  
Lampe ouverte pendant 3 heures.  
Prélèvement, 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,18 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, on décharge l'accumulateur sur l'ampoule (8 heures).

**6<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 8 heures.  
Lampe ouverte pendant 2 heures.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,14 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, on décharge l'accumulateur sur l'ampoule (8 heures).

**7<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 12 heures.  
Lampe ouverte pendant 3 heures.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,92 cm<sup>3</sup>.  
Pour toutes ces expériences, la quantité d'hydrogène se trouvant dans la tête de la lampe était inférieure à 3,9 cm<sup>3</sup>, volume minimum nécessaire pour que la limite inférieure d'inflammabilité (4,15%) soit atteinte.

On remarquera que le temps de repos avant la fermeture de la lampe est toujours resté inférieur à ce qu'il avait été au charbonnage (4 heures); or il est certain que la réduction de cette période de repos est favorable à la formation d'un mélange explosif au-dessus de l'accumulateur.

*Lampe de la Compagnie d'Arras.*  
(présentée par la Société de Loncin)

Accumulateur S. A. F. T. de 16 ampères-heure.  
Régime normal de charge : 4 ampères pendant 5 heures.  
Ampoule de 2,6 volts, 1,4 ampère.  
Assemblage de la tête sur le pot par 4 1/4 filets.  
Volume libre dans la tête et au-dessus de l'accumulateur :  
76 cm<sup>3</sup>.

**1<sup>er</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 7 h. 50.

Lampe ouverte pendant 2 h. 20.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 2,61 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 8 heures.

**2<sup>e</sup> essai.**

Charge 4 ampères pendant 5 heures.  
Lampe ouverte pendant 3 heures 30.  
Prélèvement 1 h. 50 après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 1 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 8 heures.

**3<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 6 heures.  
Lampe ouverte pendant 2 h. 20.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 1,77 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 8 heures.

**4<sup>e</sup> essai.**

Charge 4 ampères pendant 5 heures.  
Lampe ouverte pendant 2 h. 30.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,88 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 8 heures.  
L'espace libre dans la lampe étant de 76 cm<sup>3</sup>, l'explosion du mélange formé au-dessus de l'accumulateur est possible dès que le volume d'hydrogène dégagé atteint

$$76 \times 4,15$$

$$\text{---} := 3,15 \text{ cm}^3.$$

100

Pour aucun des 4 essais, cette condition ne s'est réalisée.

Le volume d'hydrogène a été relativement élevé pour les essais 1 et 3 (2,61 et 1,77 cm<sup>3</sup>); ce qui est dû au régime de charge (31 et 24 ampères-heures) supérieur à celui indiqué par le constructeur, soit  $4 \times 5 = 20$  ampères-heures.

*Lampe à main de la Société belge d'Applications électriques.*

Accumulateur NIFE de 15 ampères-heures.

Régime normal de charge : 3,75 ampères pendant 6 heures  
ou 2,5 ampères pendant 9 heures.

Ampoule de 2,6 volts - 1,25 ampère.

Assemblage de la tête sur le pot par 2 1/2 filets.

Volume libre dans la tête et au-dessus de l'accumulateur : 110 cm<sup>3</sup>.

**1<sup>er</sup> essai.**

Charge : 3,75 ampères pendant 6 h. 20.  
Lampe ouverte pendant 2 heures.  
Prélèvement 1 h. 15 après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,78 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 6 heures.

**2<sup>e</sup> essai.**

Charge : 3 ampères pendant 8 heures 15.  
Lampe ouverte pendant 2 h. 45.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,96 cm<sup>3</sup>.  
Après le prélèvement, la lampe est allumée pendant 6 heures.

**3<sup>e</sup> essai.**

Charge : 4 ampères pendant 5 h. 30.  
Lampe ouverte pendant 1 h. 50.

Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène dans la lampe : 0,45 cm<sup>3</sup>.  
L'accumulateur n'est pas déchargé.

#### 4<sup>e</sup> essai.

Charge : 3,5 ampères pendant 7 heures 15.  
Lampe ouverte pendant 2 heures 15.  
Prélèvement 2 heures après la fermeture.  
Volume d'hydrogène : **4,39 cm<sup>3</sup>**.

