

**LES MINES**  
ET LES  
**EXPLOSIFS**

AU  
**VII<sup>me</sup> Congrès international de Chimie appliquée**  
**à Londres en 1909**

AVEC  
**Quelques résultats récents des expériences de Frameries**

PAR  
**V. WATTEYNE**

Inspecteur général des mines, à Bruxelles  
Inspecteur général du Service des Accidents miniers et du Grisou

ET

**S. STASSART**

Ingénieur en chef, Directeur des mines, à Mons  
Directeur du Siège d'expériences de Frameries  
Professeur à l'Ecole des Mines et Faculté polytechnique du Hainaut.

**DÉLÉGUÉS DU GOUVERNEMENT BELGE**

---

**INTRODUCTION**

Les explosifs, considérés aussi bien sous le rapport des dangers que présente leur emploi dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses, qu'à divers autres points de vue, tiennent une place de plus en plus importante dans les Congrès de chimie appliquée.

Aussi la section IIIb, consacrée aux explosifs, était-elle, au Congrès de Londres, particulièrement suivie. Elle a aussi été remarquable par l'abondance, la variété et l'intérêt des objets traités.

Dans la section IIIA, consacrée aux mines et à la métallurgie, on s'est occupé presque exclusivement de questions métallurgiques.

Cependant quelques communications intéressaient les mines. Certaines d'entre elles, notamment celles ayant trait aux dangers de l'emploi des explosifs dans les mines, ont été présentées devant les deux sections réunies.

Plusieurs revues techniques étrangères ont publié des comptes-rendus sommaires du Congrès. D'autres ont donné isolément quelques uns des travaux y présentés.

Dans le présent compte-rendu, tant pour ne pas en exagérer l'étendue que pour le restreindre à ce qui est plus spécialement du ressort des *Annales des Mines de Belgique*, nous nous limiterons à certaines catégories de travaux ; mais nous chercherons, d'autre part, à donner ceux-ci d'une façon assez développée, sinon *in extenso*, pour que les lecteurs puissent trouver, dans les pages qui vont suivre, toutes indications utiles sur ce qui a été exposé au Congrès dans le domaine que nous nous sommes assigné.

Les sujets que nous développerons ici, laissant complètement de côté la métallurgie, sont : tout d'abord, celui des expériences faites et à faire sur divers points intéressant la sécurité des mines sous le rapport des explosions, notamment pour reconnaître le degré de sûreté des explosifs vis-à-vis du grisou et des poussières charbonneuses.

Ce sujet a été traité par MM. MENTE, WILL et BEYLING (Allemagne), TAFFANEL (France) et par nous mêmes.

En second lieu, nous nous occuperons de la question des poussières, qui a été traitée par MM. GALLOWAY (Angleterre), FORSTMANN (Allemagne) et PH. BEDSON (Angleterre).

Viendront ensuite deux notes, s'occupant de questions intéressant encore les mines mais ne rentrant pas dans les catégories qui précèdent, à savoir l'amorçage des mines,

par M. BARTHELEMY (France), et l'analyse du grisou, par M. HAUSER (Espagne).

Enfin nous exposerons l'état de la question de l'unification des méthodes d'épreuves sur la stabilité des explosifs, en faisant connaître les travaux de la Commission internationale chargée d'étudier ce point, et les derniers travaux effectués, dans cet ordre d'idées, en Allemagne, peu avant l'ouverture du Congrès, et qui ont été exposés devant celui-ci par MM. WILL, LENZE et KAST.

Malgré tout l'intérêt que présentent bon nombre d'autres communications, nous avons cru devoir, pour les raisons exposées plus haut, nous abstenir de les reproduire ou de les analyser.

Nous nous contenterons de donner la nomenclature de celles développées devant la section des explosifs et devant les sections IIIA et IIIB réunies, renvoyant les personnes qu'elles intéressent au rapport complet qui sera publié sur les travaux du Congrès :

1. Cap. DESBOROUGH (Angleterre). Les règlements anglais sur les explosifs et leur application.
2. Dr O. POPPENBERG (Allemagne). La décomposition des explosifs et leur température de détonation. (Cette communication apporte des éléments nouveaux à la question, si intéressante au point de vue de la sûreté des explosifs, de leurs modes différents de décomposition sous diverses influences, telles la densité de chargement, les dimensions des trous de mines, etc.)
3. A. COMEY (Etat-Unis). Etude sur la vitesse de détonation des explosifs.
4. A. SAPOJNIKOFF (Russie). La théorie de la nitration de la cellulose.
5. G. MACDONALD (Angleterre). Analyse d'un échantillon de coton-poudre fabriqué à Faversham en 1847.

6. BICHEL (Allemagne). Nouveautés sur l'installation des fabriques d'explosifs.

7. M. JACQUÉ (Espagne). L'influence des micro-organismes et des acides végétaux sur la stabilité des éthers nitriques.

8. CH. MUNROE (Etats-Unis). Développement des explosifs aux Etats-Unis au cours des trois dernières années.

9. WOLFFENSTEIN et BOTES (Allemagne). Sur la nitration en présence du mercure.

10. G. W. PATTERSON (Etats-Unis). La constatation du mercure dans les explosifs. Les essais de stabilité des poudres sans fumée.

11. JANNPOULOS (Grèce). Détermination du sublimé dans les nitrocelluloses comprimées.

12. Cap. LLOYD (Angleterre). Unification des explosifs, sous le rapport du diamètre, du poids et de la puissance des cartouches.

13. D<sup>r</sup> ROB. PATTERSON (Etats-Unis). La décomposition de la nitroglycérine.

14. STORM (Etats-Unis). Papier amidonné à l'iodure de potassium.

15. GASPARD (France). Etude comparée de divers tests de stabilité.

Pour certaines questions, et plus spécialement pour celles qui concernent les explosifs de sûreté et les poussières, et qui ont fait l'objet de nouveaux travaux depuis le Congrès, nous ne nous limiterons pas absolument à ce qui a été communiqué au dit Congrès; c'est ainsi que nous ferons connaître quelques résultats récents des expériences de Frameries et aussi les premiers essais effectués au siège d'expériences de Rossitz (Autriche).

## CHAPITRE I<sup>er</sup>

### Les essais des explosifs.

Voici d'abord un aperçu des travaux présentés, que nous analyserons ensuite en détail :

M. TH. MENTE a parlé de l'orientation que devrait prendre, selon lui, l'étude expérimentale de la sûreté des explosifs. A côté des « grandes galeries » qui monopolisent jusqu'à un certain point les essais de ce genre, il voudrait étendre le champ des expériences par la création de nombreuses galeries de dimensions restreintes dont les essais seraient rendus comparables avec les épreuves effectuées dans les grandes galeries.

M. HEISE a présenté quelques observations en réponse à certaines opinions émises par M. Mente.

M. WILL, suivant l'ordre d'idées développées par M. Mente, a procédé à la station centrale pour les recherches scientifiques et techniques, à Neubabelsberg, à des expériences très intéressantes au moyen de dispositifs simples et d'un faible encombrement. Ces essais ont trait à l'influence de la section de la chambre d'explosion sur la valeur de la charge limite, à la recherche d'un gaz artificiel pouvant remplacer le grisou, à la mesure de la longueur et de la durée des flammes.

M. BEYLING expose le développement des méthodes d'essais suivies dans les grandes galeries de l'Industrie minière.

Sans méconnaître nullement l'utilité que présente la recherche des divers facteurs intervenant dans les explosions, il justifie ces méthodes, qui devront être maintenues en y apportant les perfectionnements nécessaires. Il y aurait notamment à tenir compte de la nature des gaz dégagés par l'explosion pour fixer la teneur de l'atmosphère de plus facile inflammabilité.

M. TAFFANEL donne la description de la station d'essais de Liévin, ainsi que les résultats des expériences y effectuées et qui ont trait à la sûreté des explosifs et à la propagation de l'inflammation dans les atmosphères poussiéreuses.

Enfin, les SIGNATAIRES DE CETTE NOTE ont présenté un résumé des travaux, se rattachant à la chimie appliquée, qui ont été effectués au *Siège d'expériences de Frameries* depuis le précédent Congrès.

Ces travaux concernent le contrôle des explosifs anti-grisouteux, le classement des explosifs antipoussiéreux, la variation de la charge limite en fonction de la section de la chambre d'explosion, l'influence du pourcentage de matières volatiles sur l'inflammabilité des poussières. Nous avons relaté aussi quelques essais ne concernant pas les explosifs; ces expériences ont trait aux verres de lampe de mine et à l'inflammabilité du grisou par les étincelles.

#### NOTE DE M. Mente.

M. TH. MENTE constate tout d'abord que, depuis le cinquième Congrès international de chimie, tenu à Berlin en 1903, plusieurs catastrophes minières, particulièrement importantes, se sont produites.

Les explosions de Courrières, Reden, Klein - Rosseln, Monongah, West-Stanley, Radbod et Marianna sont encore, dit-il, présentes à la mémoire de tous.

M. Mente passe en suite rapidement en revue les diverses stations d'essais.

Aux Etats Unis, le *Geological Survey* a établi en 1908, à Pittsburg, un laboratoire d'analyse chimique et une galerie d'essais. Celle-ci est constituée en tôle de fer, de section circulaire de 1<sup>m</sup>93 de diamètre et d'une longueur de 30<sup>m</sup>50. Les expériences s'y font avec ou sans bourrage, en présence de poussières de charbon, ou de gaz naturel.

En France, on est resté fidèle aux idées de la Commission française des explosifs et l'arrêté ministériel du 1<sup>er</sup> août 1900 fixe les conditions de sécurité des explosifs, en prenant uniquement pour base le calcul de la température de détonation.

Toutefois, l'accident de Courrières a amené les Français à entreprendre des recherches expérimentales.

Une galerie importante a été créée en ces derniers temps à Liévin, où il existait déjà depuis 1894 une installation sommaire pour les recherches en présence d'atmosphères poussiéreuses.

La galerie de Liévin, qui pourrait éventuellement être portée à 500 mètres, a une longueur de 65 mètres. On peut y créer un courant d'air artificiel.

En Belgique, les premiers essais dans des galeries d'essais remontent à 1889. Le classement des explosifs était alors basé concurremment sur la théorie française et sur les résultats des essais.

M. Mente rappelle ensuite l'établissement du Siège d'expériences de Frameries par les signataires de cette note et le mode qui est suivi pour le classement des explosifs. Nous croyons inutile de donner ici ces renseignements, qui ont fait l'objet de publications antérieures dans les *Annales des mines de Belgique*.

En Angleterre, la galerie d'essais de l'Etat, à Woolwich, a une section circulaire de 0<sup>m</sup>70 de diamètre et une lon-

gueur de 9 mètres. On y mine exclusivement en présence d'un mélange d'air et de 15 % de gaz d'éclairage. Les charges correspondent en énergie à 76 grammes de dynamite n° 1. Depuis 1903, la puissance est déterminée par le pendule balistique. Dix coups à la charge préindiquée, avec bourrage sur 0<sup>m</sup>30, et dix autres coups avec une charge et un bourrage réduits à 75 % des valeurs précédentes, ne doivent pas enflammer le mélange gazeux, ni exploser incomplètement.

Dans ces derniers temps, on a installé à Altofts une galerie de proportions considérables : diamètre 2<sup>m</sup>30, longueur 213<sup>m</sup>50. On peut y créer un courant d'air. Cette galerie paraît destinée surtout, si pas exclusivement, aux recherches dans des atmosphères poussiéreuses.

En Autriche-Hongrie, deux galeries d'essais existent l'une à Mährisch-Ostrau, l'autre à Segen Gottes. On y mine dans les atmosphères grisouteuses ou poussiéreuses. La charge, au lieu d'être disposée dans un mortier, ainsi qu'il est procédé dans les autres installations similaires, explose ici en atmosphère libre.

Tout récemment, à Rossitz, près de Brunn, on a utilisé une vieille galerie, hors d'usage, de 300 mètres de longueur (1).

En Allemagne, on compte cinq galeries reconnues officiellement; celle de Gelsenkirchen-Schalke est la plus connue.

Elle a une section elliptique de 2 mètres carrés et une longueur de 35 mètres.

On y mine sans bourrage; depuis 1908, l'atmosphère de la chambre d'explosion est constituée exclusivement soit de

(1) Nous donnons dans l'annexe I la traduction du rapport, qui vient de paraître, sur les premiers essais effectués dans cette galerie, dans les livraisons du 28 août et du 4 septembre 1909 de l'*Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*.

grisou, soit de poussières. Le projet d'une galerie de plus grandes dimensions est à l'étude.

Cette revue sommaire fait voir, dit M. Mente, que chaque pays minier important a tenu à avoir une ou plusieurs galeries pour y procéder à des recherches expérimentales et que ces installations et les procédés qui y sont mis en usage se perfectionnent progressivement. On a cherché à s'y rapprocher des conditions de la pratique minière, on y a déterminé les mélanges de plus facile inflammabilité et on a assuré leur homogénéité. Enfin, on a commencé l'étude de l'influence de la densité de chargement.

On est arrivé ainsi à constater des divergences très importantes entre les différents groupes d'explosifs.

D'autre part, les modifications apportées dans les modes d'essais de classement, n'ont pas été sans créer des difficultés aux fabricants d'explosifs, d'autant plus que ces fabricants n'ont pas à leur disposition le grisou qu'utilisent la plupart des galeries d'essai, et que, jusqu'à présent, on ne connaît pas de gaz artificiel qui soit comparable au grisou et puisse être employé en son lieu et place.

Dans ces conditions, l'industrie des explosifs ne peut se documenter, soit avant, soit pendant la fabrication, sur la valeur de ses produits.