Pour qu'il y ait un mélange explosif dans la lampe, il faut un dégagement de

$$\frac{110 \times 4,15}{100} = 4,56 \text{ cm}^3 \text{ d'hydrogène.}$$

Pour les trois premiers essais, le régime de charge était voisin de celui indiqué par le constructeur, soit 22,5 ampères-heure.

Pour le quatrième, la charge à 3,50 ampères a duré 7 heures 15 ce qui conduit à 25,4 ampères-heure, chiffre légèrement supérieur au chargement normal.

Cet essai a donné néanmoins un dégagement d'hydrogène (4,39 cm<sup>3</sup>) pour lequel la teneur explosive était près d'être réalisée.

Il faut en voir la raison dans le fait que l'accumulateur n'a pas été mis en décharge après le 3<sup>me</sup> essai et a subi de ce fait un chargement double, donc exagéré.

La même lampe a été soumise ensuite à trois autres expériences pour lesquelles il n'y a pas eu d'analyse du mélange. Nous avons vérifié seulement si l'étincelle d'une bobine d'induction à haute tension provoquait une explosion dans la lampe. Celle-ci était pourvue à cette fin d'une bougie d'allumage placée comme indiqué à la figure 18.

Dès la fin du chargement, on mettait la tête en place, puis on faisait éclater de temps à autre un train d'étincelles.

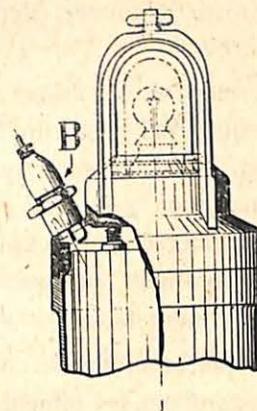


Fig. 18.

Nous donnons ci-après les conditions dans lesquelles ces essais ont été réalisés :

#### 1<sup>er</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 heures. — Pas d'explosion  
15 et 30 minutes après la fermeture de la lampe.

#### 2<sup>e</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 heures. — Explosion  
30 minutes après la fermeture de la lampe.

#### 3<sup>e</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 h. 40. — Pas d'explosion  
15, 30 minutes et 1 heure après la fermeture.

Le second essai seul a donné une explosion, mais il faut retenir que nous avons mis tout en œuvre pour obtenir ce résultat positif.

En résumé, la présence d'un mélange explosif dans la lampe au moment de sa mise en service est peu probable si le chargement reste conforme à celui indiqué par le constructeur

et si l'accumulateur reste découvert deux ou trois heures après la fin de la charge.

Cette conclusion permettrait d'indiquer dès maintenant une solution du problème qui nous préoccupe; il suffirait en effet de construire les lampes de telle sorte qu'une fois allumées, la manœuvre d'extinction ne soit plus possible. L'allumage au début du poste ne donnerait pas d'explosion et il ne pourrait s'en produire ultérieurement, puisque le circuit d'alimentation resterait définitivement fermé.

Mais nous pensons que ce mode de construction ne serait pas accueilli favorablement par les mineurs, ceux-ci préférant être à même dans certaines circonstances, d'économiser ou d'utiliser à volonté l'énergie lumineuse mise à leur disposition.

#### d) Dégagement gazeux pendant la décharge.

Pour vérifier s'il se formait un mélange explosif dans la lampe pendant la décharge, nous n'avons plus comme précédemment, opéré des prélèvements et soumis ceux-ci à l'analyse chimique; nous nous sommes limités à vérifier l'inflammabilité du gaz en faisant éclater à l'intérieur du couvercle les étincelles d'une bobine d'induction à haute tension.

Après chargement, l'accumulateur était laissé au repos, c'est-à-dire, inactif pendant un certain temps, après quoi on procédait à la décharge. Pendant la période de repos, la tête de la lampe était soit mise en place comme pour le service normal, soit retirée du pot.