M. Mente rappelle que, au Congrès de Berlin, on avait déjà insisté sur l'utilité qu'il y aurait d'adopter des conditions expérimentales uniformes et de dégager l'influence spéciale de chacun des facteurs intervenant dans les explosions.

Il semble néanmoins que, dans les perfectionnements apportés depuis lors aux méthodes d'essais, on ait cherché à se limiter aux conditions d'ensemble propres à assurer la sécurité des mines plutôt que de procéder à des recherches systématiques sur les propriétés des explosifs.

En Prusse, une Commission a été instituée dans le but de déterminer les conditions d'essais pouvant être effectués

dans les stations des Sociétés d'explosifs et qui seraient comparables aux essais des galeries officielles.

Le problème à résoudre est étendu et difficile.

Aussi peut-on prévoir la solution qui interviendra : on conservera les procédés sommaires actuellement en usage, ainsi que les installations existantes ; on cherchera surtout à rendre comparables les travaux effectués dans les galeries officielles et ceux exécutés dans les galeries des Sociétés d'explosifs.

Il y aura lieu d'établir les relations entre le grisou et le gaz artificiel qui, dans les installations privées, remplacera celui-ci, de fixer les conditions des essais relativement à la répartition de la charge, à la préparation des cartouches, à la température, au degré d'humidité du milieu, etc.

Cette première difficulté surmontée, il restera à étudier les différents facteurs intervenant dans l'explosion. C'est là un problème international. Toutes les nations civilisées ont le devoir d'empêcher les catastrophes minières, qui, depuis longtemps déjà, sont considérées comme des catastrophes internationales.

Le côté économique de la question ne peut pas, non plus, être méconnu. Il est désirable que les essais de contrôle de la sûreté des explosifs soient tellement probants, tout en étant d'exécution facile, qu'ils soient adoptés dans les divers pays miniers.

Déjà, au cinquième Congrès, à Berlin, certaines règles concernant la sûreté du transport des explosifs par chemin de fer ont été adoptées. Cette question a été étudiée depuis et nous en avons entendu parler au présent Congrès, ajoute M. Mente, faisant allusion aux travaux de MM. Will et Lentz que nous analyserons ultérieurement.

M. Mente émet l'espoir que ces méthodes, avec les modifications qui seraient reconnues utiles, seront adoptées pour le transport international des explosifs par terre et par mer.

Il est à croire qu'ainsi qu'il en a été pour la question du transport, les explosifs pourront être répartis en quelques groupes, représentés chacun par un explosif type.

Les propriétés des explosifs, bien qu'ayant été étudiées par de nombreux savants, ne sont connues qu'imparfaitement ; l'influence de la température, celle de l'humidité, de la densité de l'air, de l'action catalytique des poussières ont été notamment peu étudiées. Aussi, M. Mente estime-t-il que le moment n'est pas encore venu de nommer une Commission chargée d'unifier les méthodes d'essais de la sûreté des explosifs dans les atmosphères grisouteuses ou poussiéreuses.

Il demande aux Membres du Congrès qui s'intéressent à la question des explosifs de tenir compte, dans leurs essais individuels, des notions déjà connues et publiées, et d'accumuler les matériaux de façon qu'au prochain Congrès la question puisse être considérée comme suffisamment murie et que la Commission internationale, dont il a été parlé précédemment, puisse être nommée.

La question à résoudre est grande, grande par son étendue, grande par les difficultés à surmonter, mais grande aussi par son but. M. Mente conclut en disant que si toutes les énergies actives qui s'occupent de ces recherches travaillent en concordance, il n'est pas douteux qu'on n'arrive au but.

#### OBSERVATIONS DE M. Heise.

M. HEISE répond en quelques mots à la communication précédente à l'effet, dit-il, de dissiper tout malentendu concernant le rôle de la Commission dont vient de parler M. Mente. Il constate que le programme des travaux de cette Commission n'est pas encore arrêté et que les décisions qui interviendraient pourraient ne pas être adoptées par les Directions des galeries minières et plus spéciale-

ment par celles relevant d'Associations charbonnières. Celles-ci tiendront compte et des nécessités de l'industrie minière et du côté scientifique de la question.

M. Heise termine en disant que l'influence des facteurs qui interviennent dans l'inflammation du grisou et des poussières est encore beaucoup trop peu connue pour qu'on puisse songer à unifier les méthodes d'essais.

#### NOTE DE M. Will.

M. WILL signale tout d'abord les critiques qui peuvent être émises relativement au mode d'essai des explosifs, suivi dans les grandes galeries, à savoir : le coût élevé de l'installation et des expériences, la reproduction imparfaite des conditions de la mine, ce qui peut laisser des doutes sur les résultats obtenus, enfin l'impossibilité, pour l'industrie privée, dans la majorité des cas, de se guider par des expériences en cours de fabrication ou de contrôler les essais officiels, impossibilité résultant de ce qu'elle n'a pas à sa disposition le grisou, considéré comme le gaz indispensable pour effectuer les dits essais.

Le cas s'est présenté aussi que, par suite de la pénurie de la venue grisouteuse, les galeries officielles n'ont pu donner suite aux demandes d'essais.

M. Will reconnaît que la réalisation de la sécurité dans les mines est le but qui s'impose, avant tout autre, aux galeries officielles ; mais les essais de classement, tels qu'ils y sont pratiqués, ne sont pas à l'abri de tout reproche.

La *charge-limite* varie notablement avec la grandeur de la section de la chambre d'explosion et avec d'autres facteurs dont l'influence a été relativement peu étudiée.

Ceci explique les discordances constatées entre les diverses stations d'essais et la diversité des résultats signalés par M. BEYLING.

Le fait que les charges limites ainsi déterminées n'ont

pas donné lieu à des inflammations dans la pratique minière ne peut suffire à donner toute satisfaction ; il convient de déterminer l'influence des différents facteurs entrant en jeu dans les explosions, de faire progresser les notions acquises et d'unir, pour la solution de ce problème, les efforts de la science à ceux de l'industrie.

Comme contribution à cette étude, M. Will donne au Congrès la présente communication sur ses premières recherches.

Il a considéré que ce serait déjà un progrès dans la voie indiquée précédemment, si on pouvait obtenir des résultats comparables à ceux des galeries officielles au moyen d'un outillage simple, maniable, bon marché, ne nécessitant pas de source de grisou.

Partant de cette idée, il a construit une petite galerie d'essai à la station centrale de Neubabelsberg pour les recherches scientifiques et techniques. Cette galerie (fig. 1 et 2) consiste en un tube de 3 mètres de longueur, ayant une section elliptique de 0<sup>m</sup>60 de hauteur et de 0<sup>m</sup>45 de largeur ; la longueur de la chambre d'explosion est de 1 mètre. La galerie se trouve dans un bâtiment fermé, de façon à maintenir constants la température et le degré hygrométrique, et aussi à éliminer l'influence du vent.

La plupart des explosifs essayés par M. Will ne sont pas employés en Belgique. C'est pourquoi nous croyons utile de donner leur composition.

#### *Chromammonit* (1908).

Nitrate ammonique. . . . .	63.25
Id. potassique . . . . .	17.50
Alun ammoniacal de chrome. . . . .	9.50
Collodion . . . . .	9.25
Vaseline . . . . .	0.50

*Chromammonit renforcée.*

Nitrate ammonique . . . . .	70.00
Id. potassique . . . . .	10.00
Trinitrotoluol . . . . .	12.50
Alun ammoniacal de chrome. . . . .	7.00
Vaseline . . . . .	0.50

*Astralit.*

Nitrate ammonique . . . . .	84.50
Charbon de bois . . . . .	1.00
Trinitrotoluol . . . . .	4.00
Huile de paraffine . . . . .	2.50
Farine de bois . . . . .	1.00
Nitroglycérine . . . . .	4.00

*Wetterastralit.*

Nitrate ammonique . . . . .	74.50
Chlorure sodique . . . . .	10.00
Huile de paraffine . . . . .	2.50
Charbon de bois . . . . .	1.00
Trinitrotoluol . . . . .	7.00
Farine de bois . . . . .	1.00
Nitroglycérine . . . . .	4.00

*Gélatine - Wetterastralit.*

Nitrate ammonique . . . . .	40.00
Chlorure sodique . . . . .	14.00
Nitrate sodique . . . . .	7.50
Farine de bois . . . . .	0.50
Huile de ricin . . . . .	2.00
Dinitrochloridine . . . . .	16.00
Nitroglycérine . . . . .	4.00
Dinitrotoluol . . . . .	4.00
Nitrotoluol . . . . .	1.00
Coton collodion. . . . .	0.50
Farine de pommes de terre . . . . .	8.00
Oxalate ammonique . . . . .	2.50

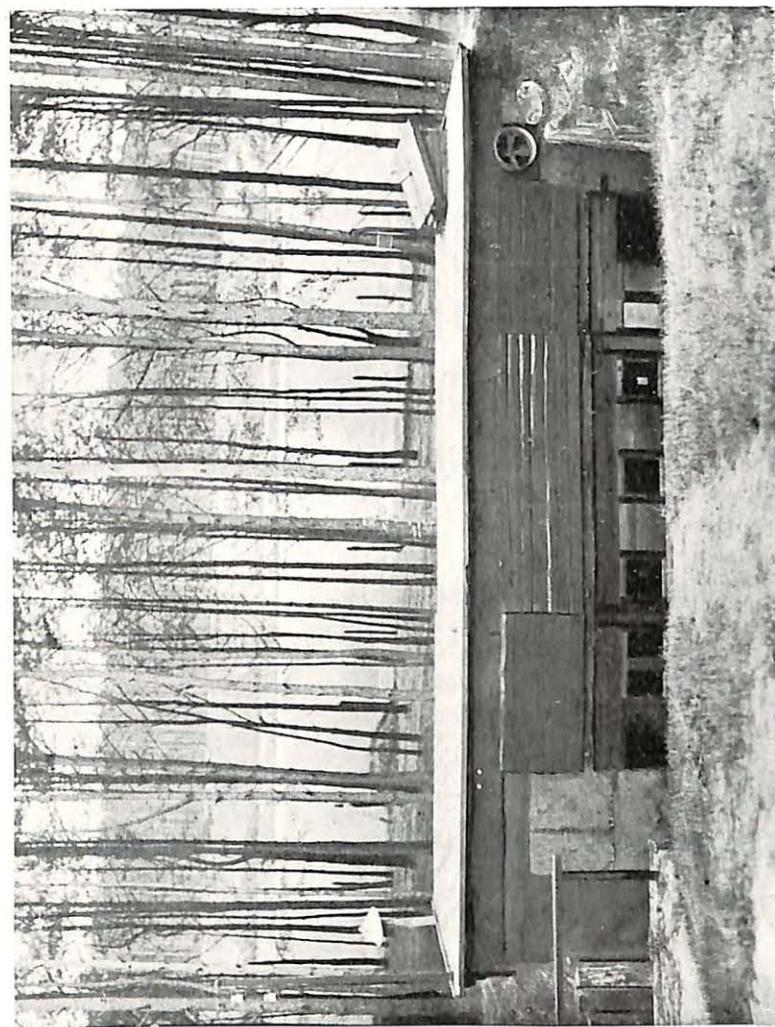


FIG. 1.

*Ammoncarbonit.*

Nitrate ammonique . . . . .	82.00
Id. potassique . . . . .	10.00
Farine . . . . .	4.00
Nitroglycérine gélatinisée . . . . .	4.00

*Donarite.*

Nitrate ammonique . . . . .	80.00
Trinitrotoluol . . . . .	12.00
Nitroglycérine . . . . .	3.80
Coton collodion. . . . .	0.20
Farine . . . . .	4.00

Les charges ont varié de 5 à 100 grammes; le détonateur employé exclusivement était le n° 8 (2 gr.)

Avant de donner les résultats, M. Will rappelle qu'à Woolwich on a trouvé que la charge limite d'un explosif déterminé était inférieure à 50 gr., égale à 350 gr. ou à 500 gr., suivant que la section de la galerie était de 0<sup>m</sup>456, 1<sup>m</sup>265, 1<sup>m</sup>291.

Le tableau I donne les dimensions principales de l'installation de Neubabelsberg et de la galerie de Gelsenkirchen; le tableau II donne les résultats comparatifs obtenus dans ces deux stations.