Pendant la décharge, la tête étant vissée sur le pot, on faisait éclater périodiquement, c'est-à-dire en moyenne une fois toutes les heures un train d'étincelles. Nos essais ont porté sur deux lampes déjà mentionnées précédemment : celle de la Cie d'Arras et celle de la Société Belge d'Applications électriques.

#### 1. — Lampe de la « Compagnie d'Arras ».

L'ampoule et le verre sont enlevés. Le disque en ébonite servant normalement de support à la douille dans laquelle se place l'ampoule, est remplacé par un disque de même matière et traversé par 3 électrodes. Deux de celles-ci servent de prises de courant, soit pour la charge, soit pour la décharge et la troisième de bougie d'allumage.

Après le chargement, la tête était retirée du pot pendant un certain temps, puis remise en place pour la décharge.

La décharge se faisait dans l'ampoule normale (2,6 volts, 1,4 ampère), celle-ci étant reliée par des fils aux deux électrodes de prise de courant.

##### 1<sup>er</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 heures.

Repos 3 heures lampe ouverte.

Décharge 1,4 ampère (ampoule) pendant 9 h. 20.

Pas d'explosion pendant la décharge.

##### 2<sup>e</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 heures.

Repos 2 heures lampe ouverte.

Décharge, 1,4 ampère (ampoule) pendant 10 heures.

Pas d'explosion pendant la décharge.

##### 3<sup>e</sup> essai.

Charge : 3 ampères pendant 8 h. 45.

Repos 1 h. 30 lampe ouverte.

Décharge 1,4 ampère (ampoule) pendant 12 heures.

A la fin de la décharge, l'ampoule n'éclaire plus.

Pas d'explosion pendant la décharge.

## 2 — Lampe de la « Société belge d'Applications électriques ».

L'essai du mélange était réalisé par une bougie d'allumage fixée sur la face latérale du couvercle.

Onze essais ont été faits sur cette lampe. Pour les quatre premiers, la tête ou couvercle était munie du verre et de l'ampoule comme pour le service normal. Pour les sept essais suivants, le couvercle sans ampoule ni verre, était fermé par un disque d'ébonite portant deux électrodes. Cette seconde disposition permettait de maintenir la lampe, soit ouverte pendant la période de repos, soit fermée pendant les trois expériences de chargement, de repos et de décharge.

Pour chaque essai, la décharge se faisait sur une ampoule à 1,70 ampère, donc d'une consommation plus élevée que celle prévue par le constructeur (1,25 ampère).

Nous avons procédé ainsi, estimant que l'exagération du courant de décharge ne pouvait qu'être favorable à la formation d'un mélange explosif.

**Essai 1.**

Charge : 4 ampères pendant 6 h. 15.

Repos pendant 15 h. 30 (lampe ouverte).

Décharge dans l'ampoule à 1,75 ampère pendant 6 h. 45.

**Essai 2.**

Charge : 3 ampères pendant 8 heures.

Repos pendant 2 h. 15 (lampe ouverte).

Décharge dans l'ampoule pendant 8 h. 20.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 3.**

Charge : 3 ampères pendant 8 heures.

Repos pendant 2 h. 30 (lampe ouverte).

Décharge dans l'ampoule pendant 7 heures.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 4.**

Charge : 3 ampères pendant 8 h. 40.

Repos pendant 1 h. 30 (lampe ouverte).

Décharge pendant 6 heures.

Quatre explosions après le début de la décharge, l'étincelle provoque une explosion dans la lampe, une flamme jaune traverse le filetage.

Au moment de l'explosion, l'ampoule éclaire très faiblement.

**Essai 5.**

Charge : 3 ampères pendant 9 heures.

Repos pendant 2 heures (lampe fermée).

Décharge pendant 9 heures.

A la fin de la décharge, l'ampoule n'éclaire plus.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 6.**

Charge : 4 ampères pendant 7 heures.

Repos pendant 18 heures (lampe fermée).

Décharge pendant 7 heures.

A la fin de la décharge, l'ampoule n'éclaire plus, à ce moment, l'étincelle provoque une explosion très faible dans la lampe. La flamme ne traverse pas le filetage.

**Essai 7.**

Charge : 2 ampères pendant 10 heures.

Repos pendant 5 heures (lampe ouverte).

Décharge à 1,75 amp pendant 9 heures.

A la fin de la décharge, l'ampoule éclaire très faiblement.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 8.**

Charge : 2 ampères pendant 10 heures.

Repos 15 heures (lampe fermée).

Décharge pendant 7 heures.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 9.**

Charge : 4 ampères pendant 8 h. 30.

Repos 4 heures (lampe ouverte).

Décharge pendant 10 h. 30.

A la fin de la décharge, l'ampoule est éteinte.

Pas d'explosion pendant la décharge.

**Essai 10.**

Charge 21 heures à 3 ampères.

Repos 3 heures (lampe ouverte).

Décharge pendant 8 h. 30.

Pas d'explosion dans la lampe.

**Essai 11.**

Charge : 2 ampères pendant 19 heures.

Repos 2 heures (lampe ouverte).

Pas d'explosion pendant la décharge.

Après la décharge, la lampe est restée fermée.

On a pu y produire une explosion 21 h. 30 et 31 heures après la fin de la décharge.

Chaque fois l'explosion a été très faible et sans sortie de flamme par le filetage.

Trois essais ont donc permis de mettre en évidence la formation d'un mélange explosif.

Chaque fois que nous avons pu provoquer l'explosion pendant la décharge, l'ampoule éclairait très faiblement ou même plus du tout; l'accumulateur dont la capacité n'était d'ailleurs pas adaptée à la consommation de l'ampoule, débitait donc dans des conditions anormales.

Il semble néanmoins qu'il ne faille pas exclure d'une manière absolue l'éventualité de la formation d'un mélange explosif à l'intérieur des lampes électriques portatives pendant la décharge.

Mais ce qui importe aussi, c'est de savoir si l'étincelle se produisant à l'allumage ou à l'extinction de l'ampoule par rotation du couvercle est capable d'allumer le mélange tonnant. Or, jusqu'ici nous ne sommes pas parvenus à réaliser cette inflammation.

Nos recherches ne sont pas terminées; nous les poursuivons au cours de l'année 1947, car nous estimons qu'étant donné l'extension toujours croissante des lampes électriques portatives, elles présentent un sérieux intérêt pour la sécurité de nos mines.

Il est possible même qu'elles conduisent à une modification de notre règlement sur la construction des lampes portatives.

On peut se garantir contre l'éventualité d'une explosion intérieure, soit en rendant l'assemblage du pot étanche vis-à-vis de la flamme d'hydrogène, soit en permettant au contraire par des événements appropriés, l'évacuation du mélange explosif intérieur.

La première solution conduirait à une construction lourde et prohibitive, la seconde échappe à cette critique. On en arriverait ainsi à une construction analogue à celle de la lampe " Oldham ", décrite précédemment dont la batterie communique d'une manière permanente avec l'extérieur, ce que prévoit d'ailleurs le règlement français en ce qui concerne les lampes du type dit " de chapeau ",

Nous ajoutons que la diffusion rapide de l'hydrogène est un adjuvant favorable à la dilution continue du gaz tonnant et c'est vraisemblablement pour cette raison que les explosions dans les lampes sont relativement rares.

## VI. — RECHERCHES SUR LE MATERIEL ELECTRIQUE ANTIGRISOUTEUX Eclairage par fluorescence.

A la demande de la Société Philips, nous avons examiné les possibilités d'emploi dans les mines de ce mode d'éclairage utilisé actuellement d'une manière intensive dans les établissements industriels et commerciaux.

Rappelons-en d'abord brièvement le principe.

La décharge électrique à basse pression dans un tube de verre renfermant de la vapeur de mercure donne un rayonnement riche en rayons ultra-violet. Ce rayonnement en traversant des substances appropriées (tungstates, silicates, borates de calcium, de zinc, de glucinium, de cadmium) fixées sur la paroi interne du tube, produit par excitation, des radiations visibles qui seules s'échappent à l'extérieur.

Un choix judicieux des matières excitées permet de réaliser une émission lumineuse spectrale déterminée.