Tableau I

	Gelsenkirchen	Neubabelsberg
Section . . . . .	1 <sup>m</sup> 296	0 <sup>m</sup> 212
Hauteur intérieure . . . . .	1 <sup>m</sup> 85	0 <sup>m</sup> 60
Largeur intérieure . . . . .	1 <sup>m</sup> 35	0 <sup>m</sup> 45
Longueur de la galerie . . . . .	35 <sup>m</sup>	3 <sup>m</sup> 00
— de la chambre d'explosion . . . . .	5 <sup>m</sup> 10	1 <sup>m</sup> 00
Capacité — — — . . . . .	1 <sup>m</sup> 3000	0 <sup>m</sup> 3215

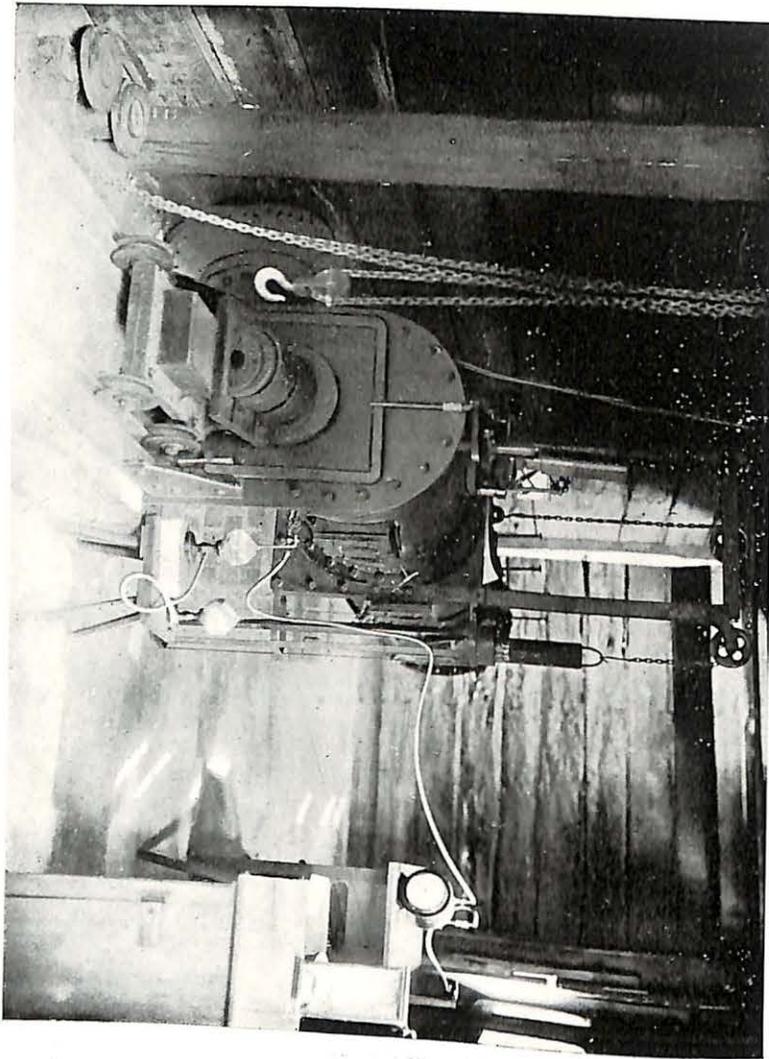


Fig. 2.

Tableau II

Numéros des essais	EXPLOSIFS	Charges-limites			
		à Gelsenkirchen (9 % de grisou)		à Neubabelsberg 9 % méthane artificiel	
		aucune inflammation jusque	inflammation à partir de	aucune inflammation jusque	inflammation à partir de
		grammes	grammes	grammes	grammes
1	Poudre noire . . . . .	—	—	—	5
2	Dynamite à la ghur . . . . .	—	—	—	5
3	Trinitrotoluol . . . . .	—	—	5	10
4	Astralit . . . . .	—	—	5	10
5	Wetter-astralit . . . . .	50	100	10	15
6	Chromammonit renforcée . . . . .	350	400	20	25
7	Ammoncarbonit . . . . .	450	500	25	30
8	Gélatine Wetter-astralit . . . . .	700 (1)	—	35	40
9	Chromammonit . . . . .	422 (1) 950 (2)	1.012 (2)	35	45

M. Will conclut de ces essais que non seulement le fait connu de la restriction des charges lors de la réduction de la section est confirmé, mais, en plus, que les explosifs se classent dans le même ordre, aussi bien à Gelsenkirchen qu'à la station centrale, bien que cependant le rapport entre les charges-limites des deux séries ne soit pas constant. Le fabricant pourra donc, par des essais analogues, se faire une opinion provisoire sur la façon dont son produit subira les essais officiels, s'il connaît préalablement le rapport des charges-limites, en petite et grande galerie, pour un explosif type dont la composition se rapproche de celle de l'explosif dont il veut apprécier la valeur.

(1) Charge maxima réalisée avec des cartouches de diamètre normal.  
(2) Cartouches de plus fort diamètre.

Le conférencier fait en plus remarquer que la faible capacité de la chambre des petites galeries facilite singulièrement la solution de l'alimentation en gaz explosif, soit au moyen du grisou naturel expédié, soit au moyen du méthane produit chimiquement.

A la station centrale,  $\text{CH}_4$  était obtenu au moyen de carbure d'aluminium industriel. On purifiait le gaz de son hydrogène en brûlant celui-ci par de la mousse de palladium et en réajoutant la quantité d'oxygène nécessaire.

M. Will passe ensuite à l'examen d'une question particulièrement intéressante: le remplacement, dans la galerie d'essais, du méthane par d'autres gaz.

Il a tout d'abord recherché la charge limite d'un explosif à base de nitrate ammonique, l'*Astralit*, pour des mélanges respectifs d'air avec l'un quelconque des trois gaz combustibles suivants: le méthane, l'éther de pétrole et le gaz d'éclairage.

Pour chacun de ces gaz, la limite a été déterminée aux teneurs inférieure et supérieure d'inflammabilité et à une teneur moyenne entre celles-ci, ainsi qu'il est indiqué au tableau ci-après, n° III.

Le fourneau du mortier avait 25 m/m de diamètre et 125 m/m de longueur. La température était d'environ 15° et le degré hygrométrique de 60 à 70.

Il résulte de ces essais que la charge d'inflammation varie beaucoup entre les teneurs limites d'inflammabilité; que la charge minima correspond au mélange de gaz et d'air assurant la combustion complète en H<sup>2</sup>O et CO<sup>2</sup>; que les effets mécaniques les plus puissants sont réalisés par cette dernière teneur; par contre, la longueur des flammes et leur durée augmentent avec la teneur.

M. Will, pour l'essai des explosifs, a fait choix des mélanges à 9 % de méthane, à 2.8 d'éther de pétrole et à 9.8 et 24.5 % de gaz d'éclairage qui avaient donné la même charge limite avec l'astralite.

Le tableau suivant n° IV, donne les valeurs respectives des charges-limites de divers explosifs en présence de mélanges d'air avec du méthane, de l'éther de pétrole et du gaz d'éclairage.

TABLEAU III

Nos des essais	Mélange utilisé	Pourcentage en volume du gaz combustible	CHARGES		OBSERVATIONS
			ne donnant pas d'inflamma- tion	Enflammant	
1	Méthane et air . . . . .	6.5	gr. 30	gr. 40	Flamme visible distinctement, forte explosion.
2	Id.	9	5	10	Flamme plus grande, explosion plus forte.
3	Id.	12.5	30	40	Flamme très considérable, explosion plus faible.
4	Éther de pétrole et air . . . . .	2	5	10	Flamme de très courte durée, explosion très forte.
5	Id.	3.2	20	25	Flamme plus étendue et de plus longue durée, explosion plus faible.
6	Id.	4.3	30	40	Flamme très grande et de très longue durée, explosion très faible.
7	Gaz d'éclairage et air . . . . .	8	15	20	Flamme très difficilement visible, explosions très faibles.
8	Id.	16	—	5	Flamme étendue, explosion forte.
9	Id.	24	5	10	Flamme très étendue, explosion un peu plus faible.
10	Id.	10	5	10	Flamme visible difficilement, explosion très faible.

Nos des essais	EXPLOSIFS	Mélange d'air et de 9 % de méthane		Mélange d'air et de 2.8 % d'éther de pétrole		Mélange d'air et de 9.8 % de gaz d'éclairage		Mélange d'air et de 24.5 de gaz d'éclairage	
		aucune inflammation jusque	inflammation à partir de	aucune inflammation jusque	inflammation à partir de	aucune inflammation jusque	inflammation à partir de	aucune inflammation jusque	inflammation à partir de
1	Poudre noire . . . . .	gr.	5	gr.	5	gr.	5	gr.	gr.
2	Dynamite à la ghur . . . . .	—	5	—	5	—	5	—	—
3	Trinitrotoluol . . . . .	5	10	5	10	5	10	—	—
4	Astrait . . . . .	5	10	5	10	5	10	—	—
5	Weterasrait . . . . .	10	15	10	15	10	15	—	—
6	Chromammontit renforcée	20	25	15	20	10	20	15	20
7	Ammoncarbonit . . . . .	25	30	15	30	10	30	15	30
8	Gélatine Weterasrait . . . . .	35	40	25	35	25	55	25	30
9	Chromammontit 1908 . . . . .	35	45	35	40	60	70	35	40

Le fourneau du mortier avait 30 m/m de diamètre et 180 m/m de longueur. La température était d'environ 15° et le degré hygrométrique de 60 à 70°.

Les pourcentages des divers gaz en mélange avec l'air ont été déterminés en recherchant leur limite d'inflammabilité par la détonation d'une même charge d'ammoncarbonit.

Le méthane employé dans certaines expériences contient 10 % d'hydrogène ; dans d'autres, il était pour ainsi dire pur ; jusqu'à présent il n'a pas été constaté de différences sensibles dans l'un ou l'autre cas.

Il appert de la comparaison des éléments du tableau IV que le mélange à 24.8 % de gaz d'éclairage donne les mêmes résultats que celui à 2.8 % de pétrole et des résultats peu différents de celui à 9 % de méthane.

Il est à remarquer que, dans les deux premiers de ces mélanges, on constate un manque d'oxygène.

C'est à cette circonstance probablement que le mélange à 9.8 de gaz d'éclairage doit de se comporter différemment.

Il en résulte, à première vue, que parmi les mélanges essayés, celui à 24.5 % de gaz d'éclairage est celui qui peut remplacer le mélange à 9 % de méthane.

Des premières recherches consignées dans le tableau IV, on peut déduire que le mélange d'éther de pétrole et d'air a donné des résultats peu différents du mélange de méthane et d'air ; que, par contre, les différences accusées par le mélange d'air et de gaz d'éclairage sont plus notables.

M. Will conclut à la possibilité de trouver un gaz artificiel qui pourrait remplacer le grisou. Mais cette détermination ne semble possible qu'après des expériences nombreuses sur les points dont il vient d'être parlé et encore sur d'autres, tels que le retard à l'inflammation, l'action des agents catalyseurs, etc.

M. Will abordé ensuite la troisième partie de sa note qui a trait à des expériences, non moins intéressantes que les précédentes, sur la mesure de la longueur et de la durée des flammes des explosions.

Il rappelle que ce champ a été largement exploré ; il est à peine nécessaire de rappeler, dit-il, les belles recherches de Siersch (1), Hess (2), Bichel et Mettegang (3) et d'autres encore.

Pour satisfaire au vœu émis notamment par Eschweiler au précédent Congrès de chimie à Berlin, il a entrepris une série d'essais au moyen de dispositifs peu compliqués.

M. Will a bien voulu nous communiquer les photographies qui illustraient sa communication et nous a autorisés à en faire usage. Nous nous faisons un plaisir de le remercier ici.

Dans une chambre obscure, on fait exploser 10 gr. d'explosifs, chargés dans un mortier vertical, visible sur la figure 3. A un mètre du mortier se trouve l'appareil enregistrant la durée des flammes. Il est constitué essentiellement des éléments suivants :

Derrière un disque de verre, fixe, portant, suivant une bande circulaire, une série de traits radiaux (fig. 4), tourne, avec une vitesse réglable et connue, un disque en aluminium pourvu d'ouvertures (fig. 5) se trouvant vis-à-vis de la bande rainurée.

Derrière le disque métallique se trouve, dans une boîte fermée, une bande de forme circulaire d'un film photographique. La lumière émise par la flamme de l'explosion tra-

(1) *Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Huttenwesen*, 1896, I.

(2) *Art- und Geniewesen*, 1898, p: 266, 1900, p. 26.

(3) *Zeitschrift für Berg- und Huttenwesen*, 1902, p. 669, et *Annales des mines de Belgique*, t. VII et IX.

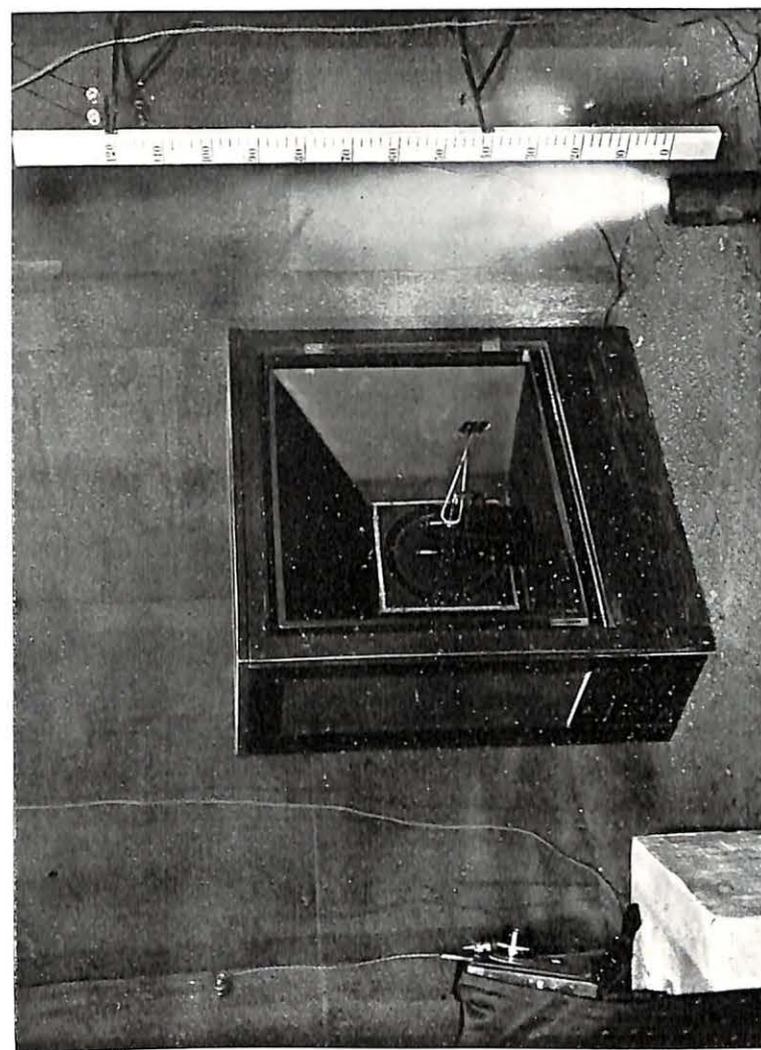


FIG. 3.