Les avantages du système sont une brillance modérée (d'où réduction de la fatigue visuelle), un rendement lumineux avantageux, une vie longue du tube lumineux, une robustesse supérieure à celle des ampoules à filament incandescent.

Il nous intéressait spécialement de vérifier si la rupture du tube à vapeur de mercure pouvait ou non enflammer une atmosphère grisouteuse.

Déjà en 1941, nous avons examiné un tube Philora T-L 100, mais celui-ci nous avait donné des résultats défavorables (1).

En 1946, la Société Philips nous a présenté deux autres types, l'un de 500 mm de longueur, l'autre de 370 mm, que nous avons pu briser sans provoquer son inflammation.

(1) Voir Rapport annuel sur les Travaux de 1941. Annales des Mines de Belgique, tome XLIII, 1942, pages 74 et suivantes.

Le tube de 370 mm, celui qui, par le fait de sa longueur plus faible et sa simplicité pourrait sans difficulté spéciale être utilisé pour l'éclairage souterrain, fonctionne conformément au schéma de la figure 19.

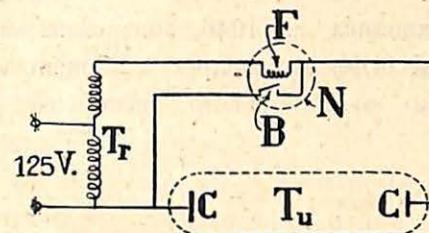


Fig. 19.

Le tube à vapeur de mercure  $T_u$  est connecté par les deux cathodes C, aux bornes d'un auto-transformateur  $T_f$ , alimenté sous la tension alternative de 125 volts. Le tube est shunté par un bilame B, placé dans une ampoule au néon N, au voisinage d'un filament F parcouru par le courant total que débite l'auto-transformateur. Le bilame est fermé quand l'ampoule au néon est froide.

Lorsqu'on alimente l'auto-transformateur, le courant passant par le filament chauffe le gaz de l'ampoule, puis le bilame s'ouvre. La rupture du circuit dérivé sur le tube à vapeur de mercure provoque l'apparition d'une surtension de self. Celle-ci amorce entre les cathodes la décharge qui se maintient dans la vapeur de mercure, source des rayons ultra-violet.

En fonctionnant, le bilame reste ouvert à cause de l'échauffement résultant du passage du courant dans le filament; ce courant cesse et le bilame se referme lorsqu'on brise le tube à vapeur de mercure.

En toutes circonstances, les cathodes restent froides et pour cette raison, la rupture du tube en atmosphère grisouteuse ne provoque pas l'inflammation.

Le tube examiné en 1941 était pourvu au contraire de cathodes chaudes, constituées par des filaments qui, par le jeu du relai au néon, recevait un surcroît de courant dès la rupture du tube. Une minute plus tard, la température des cathodes était suffisante pour provoquer l'explosion du grisou.

Les tubes examinés en 1946, sont donc supérieurs au point de vue sécurité, aux lampes à filament incandescent dont la rupture en atmosphère grisouteuse est toujours dangereuse.

## VII. — LA LUTTE CONTRE LES POUSSIÈRES

(au point de vue de l'hygiène).

Les masques ne constituent certes pas la solution la meilleure pour protéger les travailleurs de la mine contre les poussières; bien plus intéressants sont en effet les procédés qui tels l'arrosage et l'injection en veine s'attaquent aux particules solides avant même qu'elles ne soient mises en suspension dans l'atmosphère.

Il est des cas néanmoins où la seule protection acceptable est de soustraire les voies respiratoires à l'inhalation des poussières fines soit en filtrant l'air aspiré, soit en refoulant l'atmosphère nocive par un afflux d'air non poussiéreux; les masques à organe filtrant et ceux à vent soufflé répondent à ce but.

Au cours de l'année 1946, l'Institut National des Mines a examiné quatre masques du premier genre et un du second.

Cette étude fait l'objet d'une note rédigée par Monsieur l'Ingénieur principal Brison et figurant en annexe à ce rapport (Annexe I).