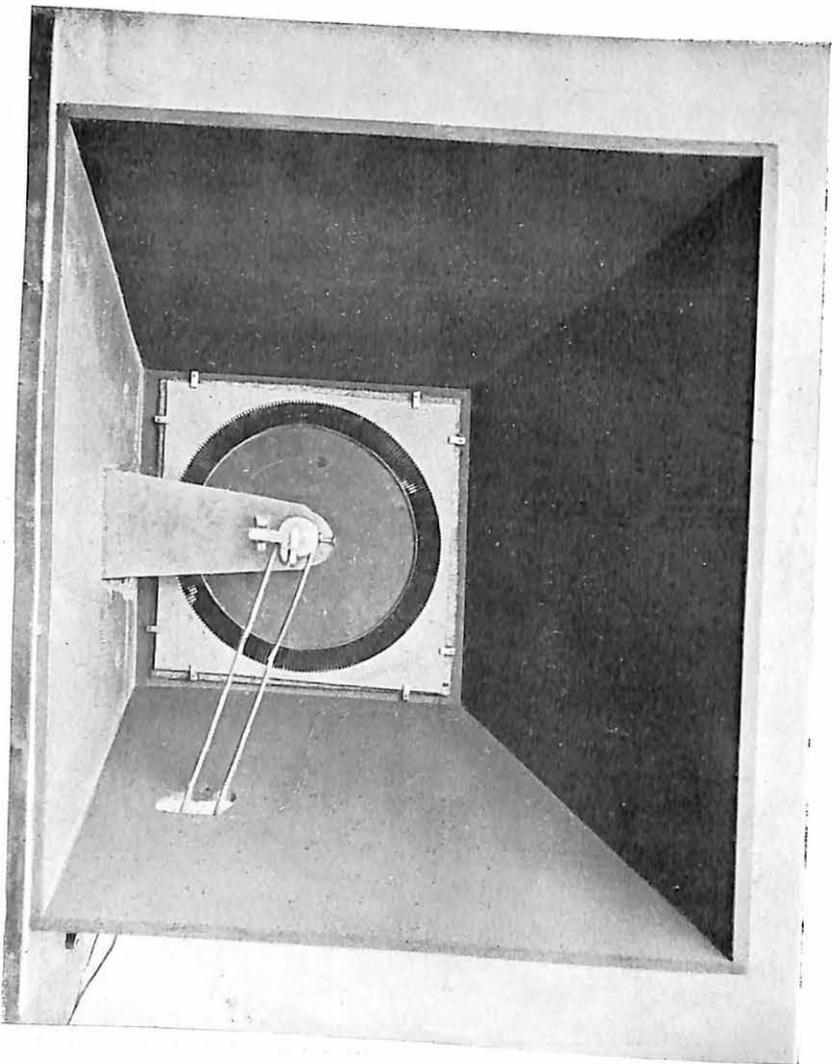


FIG. 4.

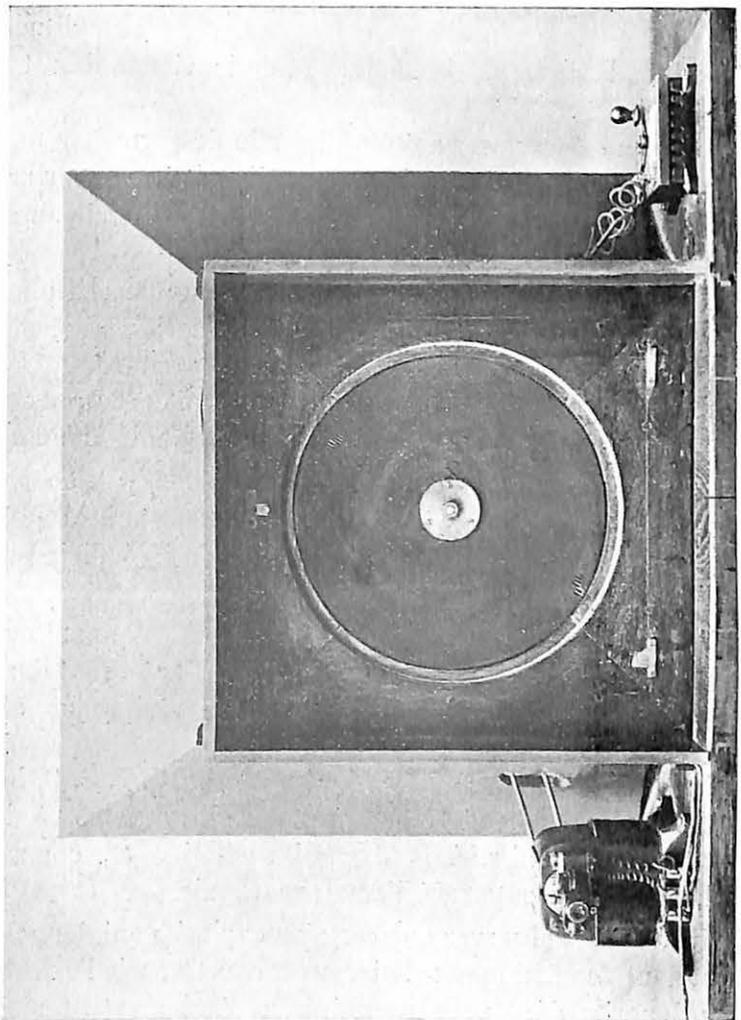


FIG. 5.

verse le disque rayé, la fenêtre du disque en aluminium et vient impressionner le film. La rotation du disque métallique a pour effet de donner une série d'images de la fenêtre sous forme d'une raie circulaire de lumière, dont l'amplitude dépend de la durée de la flamme et de la vitesse de rotation du disque.

Un disque à rayures a été utilisé afin de permettre une appréciation plus facile des longueurs. Il peut être supprimé sans inconvénient, si on désire réaliser un appareil aussi simple que possible.

Près du mortier se trouve aussi (fig. 3) un appareil photographique ordinaire qui prend l'image de la flamme et en même temps celle d'une règle verticale graduée.

On obtient ainsi simultanément deux photographies : l'une donnant l'aspect et les dimensions de la flamme, l'autre permettant de déterminer sa durée.

M. Will montre une vingtaine de photographies représentant les flammes produites par des explosifs judicieusement choisis.

En général, on constate que les explosifs donnant des flammes de grande étendue et de longue durée sont dangereux en présence du grisou et que la réciproque est souvent vraie.

Nous reproduisons à titre d'exemple (fig. 6, 7, 8, 9) les photographies correspondant à la poudre noire, à la dynamite à la guhr, à la dynamite gélatine et, comme explosifs antigrisouteux, à l'ammoncarbonit.

M. Will fait observer que certains explosifs qui donnent cependant des flammes relativement courtes, tels l'astralit et la donarite dont nous reproduisons également les photographies correspondantes (fig. 10 et 11), n'ont qu'un faible degré de sûreté.

Certaines photographies décèlent un fait nouveau : elles montrent que le phénomène est souvent constitué de deux

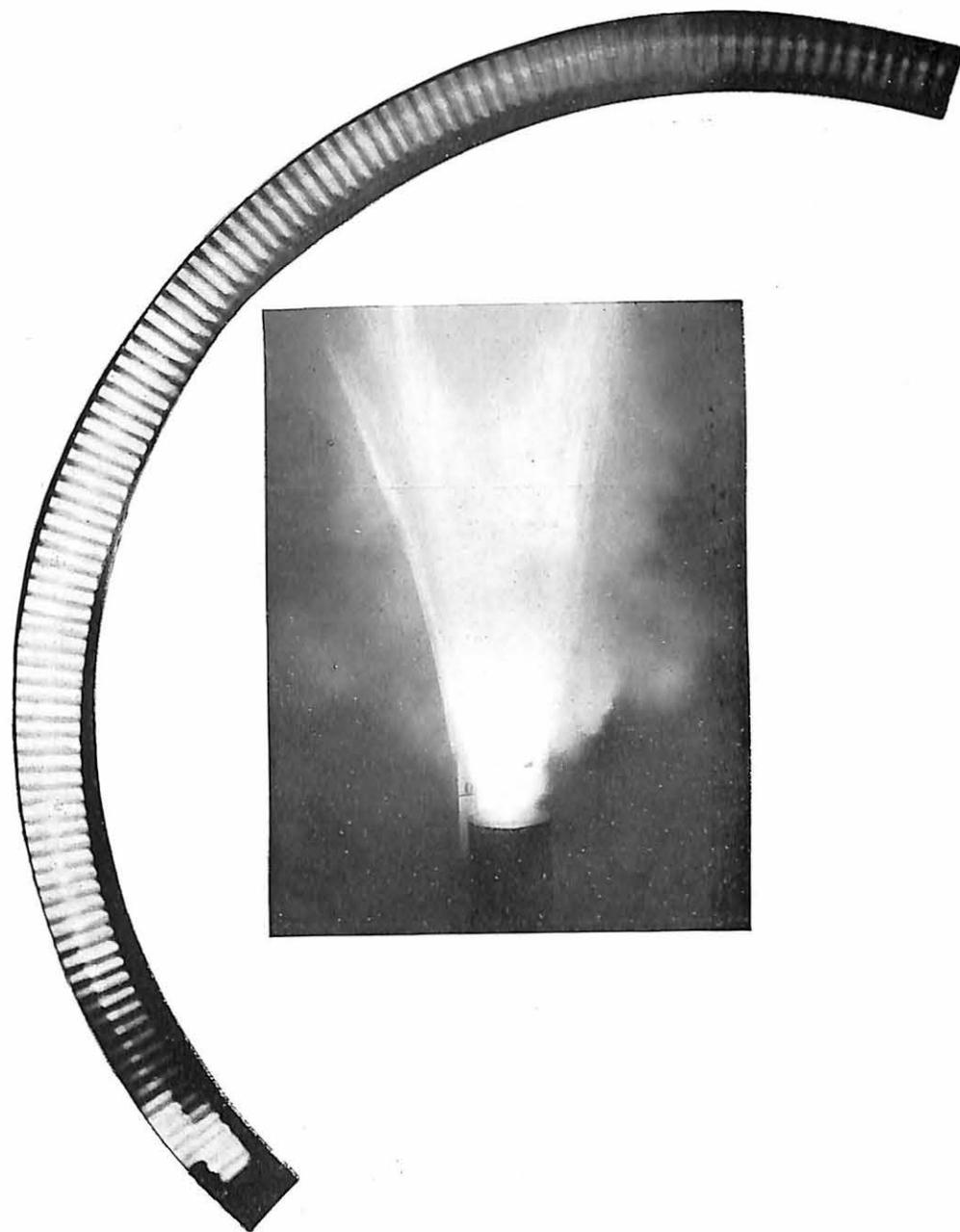


FIG. 6. — Poudre noire.



FIG. 7. — *Dynamite à la guhr.*



FIG. 8. — *Dynamite-Gélatine.*

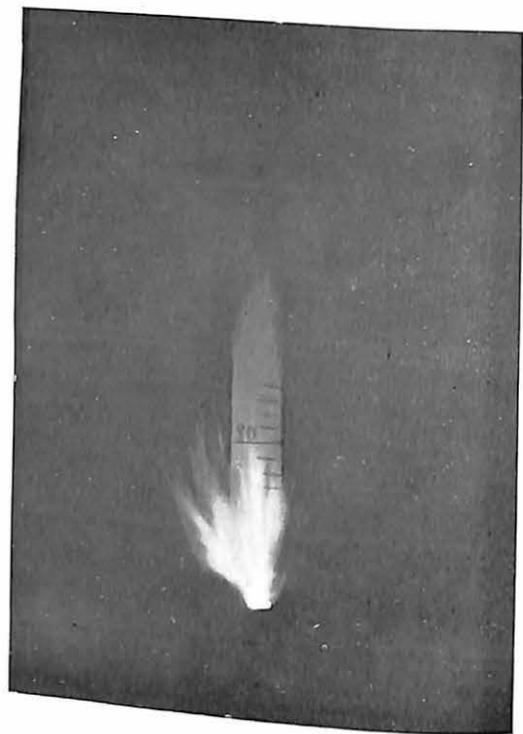
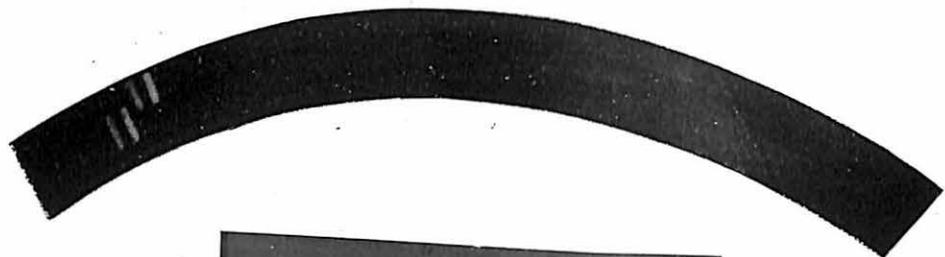


FIG. 9. — *Ammoncarbonit.*

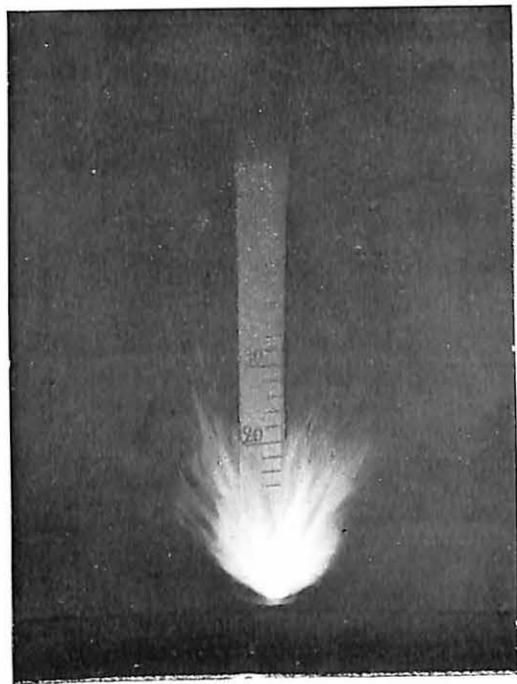


FIG. 10. — *Astralit.*

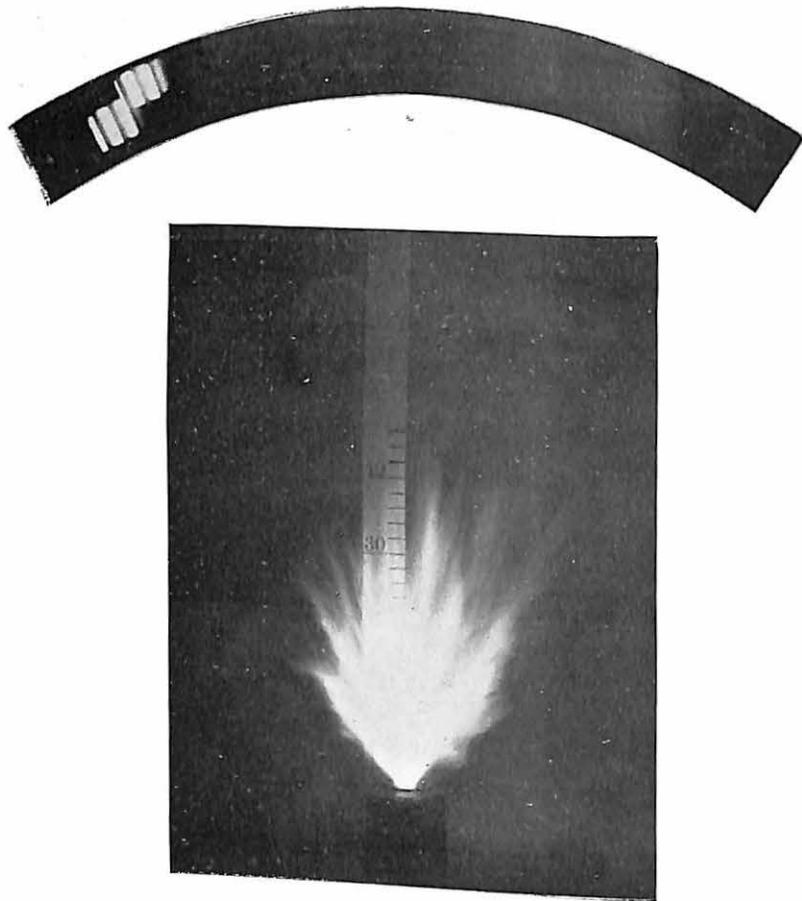


FIG. 11. — *Donarit.*

explosions nettement distinctes, produisant deux flammes bien séparées : la première petite, de peu de durée, sortant de la gueule du mortier, la seconde plus étendue, de plus grande durée et séparée de la première par une période d'extinction d'une durée variable.

C'est ce que montre les photographies (fig. 12, 13, 14) représentant les flammes du trinitrotoluol, de l'acide picrique et d'une gélatine explosive contenant 25 % de substances oxygénées.

La fonction de cette flamme secondaire s'explique aisément, dit M. Will. Elle est causée par les gaz de l'explosion incomplètement brûlés, qui s'enflamment après le mélange avec l'air, si leur température est encore suffisante.

La flamme secondaire manque généralement dans les explosifs antigrisouteux et accompagne souvent, par contre, les explosifs non de sûreté, ainsi qu'on peut le voir sur les photographies citées précédemment et correspondant à la poudre noire, l'acide picrique, etc.

M. Will a constaté que certains explosifs, donnant une flamme secondaire et émettant par conséquent des gaz combustibles, enflamment relativement facilement les poussières de charbon.

L'addition de sel de cuisine ou de bicarbonate de soude supprime cette flamme secondaire et augmente ainsi la sûreté vis-à-vis des atmosphères poussiéreuses, ainsi que l'a constaté M. Beyling. On peut se rendre compte de ces faits par l'examen de la figure 15 représentant la flamme de l'acide picrique, additionné de 5 % de bicarbonate de soude.

L'ajoute d'une gaine en ciment, intercalée entre la charge et le mortier, a pour effet de réduire notablement la flamme, ainsi que le montre la photographie 16, représentant l'explosion de l'acide picrique dans un mortier revêtu de ciment.

Nous rappellerons que nous avons exécuté au siège de

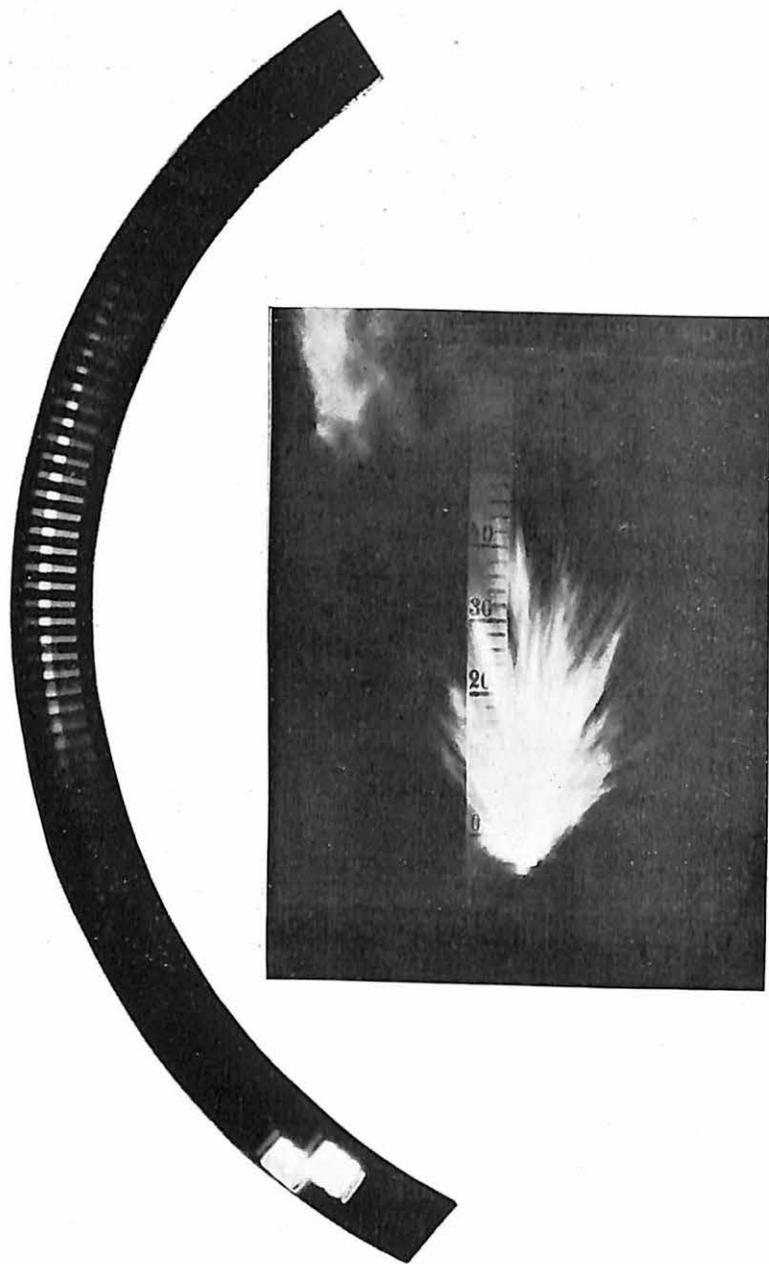


FIG. 12. — *Trinitrotoluol.*

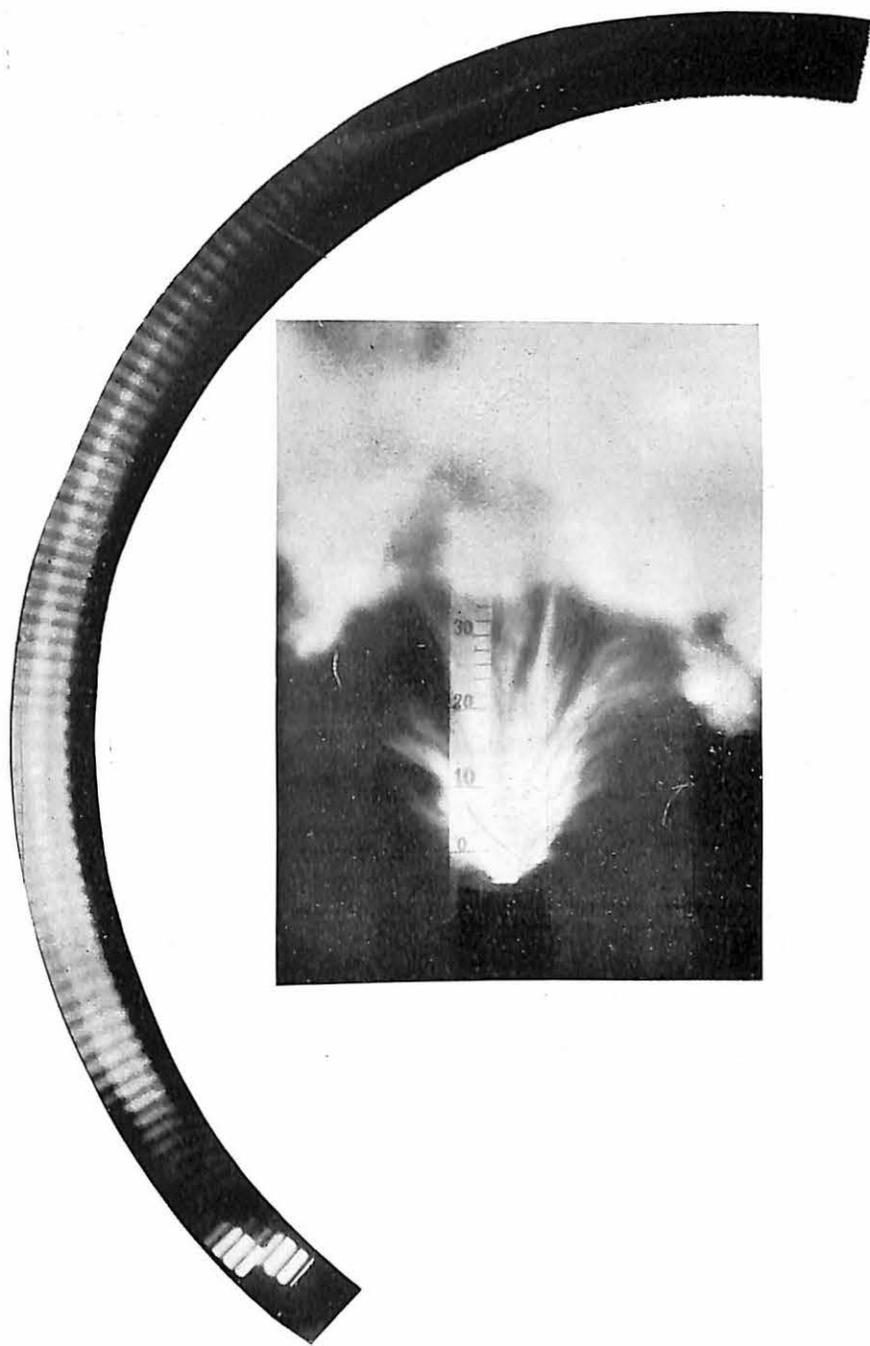


FIG. 13. — *Acide picrique.*

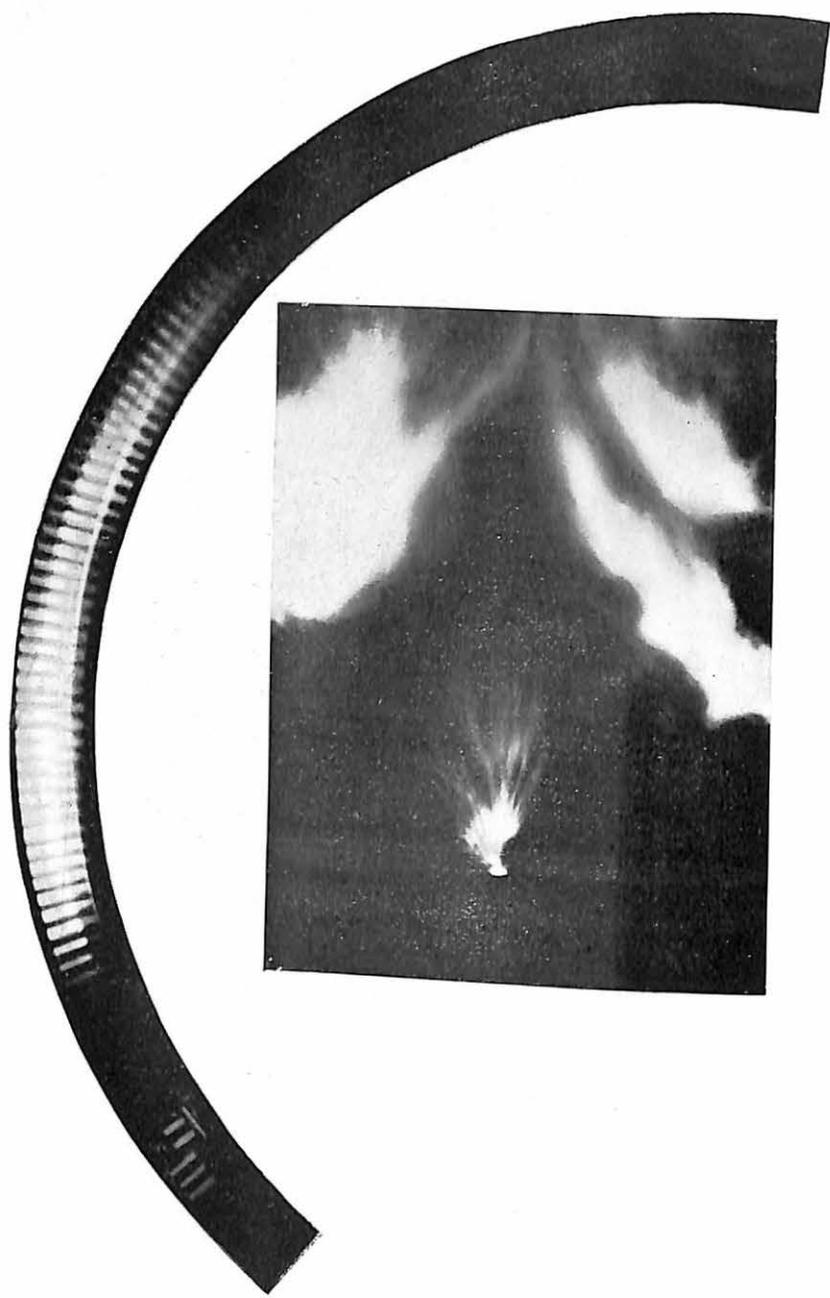


FIG. 14. —  $\frac{1}{2}$  Gélatine explosive contenant 25 % de substances oxygénées.