### VIII. — APPAREILS ELECTRIQUES ET DIVERS EXAMINES EN 1946.

En plus des appareils déjà mentionnés précédemment, nous avons, au cours de l'année 1946, examiné :

- a) 10 appareils électriques soit : 3 moteurs, 1 transformateur, 2 coffrets de manoeuvre, 1 téléphone, 1 sonnerie trembleuse, 1 génératrice pour éclairage de locomotive Diesel et 1 lampe électropneumatique;
- b) deux types de tuyau souple à air comprimé permettant l'écoulement au sol des charges d'électricité statique, ce qui est réalisé par l'introduction de matières conductrices dans le caoutchouc;
- c) un dispositif d'amarrage pour tuyaux d'air comprimé à grande section de passage. Ce dispositif a pour objet de s'opposer au déboîtement de tuyaux à fort débit, déboîtement ayant déjà provoqué des blessures graves au personnel;
- d) un turbo-ventilateur;
- e) une locomotive Diesel.

En annexe IV, on trouvera un relevé des appareils et engins divers agréés en 1946 par la Direction générale des Mines sur proposition de l'Institut National des Mines.

### IX. — TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CHIMIE DU SERVICE SECURITE DES MINES.

Au cours de l'année 1946, le laboratoire de chimie du Service de Sécurité des Mines a procédé à l'analyse de :

		8 échantillons d'explosif;
4	id	de produits utilisés pour la fabrication des gaines;
5	id	d'huile pour lampe;
2	id	d'eau (analyses demandées par le Service Géologie);
32	id	de charbon;
83	id	de poussières charbonneuses neutralisées;
3	id	de gaz émis par une locomotive Diesel;
147	id	d'air grisouteux prélevé pour une recherche spéciale effectuée à la demande de M. Hoppe, Ingénieur en chef-Directeur du 1er Arrondissement minier;
524	id	d'air grisouteux prélevés par MM. les Ingénieurs du Corps des Mines, en vertu de la circulaire n° 13B/5147 du 29/1/1939.

Le même laboratoire a mis également au point une méthode de titrage de l'humidité dans les explosifs.

Cette méthode consiste à expulser l'humidité par l'action de la chaleur sur une dissolution de l'explosif dans du benzol cristallisable à point d'ébullition 80-82. Dans le condensat, le benzol et l'eau se séparent par ordre de densité et on détermine la seconde par volumétrie.

Ce travail fait l'objet d'une note annexe (Annexe III) rédigée par M. G. Nenquin, chimiste, attaché à l'Institut.

## X. — LABORATOIRE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

### Recherches sur la combustion du méthane.

L'étude de la combustion du méthane figure depuis 1938 au programme des recherches scientifiques exécutées à l'Institut National des Mines (1).

La connaissance approfondie de ce phénomène et des facteurs qui en conditionnent l'allure est en effet d'importance primordiale pour les expérimentateurs chargés d'étudier les mesures assurant la sécurité du travail dans les mines grisouteuses.

Pendant l'année 1946, nous avons abordé quatre questions dont certaines n'ayant pu être élucidées seront reprises au cours des exercices prochains.

On trouvera ci-après un bref aperçu de l'état d'avancement de ces travaux.

#### a) Etude de la combustion photosensibilisée du méthane.

Rappelons que le mécanisme en chaîne de la combustion du méthane proposé par M. Van Tiggelen se faisait à l'intervention des centres propagateurs dont les principaux seraient  $\text{CH}_3$  et OH.

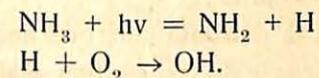
(1) Les travaux exécutés dans ce domaine par l'Institut ont fait l'objet de notes annexes aux Rapports annuels publiés dans les Annales des Mines de Belgique. Nous les citons ci-après dans l'ordre chronologique :

1. Contribution à l'étude spectroscopique du mécanisme de la combustion du méthane. - L. Coppens. A. M. B. Tome XLI année 1940, page 177.
2. L'oxydation du méthane photosensibilisée par l'acétone. - Ad. Van Tiggelen. A. M. B. Tome XLIII, année 1942, page 117.
3. Note sur l'interprétation du spectre d'absorption dans l'ultra-violet d'un mélange  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2$  soumis à la combustion lente. - Ad. Van Tiggelen. A. M. B. Tome XLV, année 1944, page 41.
4. Photo-sensibilisation et inhibition dans la combustion du méthane. - Ad. Van Tiggelen. A. M. B. Tome XLVI, année 1946, page 159.