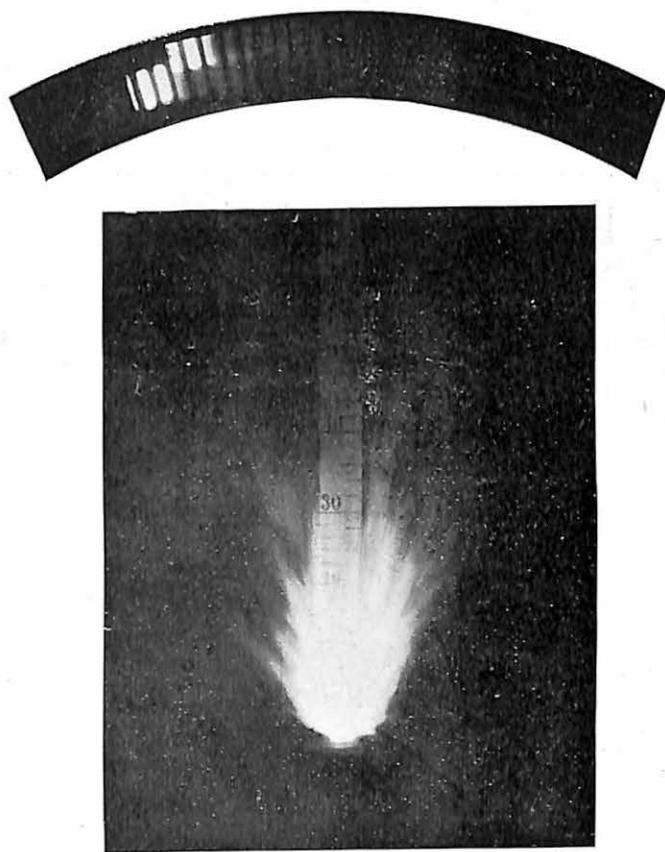


FIG. 15. — Acide picrique additionné de 25 % de bicarbonate de soude.

Frameries, il y a quatre ans, des recherches sur l'influence des gaines en ciment, que nous avons signalées dans notre rapport au Congrès de Rome, comme augmentant singulièrement la valeur de la charge limite.

M. Will termine son remarquable rapport en constatant qu'il a pu réaliser une nouvelle méthode de recherches par l'emploi d'appareils relativement simples, et il émet l'espoir que cet exemple encouragera tous ceux que la question intéresse à multiplier les recherches expérimentales.

La connaissance des phénomènes de l'explosion, conclut-il, ne sera acquise que par un labeur systématique et le concours de la science et de l'industrie.

#### NOTE DE M. Beyling.

M. Beyling commence par exposer le développement des méthodes d'essais suivies dans les galeries en Allemagne et plus particulièrement dans celle relevant de l'Industrie minière.

L'extension de ces recherches n'a pas été sans inconvénients pour les fabricants d'explosifs, mais c'est avant tout pour assurer la sécurité et la santé de l'ouvrier mineur que ces expériences ont été faites.

Il est donc tout à fait injustifié de faire un grief aux galeries d'essai de chercher à se rapprocher autant que possible des conditions de la mine, et les procédés actuellement en usage devront être maintenus. On ne peut se dispenser d'employer, pour ces expériences, le grisou.

Les résultats obtenus en utilisant un gaz artificiel seront tenus en suspicion à juste titre par les mineurs, à qui ces essais doivent seuls servir. D'autre part, les fabricants d'explosifs pourront très difficilement se procurer le grisou en quantité suffisante. Ils pourraient, par contre,

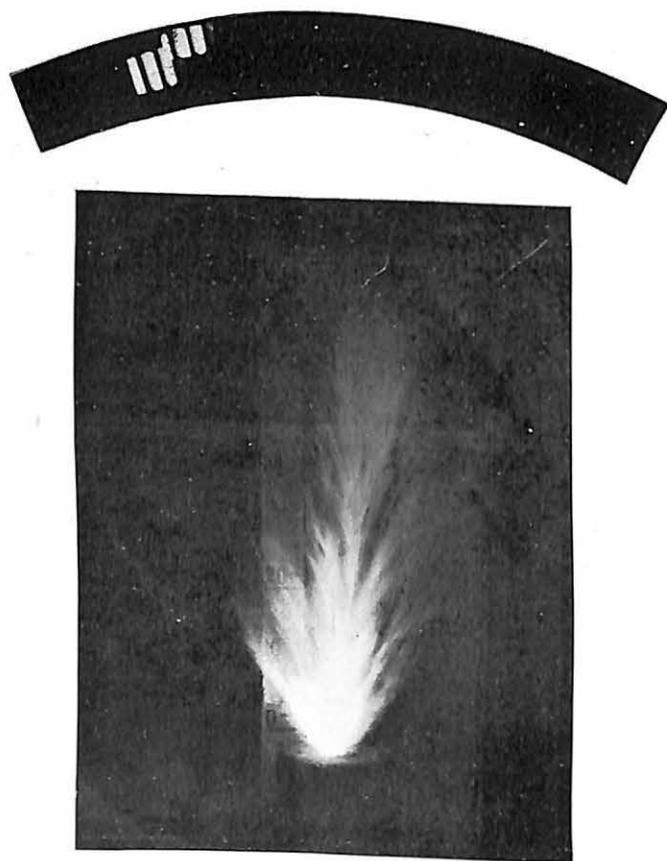


FIG. 16. — Acide picrique avec interposition d'une gaine en ciment.

reproduire les essais vis-à-vis des poussières sans grandes difficultés. Il est à noter que ce côté de la question ne paraît pas avoir attiré leur attention jusqu'à présent.

Autre chose est d'instaurer, suivant le desideratum de l'Industrie des explosifs, une méthode d'essais comparables qui permettraient de se faire une opinion sur le degré de sécurité des explosifs vis à vis du grisou. Pour cela, il faut trouver un gaz qui, en proportion déterminée, aurait le même degré d'inflammabilité que le grisou.

La réalisation de ce problème n'est pas sans difficultés. Jusqu'à présent, on a considéré que la teneur de 8 % de méthane correspond au maximum d'inflammabilité.

Il est à remarquer, ajoute M. Beyling, que les gaz de l'explosion contiennent, suivant les cas, de l'oxygène libre, des gaz combustibles  $\text{CH}^4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}$ , enfin des gaz inertes  $\text{N}$ ,  $\text{CO}^2$ . Il est à présumer que, pour réaliser l'atmosphère de plus facile inflammabilité, la teneur en grisou devra varier avec le type d'explosifs.

Le classement, basé sur des essais à la teneur de 8 %, ainsi qu'il s'est fait jusqu'à présent, paraît, suivant toutes probabilités, avoir fait bénéficier certains explosifs d'un rang de classement trop élevé.

M. Beyling s'empresse d'ajouter que, pour la plupart des explosifs essayés jusqu'à présent, les mélanges de plus facile inflammabilité ne doivent pas être bien différents les uns des autres et que l'essai dans une atmosphère à 8 ou 9 % de méthane suffit à garantir, d'une façon suffisamment précise, leur sûreté vis à vis du grisou.

Il conviendra aussi d'essayer les explosifs en présence d'une atmosphère poussiéreuse, contenant 2 à 3 % de  $\text{CH}^4$ .

De telles recherches n'ont pu être effectuées à Gelsenkirschen, dit le conférencier, par suite de la pénurie de la venue de grisou, qui souvent est épuisée complètement par les épreuves courantes.

M. Beyling revient ensuite sur les difficultés à vaincre pour trouver un gaz artificiel pouvant remplacer le grisou.

Il ne suffit pas que le gaz de comparaison ait, à une teneur déterminée, le même degré d'inflammabilité qu'un mélange d'air et de 8 % de grisou. En raison de la nature des gaz dégagés par l'explosion, qui peuvent modifier la teneur de plus facile inflammabilité, il faut que le gaz de comparaison présente la même variation dans le degré d'inflammabilité, suivant la teneur, que le grisou lui-même.

Les gaz mentionnés précédemment, tels que l'éther de pétrole, le gaz d'éclairage, les vapeurs de benzine, ne satisfont pas à cette condition nécessaire. Celle-ci ne peut être remplie que par le méthane produit artificiellement; encore faut-il que celui-ci soit exempt d'hydrogène.

Si les considérations qui précèdent sont exactes, on devra considérer comme douteuses les valeurs données, par certains expérimentateurs, à quelques explosifs de comparaison.

M. Beyling conclut qu'il importe avant tout de travailler à déterminer comment l'inflammation prend naissance et quelle est l'influence des divers facteurs entrant en jeu dans les explosions.

#### NOTE DE M. Taffanel.

M. TAFFANEL, Directeur de la Station de Liévin, donne un aperçu des installations de ce siège d'expériences. Aucun renseignement n'ayant encore paru dans les *Annales des Mines de Belgique* sur cet objet, nous croyons qu'une description assez détaillée ne sera pas dépourvue d'intérêt.

La station comprend une galerie principale, une galerie auxiliaire, un bâtiment contenant des bureaux, le laboratoire et plusieurs machines, un atelier de broyage de charbon, un hangar à charbons, deux gazomètres, un logement pour le gardien.

La galerie principale a, jusqu'ici, 65 mètres de longueur; elle présente une section trapézoïdale de 1<sup>m</sup>85 de hauteur et de 1<sup>m</sup>40 de largeur au plafond, 1<sup>m</sup>60 au radier. Le premier tronçon, de 30 mètres de longueur, est construit en béton armé, pouvant résister à une pression de 4 kilogrammes par centimètre carré et muni de fenêtres d'observation. Le deuxième tronçon, de 35 mètres de longueur, est construit en cadres en fer recouverts de remblais (1).

La galerie est fermée à une extrémité par un fond amovible, constitué par des poutres de bois prenant appui latéralement sur deux massifs de maçonnerie.

Un ventilateur, pouvant souffler 8 à 9 mètres cubes par seconde sous une dépression de 15 millimètres d'eau, sert à l'évacuation des fumées et permet de créer dans la galerie une vitesse de 3 mètres environ. Une trappe, placée sur la galerie du ventilateur, intercepte toute communication avec ce dernier au moment des explosions.

L'atelier de broyage comprend deux broyeurs : un dégrossisseur et un finisseur.

La création du nuage poussiéreux est obtenue au moyen d'un projecteur à air comprimé.

Le nettoyage de la galerie se fait, suivant les cas, soit par balayage, soit par soufflage au moyen de tuyaux en caoutchouc, branchés sur une canalisation d'air comprimé régnant dans la galerie.

La station possède deux mortiers, dont les fourneaux ont respectivement 0<sup>m</sup>055 et 0<sup>m</sup>040 de diamètre, 0<sup>m</sup>600 et 1<sup>m</sup>200 de longueur.

On isole une chambre d'explosion dans la galerie au moyen d'un diaphragme en papier.

Le grisou provient de deux soufflards captés dans les bou-

(1) Le deuxième tronçon a été récemment remplacé par une galerie plus longue, ayant la forme d'un tube d'acier, en tôle de 10 millimètres d'épaisseur, avec un diamètre de 2<sup>m</sup>10, intérieurement revêtu de bois, avec radier en béton, extérieurement appuyé de remblais.

veaux de l'étage de 326 mètres du puits n° 3 du Charbonnage de Liévin, auprès duquel est établie la station. Le débit est de 75 mètres cubes de grisou à 85 - 93 % de méthane.

La venue est emmagasinée dans un gazomètre de 300 mètres cubes. Le grisou est éclusé ensuite dans un gazomètre à pression variable de 25 mètres cubes de capacité. La pression varie en raison du poids d'eau que contient un réservoir placé au dessus de la cloche du gazomètre. Une pompe centrifuge électrique permet de refouler dans le réservoir telle quantité qui est nécessaire.

Le mélange d'air et de grisou est obtenu par un dispositif spécial consistant en un tube à grisou pénétrant dans un tube d'arrivée d'air et muni d'une série de trous par où s'échappent autant de jets grisouteux.

Le débit du tube à grisou et du tube à air sont mesurés par des manomètres accusant la différence de pression existant de part et d'autre de diaphragmes placés sur ces conduites, suivant la disposition employée dans les appareils d'essai des lampes de plusieurs stations.

Une salle, dont le mur, face à la galerie, est percé d'une suite de fenêtres horizontales vitrées, sert de local d'observation.

Les pressions dans la galerie sont mesurées par un crusher à cylindre de cuivre, quelquefois à lame de plomb dans laquelle s'imprime une bille en acier. La vitesse de propagation de la flamme sera mesurée par un chronographe Weiss.

Une galerie auxiliaire sert plus spécialement aux essais relatifs à la sûreté des explosifs. Elle a une longueur de 15 mètres et est constituée par l'adjonction des corps cylindriques de trois vieilles chaudières de 2 mètres environ de diamètre. La première a conservé l'un de ses fonds; le mortier vient affleurer à un trou qui y est ménagé et est appuyé, comme dans la galerie principale, contre deux massifs en maçonnerie.

La première chaudière a reçu un revêtement en béton, de façon à réaliser une section de 2 mètres carrés, qui est celle des galeries de Gelsenkirchen et de Frameries.

La station de Liévin possède un appareil pour essayer les lampes, du même type que celui utilisé à l'École des Mines de Paris, par la Commission du grisou.

L'air comprimé est largement utilisé à la station, ainsi qu'il ressort de ce qui précède. Cet air est fourni par une double turbine Rateau commandée directement par un moteur électrique. En série, la pression peut monter à 1<sup>m</sup>500. Le débit atteint 0<sup>m</sup>750 par seconde.

Le turbo-compresseur, la pompe électrique du petit gazomètre, les volants et leviers du tube d'essai des lampes, le mélangeur d'air et de grisou se trouvent dans la salle des machines située au rez-de-chaussée du bâtiment principal.

Dans une salle voisine, se trouve la station d'électricité comprenant une boîte de couplage, un transformateur et un tableau de distribution.

Le courant triphasé, fourni à la tension de 5,000 volts par l'usine centrale électrique des Mines de Liévin, est ramené à la tension de 110 volts.

Le premier étage comprend un laboratoire, une salle de réunion et une bibliothèque.

M. Taffanel, dans la deuxième partie de sa communication, parle des essais effectués à la station de Liévin.

En ce qui concerne la sûreté des explosifs vis-à-vis des poussières, il n'a été procédé qu'à quelques essais, avec les explosifs de sûreté employés dans les mines françaises. Des charges atteignant jusque 800 grammes n'ont donné lieu à aucune inflammation.

Les essais ont surtout porté sur la propagation de la flamme dans les atmosphères poussiéreuses. On a utilisé des charbons de Liévin, à 30 % de matières volatiles, et de Nœux, à 24 %.

L'inflammation initiale était provoquée par 200 ou 300 grammes de dynamite-gomme.

Il a été constaté que la propagation de la flamme s'obtenait pour des proportions de poussières très différentes (depuis 112 grammes par mètre cube jusque 1 k. 700). Le phénomène peut se subdiviser en deux parties : l'explosion produit une onde qui se propage rapidement et soulève des poussières ; la flamme chemine plus lentement et trouve devant elle le nuage poussiéreux tout formé.

L'existence de ce nuage antérieur au passage de la flamme est de nature à laisser planer quelques incertitudes sur le degré d'efficacité du tronçon d'isolement de longueur réduite, sans poussières et même arrosé. Un tronçon schistifié paraît devoir créer un obstacle plus sérieux à la propagation de l'explosion.

Les vitesses les plus grandes de la flamme sont obtenues par des dosages moyens.

Six essais effectués avec des poussières de 50 % de charbon à 30 % de matières volatiles et 50 % de schistes n'ont donné lieu qu'à des ratés ou à des propagations partielles et lentes.

Six essais à 40 % de schistes n'ont donné lieu qu'à une flamme se propageant sur toute la longueur de la galerie et mourant à 20 mètres de l'extrémité de celle-ci.

Les essais à 30 % ont donné autant de coups positifs que négatifs.

Il a été reconnu que les poussières grossières donnaient plus de ratés, ou des explosions plus lentes et moins violentes que les poussières fines.

L'étude chimique des combustions de poussières a donné lieu aux conclusions suivantes : avec des charbons à 30 % de matières volatiles, la combinaison de l'oxygène est incomplète dans les mélanges à faibles proportions de poussières ; elle devient à peu près complète avec les mélanges

à partir de 225 grammes par mètre cube. Même avec de fortes proportions de poussières, CO<sup>2</sup> se trouve en plus grande quantité que CO.

La propagation s'effectue encore avec des températures, calculées, variant de 1000 à 1700°, ce qui explique qu'elle puisse se continuer avec des proportions de poussières très variables.

La part que prennent les matières volatiles dans la combustion est variable ; pour une teneur donnée, les matières volatiles interviennent d'autant plus que la proportion des poussières sera moindre ou que les poussières seront moins fines.

En définitive, la vitesse de propagation dépend surtout de la température immédiatement atteinte à front de la flamme et de l'aptitude plus ou moins grande du nuage de poussières à former un mélange inflammable devant la flamme, soit au moyen des matières volatiles, soit au moyen des poussières les plus fines.

#### NOTE DE MM. Watteyne et Stassart.

Le but de la présente note est de faire connaître sommairement les travaux exécutés au Siège d'expériences de Frameries depuis le Congrès de Rome, en tant que ces travaux ont quelque connexité avec la chimie appliquée.

Nous avons donné la description des installations et des méthodes en usage dans un rapport présenté au précédent Congrès. Depuis lors, une station de sauvetage, disposant d'une équipe de trente sauveteurs, a été instaurée.

#### I. — Explosifs antigrisouteux. — Leur contrôle.

Depuis trois ans, la liste des explosifs classés antigrisouteux s'est allongée dans de notables proportions.

Aux trois catégories entre lesquelles pouvaient se classer,

plus ou moins bien, les anciens produits reconnus, à savoir : les explosifs dans la composition desquels entraient des sels contenant beaucoup d'eau de cristallisations (Wetter-dynamites), les carbonites, les explosifs au nitrate ammonique, est venue s'adjoindre une nouvelle classe, sur l'accession de laquelle on ne comptait guère : la catégorie des explosifs aux chlorates.

Nous donnons ci-dessous la liste à ce jour des explosifs classés en Belgique, comme explosifs antigrisouteux avant qu'une circulaire ministérielle toute récente, sur laquelle nous reviendrons plus loin, n'eût abrogé cette liste et ne l'eût remplacée par une liste d'explosifs de sûreté tant vis-à-vis du grisou que vis-à-vis des poussières (Explosifs S. G. P.)

DÉNOMINATION de l'Explosif ET DÉSIGNATION du Fabricant	COMPOSITION	Charge maximum n'enflammant pas le grisou (charge limite) — Grs.	Poids équivalant en énergie à 10 grs de dynamite n° 1. — Grs.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite n° 1. — Grs.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite. — M. cubes	
<b>Permonite</b> (Sprengstoff A. G. Carbonit, à Hambourg.)	Nitroglycérine . . . . .	6	900	15.59	577	2.424
	Colle de gélatine-glycér.	1				
	Farine de blé. . . . .	4				
	Farine de bois . . . . .	3				
	Trinitrotoluène . . . . .	7				
	Perchlorate de potassium	24.5				
	Chlorure de sodium . . . . .	25.0				
<b>Steelite N° 2</b> (Ev. Steele, Boulevard Magenta, 145, Paris).	Nitrate d'ammoniaque . . . . .	29.5	900	16.36	550	2.310
	Chlorate de potassium . . . . .	71.43				
	Mélange oxydé de résine et d'amidon . . . . .	28.06				
<b>Densite IV</b> (E. Ghinijonet et Ghinijonet & Cie, à Ougrée-lez-Liège).	Huile de ricin . . . . .	0.51	850	15.47	549	2.305
	Nitrate d'ammoniaque . . . . .	18				
	Nitrate de potasse . . . . .	45.5				
	Chlorhydrate d'ammoniaque . . . . .	17.5				
	Trinitrotoluène . . . . .	19				

DÉNOMINATION de l'Explosif ET DÉSIGNATION du Fabricant	COMPOSITION	Charge maximum n'en- flammant pas le grisou (charge limite) — Grs.	Poids équivalent en énergie à 10 grs de dynamite n° 1. — Grs.	Poids équivalent de la charge limite en dyna- mite n° 1. — Grs.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite. — M. cubes
<b>Sécurophore III</b> (Westfaelisch-Anhaltische Sprengstoff, A. G., à Berlin.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de potasse . . . 34 Nitrate de baryte . . . 1 Farine de seigle . . . 38.5 Farine de bois . . . 1 Carbonate de soude . . . 0.5	850	15.51	548	2.302
<b>Antigel de sûreté</b> (Société anonyme d'A- rendonck, à Arendonck.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de soude . . . 20 Binitrotoluol . . . 15 Sulfate d'ammoniaque . . . 5 Cellulose de farine . . . 35	900	17.17	524	2.200
<b>Kohlencarbonite</b> (Sprengstoff A. G. Car- bonit, à Hambourg.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de potasse . . . 34 Nitrate de baryte . . . 1 Farine de blé . . . 38.5 Farine d'écorce . . . 1 Carbonate de soude . . . 0.5	900	17.97	501	2.104
<b>Colinite antigrisouteuse</b> (Société anonyme de dy- namite de Matagne, à Matagne-la-Grande.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de potasse . . . 34 Nitrate de baryte . . . 1 Farine de blé . . . 38.5 Farine d'écorce . . . 1 Carbonate de soude . . . 0.5	900	18.12	497	2.087
<b>Yonckite N° 10</b> (Société anonyme de la Poudrerie de Ben-Ahin, à Liège.)	Nitrate d'ammoniaque . . . 30 Nitrate de soude . . . 15 Perchlorate d'ammonia- que . . . . . 25 Trinitrotoluol . . . 10 Chlorure de sodium . . . 20	800	16.50	485	2.037
<b>Colinite antigrisouteuse B.</b> (Société anonyme de dy- namite de Matagne, à Matagne-la-Grande.)	Nitroglycérine gélatinisée 26 Sulfate de magnésie . . . 7 Nitrate d'ammoniaque . . . 20 Farine de seigle et cellu- lose . . . . . 29 Trinitrotoluol . . . 12 Perchlorate de potassium 6	800	17.40	460	1.933

DÉNOMINATION de l'Explosif ET DÉSIGNATION du Fabricant	COMPOSITION	Charge maximum n'en- flammant pas le grisou (charge limite) — Grs.	Poids équivalent en énergie à 10 grs de dynamite n° 1. — Grs.	Poids équivalent de la charge limite en dyna- mite n° 1. — Grs.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite. — M. cubes
<b>Favier III bis</b> (Société belge des explo- sifs Favier, à Vilvorde.)	Nitrate d'ammoniaque. 60 Carbonate de baryte. . . 5 Chlorure d'ammonium . . . 4 Sulfate d'alun . . . 5 Farine de blé. . . . 6 Nitrate de potasse . . . 11 Trinitrotoluène . . . 8.5 Permanganate de potasse 0.5	750	16.60	452	1.898
<b>Fractorite D</b> (Société anonyme de dy- namite de Matagne, à Matagne-la-Grande.)	Nitrate d'ammoniaque . . . 75 Nitrate de soude . . . 10 Oxalate d'ammonium . . . 7 Nitroglycérine . . . 4 Farine de blé . . . 4	700	16.66	420	1.762
<b>Forcite antigrisouteuse n° 3</b> (Compagnie de la Forcite, à Baelen-Wezel.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de potasse . . . 34 Nitrate de baryte . . . 1 Farine de blé. . . . 38.5 Farine d'écorce . . . 1 Carbonate de soude. . . 0.5	750	18.17	413	1.733
<b>Minite</b> (Société anon. des poudres et dynamites d'Aren- donck, à Arendonck.)	Nitroglycérine . . . 25 Nitrate de potasse . . . 35 Farine de seigle . . . 39.5 Soude . . . . . 0.5	750	18.53	405	1.700
<b>Minolite antigrisouteuse</b> (Laurent Cornet, à Ver- viers.)	Nitrate d'ammoniaque. 72 Nitrate de soude. . . 23 Trinitrotoluol . . . 3 Trinitronaphtaline . . . 2	650	16.93	384	1.613
<b>Flammivore III</b> (Société anonyme d'Aren- donck à Arendonck.)	Nitrate d'ammoniaque. 70 Sulfate d'ammoniaque . . . 9 Sulfate de baryte . . . 7 Nitroglycérine . . . 6 Dextrine . . . . . 8	650	17	382	1.604