La preuve a été faite au cours des années 1940-1944 que le radical  $\text{CH}_3$  jouait un rôle actif; il restait à vérifier s'il en était de même pour le radical OH.

Ce point à élucider figurait au programme des travaux de 1946.

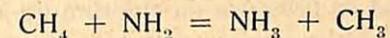
Nous avons préparé les radicaux OH par la décomposition photochimique de l'ammoniac soit :



En irradiant un mélange  $\text{CH}_4 + \text{O}_2$  renfermant un peu d'ammoniac, nous avons constaté en effet une oxydation du méthane dès la température de  $300^\circ$  (1).

Cette constatation ne permettait cependant pas de conclure avec certitude à l'intervention du radical OH.

On pouvait en effet supposer également la formation du radical  $\text{CH}_3$  suivant l'équation :



Nous espérons lever cette indétermination par l'étude cinétique de la réaction, c'est-à-dire, en déterminant la vitesse de l'oxydation en fonction de la température et des concentrations.

Mais les variations de vitesse observées étant du même ordre de grandeur que les erreurs expérimentales, il ne nous fut pas possible de départager avec précision les actions respectives des radicaux  $\text{CH}_3$  et OH.

Nous comptons cependant reprendre cette étude ultérieurement en utilisant d'autres sensibilisateurs photochimiques tels que le cétène, le diazométhane.

(1) Notons qu'en l'absence de centre propagateur, le méthane ne subit l'oxydation qu'à partir de  $380^\circ$  environ.

**b) Etude des inhibiteurs.**

Nous avons ensuite abordé la question de l'inhibition par les chlorure et bromure de méthyle. Il avait déjà été constaté, au cours de l'année 1943, que l'iodure de méthyle arrêta la combustion photosensibilisée du méthane par l'acétone. Nos expériences ont permis de constater que ni le chlorure ni le bromure de méthyle ne possédait l'action inhibitrice de leur homologue, l'iodure.

Le fait ressort des constatations que nous avons faites au cours de 19 expériences de combustion réalisées sous l'action des rayons ultra-violet, les unes en présence, les autres en l'absence de l'inhibiteur.

Nous donnons ci-après les résultats de trois de ces expériences.

Dans des conditions tout à fait comparables de température (288°) et de concentration en méthane et oxygène, nous avons noté une combustion :

de 0,38 cm<sup>3</sup> en l'absence d'inhibiteur;

de 1,39 cm<sup>3</sup> en présence du chlorure de méthyle;

et de 4,37 cm<sup>3</sup> en présence du bromure de méthyle.

**c) Etude de la combustion lente par voie thermique.**

Nous avons ensuite porté nos investigations sur la combustion lente par effet thermique pur, c'est-à-dire, sans intervention d'un sensibilisateur.

Par suite du défaut de reproductibilité dû vraisemblablement aux parois, les lois cinétiques de cette réaction restent encore sujettes à révision.

Nous avons entrepris cette étude en prenant des précautions tout à fait spéciales dans le traitement des parois et la conduite des expériences.

Jusqu'à présent, nous avons vérifié que la combustion lente débute vers 380° et qu'elle est précédée d'une période

d'induction assez longue, fonction de l'état des parois et de la température. (On désigne par " période d'induction " la phase d'oxydation extrêmement lente précédant celle de combustion plus rapide).

Pour fixer les idées, disons qu'à la température de 380°, il faut 3 heures (période d'induction) pour oxyder 1% à peine du méthane et 1 1/2 heure (temps de demi-réaction) pour en brûler ultérieurement 49%.

Nous avons établi ensuite que la période d'induction est indépendante de la présence de corps fugaces tels que les radicaux libres.

Dans une série d'expériences, quatre cellules en pyrex ont été maintenues à la température de 392°, deux d'une manière permanente, les deux autres avec deux interruptions de 15 minutes pendant lesquelles elles ont été ramenées à la température du laboratoire (19°).

Pour une même durée totale de chauffage, soit 4 1/2 heures, la période d'induction est restée inchangée pour les 4 mélanges expérimentés.

Or, à la température ordinaire, la concentration en radicaux libres est nulle.

Ces constatations assez troublantes semblent infirmer l'intervention des réactions en chaîne au moins pendant la période d'induction.

**d) Inflammation du méthane en milieu ionisé.**

Parmi les facteurs paraissant capables de jouer un rôle dans l'inflammation, il en est un sur lequel notre attention a été attirée en ces derniers temps; il s'agit de l'état électrique de l'air souterrain.

Bien que l'air se comporte normalement comme un isolant, il peut, dans certaines circonstances, présenter une conductibilité électrique très faible, mais mesurable.

Ce phénomène appelé ionisation aurait pour origine, d'après les théories modernes de la physique, le détachement d'électrons des molécules gazeuses qui reviendraient de ce fait électrisées positivement, tandis que les électrons libérés s'attachant à des molécules primitivement neutres, communiqueraient à ces dernières une charge négative.

Ce processus conduit donc à la formation d'ions ou molécules gazeuses chargées soit positivement, soit négativement, mais capables toutes de décharger des corps électrisés.

Quant au point de départ de ce phénomène, soit la mise en liberté des électrons, on l'attribue en ce qui concerne l'air des mines, aux émanations radioactives des terrains.

Nous ne savons jusqu'à quel point la chose est exacte; il est bien établi cependant par des mesures indiscutables que l'atmosphère souterraine présente un degré d'ionisation bien supérieur à celui de l'air de la surface.

Deux expérimentateurs allemands, Rossinger et Funder, ont déterminé jadis dans une mine métallique de Clausthal et à l'aide d'un électromètre à fil, les charges électriques transportées par l'air, soit au repos, soit en mouvement (1).

Dans le premier cas, les densités étaient de 4.000 ions positifs et de 8.000 ions négatifs par  $\text{cm}^3$ ; dans le second cas, ces densités atteignaient respectivement 12.000 et 18.000.

Les expérimentateurs font observer que ce sont là des maxima correspondant au degré hygrométrique le plus bas.

A la surface la densité moyenne en ions était de 700 par  $\text{cm}^3$ .

La comparaison de ce dernier chiffre avec les précédents fait ressortir l'accroissement considérable que subit l'état électriques du courant d'air ventilant les travaux souterrains.

Ce fait a été confirmé récemment par des mesures effec-

(1) Voir Glückauf, 15 septembre 1934, page 850.

tuées dans un charbonnage du Bassin de Liège à l'initiative de l'Institut d'Hygiène des Mines.

Cette recherche en est encore à ses débuts, mais d'après les renseignements que nous devons à l'obligeance de M. R. Bidlot, Professeur à l'Université de Liège et Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines, l'ionisation de l'air dans les travaux souterrains vaudrait 3,3 fois celle observée à la surface.

Ces constatations nous ont amenés à rechercher si la réactivité du méthane se trouvait ou non modifiée par le fait de l'ionisation. Dans ce but, nous nous sommes proposés de déterminer la température d'inflammation et le retard à l'inflammation des mélanges air + méthane soit normaux, soit ionisés, la source d'ionisation étant le radon ou émanation du radium.

Ce dernier nous faisant défaut, nous avons été amenés à solliciter l'aide de Monsieur W. Mund, Professeur de chimie-physique à l'Université de Louvain qui poussa l'amabilité jusqu'à son laboratoire personnel à notre entière disposition.

Nous le prions de trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

M. Vanpée, docteur en sciences, attaché à l'Institut, fut chargé de l'exécution de ce travail dont on trouvera en annexe II un compte rendu détaillé.

Comme on le constatera, le retard à l'inflammation et la température d'inflammation ne sont affectés que d'une façon insignifiante par la présence du radon, du moins aux températures inférieures à  $700^\circ$ .