DÉNOMINATION de l'Explosif ET DÉSIGNATION du Fabricant	COMPOSITION	Caractéristiques			
		Charge maximum n'enflammant pas le grisou (charge limite) — Grs.	Poids équivalent en énergie à 10 grs de dynamite n° 1. — Grs.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite n° 1. — Grs.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite. — M. cubes
<b>Dynamite Antigrisouteuse V</b> (Compagnie de la Forcite, à Baelen-Wezel.)	Nitroglycérine . . . 44 Sulfate de soude . . . 44 Cellulose . . . . . 12	650	18.08	359	1.508
<b>Grisoutine II</b> (Société anon. des poudres et dynamites d'Arendonck, à Arendonck.)	Nitroglycérine . . . 44 Sulfate de soude . . . 44 Farine de bois . . . . 12	650	19.16	339	1.424
<b>Carbonite II</b> (Sprengstoff A.-G. Carbonit, à Hambourg.)	Nitroglycérine . . . 30 Nitrate de soude . . . 24.5 Farine de blé . . . . 40.5 Bichromate de potasse . 5	550	16.41	335	1.407
<b>Densite III</b> (E. Ghinijonet et Ghinijonet et Cie, à Ougrée.)	Nitrate ammonique . . 74 Nitrate de soude . . . 22 Trinitrototul . . . . 4	700	22.60	310	1.302
<b>Poudre blanche Cornil I bis</b> (Société de la Poudrerie de Carnelle, à Châtelet.)	Nitrate ammonique . . 77 Nitrate de potasse . . . 1 Binitronaphtaline . . . 3 Chromate de plomb . . . 1 Chlorure ammonique . . 18	500	16.40	305	1.281
<b>Wallonite III</b> (V. Ansay et Cie, Forêt-Trooz.)	Nitrate ammonique . . 70 Nitrate de soude . . . 25 Brai nitré . . . . . 5	600	19.76	304	1.277
<b>Densite II</b> (E. Ghinijonet et Ghinijonet et Cie, à Ougrée.)	Nitrate ammonique . . 62.5 Nitrate de potasse . . . 30 Trinitrototul . . . . 7.5	550	18.52	297	1.247
<b>Favier II bis</b> (Soc. belge des Explosifs Favier, à Vilvorde.)	Nitrate ammonique . . 76.6 Chlorure ammonique . . 20 Binitronaphtaline . . . 2.4	500	17.06	293	1.231

DÉNOMINATION de l'Explosif ET DÉSIGNATION du Fabricant	COMPOSITION	Caractéristiques			
		Charge maximum n'enflammant pas le grisou (charge limite) — Grs.	Poids équivalent en énergie à 10 grs de dynamite n° 1. — Grs.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite n° 1. — Grs.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite. — M. cubes
<b>Phénix I</b> (Sprengstoffwerke Dr R. Nahusen et Cie, à Hambourg.)	Nitroglycérine . . . 30 Nitrate de soude raffiné. 32 Farine . . . . . 38	400	13.85	310	1.214
<b>Fractorite B</b> (Société anonyme de dynamite de Matagne, à Matagne-la-Grande.)	Nitrate ammonique . . 75 Oxalate ammonique . . 2.2 Binitronaphtaline . . . 2.8 Chlorure ammonique . . 20	450	15.73	286	1.201
<b>Yonckite n° 9</b> (Société anonyme de la Poudrerie de Ben-Ahin, à Liège.)	Nitrate ammonique . . 65 Nitrate de soude . . . 25.25 Perchlorate ammonique 6 Trinitronaphtaline . . 3.75	450	16.37	275	1.139
<b>Flammivore I</b> (Société anonyme des Poudres et Dynamites d'Arendonck, à Arendonck)	Nitrate ammonique . . 82 Nitrate de potasse . . . 10 Farine de seigle . . . . 4 Nitroglycérine gelatinée. 4	400	15.33	261	1.095
<b>Ammoncarbonite</b> (Sprengstoff A.-G. Carbonit, à Hambourg.)	Nitrate ammonique . . 82 Nitrate de potasse . . . 10 Farine de blé . . . . . 4 Nitroglycérine . . . . 4	400 (500) sans en- veloppe paraffi- née	15.74	254	1.067
<b>Sécurophore II</b> (Westfaelisch-Anhaltische Sprengstoff A.-G., à Berlin.)	Nitroglycérine . . . 36.36 Nitrate ammonique . . 24.55 Nitrate de potasse . . . 3.64 Nitrocellulose . . . . 0.91 Sel d'acide sébacique . . 11.36 Farine de seigle . . . . 9.09 Farine de bois . . . . 1.82 Hydrocarbure liquide . . 3.18 Chlorure de sodium . . 9.09	250	13.49	184	0.773
<b>Grisoutite</b> (Société anonyme de dynamite de Matagne, à Matagne-la-Grande.)	Nitroglycérine . . . 44 Sulfate de magnésie . . 44 Cellulose . . . . . 12	300	16.80	179	0.752

On connaît l'influence notable, nous avons eu l'occasion de la constater maintes fois, qu'exercent, sur la sécurité des explosifs, une variation, même minime, de composition, l'impureté des produits constituants, le manque d'homogénéité, une modification dans les procédés de fabrication.

Il convient donc de s'assurer que les explosifs vendus aux Exploitants continuent à posséder le même degré de sûreté que les échantillons soumis aux essais de classement.

Un arrêté royal a conféré aux Ingénieurs des mines le droit de prélever dans les dépôts des Charbonnages des échantillons d'explosifs qui sont envoyés, à fin d'essais, au siège de Frameries.

En raison des causes multiples pouvant influencer la valeur de la charge limite, il est toléré que les échantillons accusent, au cours des essais de contrôle, une légère défaillance, sans que celle-ci entraîne une réduction de la charge limite reconnue.

Il faut cependant que la chute de la charge limite soit inférieure à 100 grammes, pour qu'elle n'entraîne pas de réduction.

Les résultats de ce contrôle ont établi que les explosifs, en très majeure partie, conservaient leur charge limite; certains ont accusé une réduction de charge pour des parties de fabricats au cours desquels des matières premières moins pures avaient été employées, ou bien où le dosage avait été modifié par une inadvertance non déclarée du contre-maître ou des ouvriers.

Dans ces cas, les approvisionnements de cartouches, correspondant à la fabrication défectueuse, ont été retirés.

En fait, jusqu'à présent, aucun explosif classé n'a été rayé; une réduction relativement minime a été effectuée sur quelques rares explosifs, des parties de fabricats ont été retirées et des observations ont été présentées à quelques fabricants. On peut conclure de ceci à la nécessité absolue d'un service de contrôle et à l'efficacité de celui-ci.

## II. — Explosifs S. G. P.

Pour que la sécurité des mines soit garantie, il convient que les explosifs antigrisouteux n'enflamment pas, non plus, les poussières de charbon.

En Belgique, la plupart des exploitations ont atteint des profondeurs déjà notables : beaucoup dépassent la profondeur de 800 mètres, plusieurs celle de 1,000 mètres, quelques-unes atteignent 1,150 mètres.

A ces profondeurs considérables, où la température de la roche, fraîchement découverte, s'élève jusqu'à 45°, l'action de l'eau froide a souvent pour effet de provoquer le gonflement du schiste houiller et, partant, d'augmenter sérieusement les frais d'entretien des travaux.

Cette action de l'eau sur les terrains a même obligé une Société charbonnière du bassin de Charleroi à abandonner l'emploi de perforatrices Sülzer, à eau sous pression, dans les travaux à grande profondeur.

L'arrosage, dont l'intensité doit être maximum précisément aux fronts de taille, où les poussières ont le plus de tendance à se produire, mais aussi où les roches ont la plus haute température, aurait donc pour résultat d'entraîner une nouvelle aggravation du prix de revient, sans compter les chances plus grandes d'éboulements meurtriers.

Une circonstance défavorable à l'arrosage est aussi la dissémination des chantiers, résultant de la faible puissance des couches.

Dans les conditions de gisement du bassin belge, l'installation de canalisations étendues et le fonctionnement de l'arrosage ne seraient donc pas sans entraîner des inconvénients sérieux. Il en résulte que l'application de ce procédé peut être considérée comme réservée.

Heureusement, on dispose d'un autre moyen pour combattre le danger des poussières : c'est l'emploi d'explosifs de

sûreté non seulement vis-à-vis du grisou, mais également en présence des poussières.

La charge limite de chaque type d'explosif a été, en conséquence, recherchée vis-à-vis des atmosphères poussiéreuses.

La charge du fourneau a été effectuée de la même façon qui a été décrite pour les essais en présence du grisou. La température a été portée et maintenue autant que possible aux environs de 25°.

Les poussières sont fournies par un broyeur à boulets dont les toiles ont 1,250 mailles par centimètre carré.

Tout d'abord, ces poussières étaient mises en suspension par un moulinet sur les ailettes duquel on laissait tomber une coulée de poussière. Le moulinet recevait du moteur à vapeur un mouvement rapide de rotation par un jeu de poulies appropriées.

Il fut reconnu ultérieurement que l'inflammation se produisait aussi aisément lorsqu'on déposait simplement les dites poussières sur le sol de la galerie, procédé qui, en plus de sa simplicité, donnait davantage les conditions de la pratique.

La facilité d'inflammabilité des poussières croît avec le pourcentage de matières volatiles, ainsi que nous le verrons plus loin.

Il a été adopté, pour les essais de classement, des poussières à 21 % de matières volatiles, provenant des charbons extraits par le puits n° 3 de l'Agrappe, où se trouve précisément établi le Siège d'expériences.

Les charbons belges, contenant le maximum de matières volatiles, accusent 35 %.

On pourrait se demander pourquoi ces charbons, qui sont plus dangereux que ceux à 21 %, n'ont pas été utilisés dans nos expériences de classement. Nous répondrons que le danger des poussières est facteur également de leur ténuité

et que ces charbons à haute teneur en matières volatiles donnent un poussier graineux, plutôt que des poussières proprement dites, tandis que le charbon à forges, d'une teneur voisine de 21 %, est caractérisé par l'abondance et la ténuité des poussières qu'il produit, à tel point que le simple aspect du mineur, après son travail, permet de déterminer si celui-ci travaille dans une couche de charbon flénu ou dans une couche de charbon à forges.

Il est à remarquer en ordre subsidiaire, que les gisements à charbons de 30 à 35 % de matières volatiles se raréfient de plus en plus et que quelques charbonnages restent seuls à les exploiter.

Lors du Congrès de Londres, les essais, vis-à-vis des poussières, des explosifs antigrisouteux, dont était spécialement chargé notre collaborateur, M. l'ingénieur principal des mines Bolle, n'étaient pas terminés. 14 explosifs avaient été éprouvés ; 5 seulement avaient montré une moindre sûreté vis-à-vis des poussières que du grisou.

Depuis lors, ces expériences ont été continuées. Il résulte de la révision de la liste des 30 explosifs classés jusqu'à ce jour comme antigrisouteux, que :

- 2 de ceux-ci ne sont plus fabriqués ;
- 3 n'ont pas été présentés aux essais vis-à-vis des atmosphères poussiéreuses ;
- 3 n'ont pu encore, pour des motifs divers, être l'objet d'expériences complètes et sont réservés ;
- 5 ont enflammé les poussières à des charges moindres que celles mettant le feu au grisou.

Pour 2 de ces explosifs, la charge limite vis-à-vis des poussières tombe en dessous d'une charge équivalente en énergie à 175 grammes de dynamite n° 1. Ces explosifs sont donc éliminés.

3 subissent une réduction de charge-limite, variant de 100 à 300 grammes

Les 17 explosifs restants n'ont pas enflammé les poussières à la valeur de la charge limite vis-à-vis du grisou.

En résumé, sur 22 explosifs essayés, 5 seulement, soit 23 %, ont montré une sûreté moindre. De ces 5 explosifs, 4 appartiennent au groupe des explosifs au nitrate ammoniacal, 1 au groupe des chlorates; un explosif du groupe des carbonites a été réservé. Il est remarquable que le seul groupe non atteint est celui des Wetter-dynamites.

A la suite des essais au sujet desquels sont données, dans l'annexe II, quelques indications extraites du rapport de M. Bolle, une circulaire ministérielle du 18 octobre 1909, dont on trouvera le texte dans la présente livraison, a remplacé la liste précédente par une liste d'explosifs à la fois *antigrisouteux* et *antipoussiéreux*, c'est-à-dire de sûreté relative vis-à-vis de ces deux éléments de danger : les poussières et le grisou (*Explosifs S. G. P.*)

### III. — Variation de la charge limite en fonction de la section de la chambre d'explosion.

Dans les essais de classement, tant vis-à-vis du grisou que des poussières, nous avons choisi une chambre d'explosion d'une section de 2 mètres carrés. Nous avons ainsi cherché à nous rapprocher des conditions de la pratique. En effet, en Belgique, dans les gisements grisouteux, on ne mine qu'en roches, à front soit des galeries à travers-bancs soit des galeries en chantiers.

Dans les gisements non grisouteux, où le minage est permis, les charbons sont généralement moins poussiéreux, circonstance qui compense le supplément de danger résultant d'une restriction occasionnelle de l'espace offert à la détente des gaz de l'explosion.

Les galeries à travers-bancs ont une section minimum de 3 mètres carrés; au coupage de voie des galeries en chantier, les sections cumulées des galeries suivant lesquelles la détente des gaz chauds peut s'opérer est plutôt plus grande.

La section de la galerie d'essai a été choisie de  $1/3$  inférieure au maximum indiqué ci-dessus, soit de 2 mètres carrés, pour tenir compte de l'irrégularité du front où l'on mine et aussi du fait que des soupapes de sûreté existent sur la chambre d'explosion, lesquelles facilitent, dans une certaine mesure, la détente des gaz.

Suivant les idées émises par M. Heise en 1898 sur l'inflammabilité des milieux explosibles par compression, nous avons jugé qu'il était intéressant de déterminer s'il y avait réellement restriction de la charge limite, lorsqu'on gênait la détente des gaz, en opérant, par exemple dans des chambres d'explosions de moindre section.

Nous avons, pour cela, constitué, au moyen de tronçons d'une ancienne chaudière et d'un ancien tube bouilleur, une chambre de 1 mètre carré environ et une autre de  $1/4$  de mètre carré (exactement  $0^m^295$  et  $0^m^228$ ); ce qui, avec notre section initiale, constitue une échelle de chambres d'explosion dont les sections sont dans le rapport 1,  $1/2$ ,  $1/7$ .

De très nombreux essais ont été exécutés par M. l'Ingénieur principal Bolle, à l'effet de déterminer les charges limites des explosifs classés dans ces trois sections, tant vis-à-vis des poussières qu'en présence du grisou.

Ces expériences ne sont pas encore terminées.

Nous ne pouvons donner, en conséquence, que les résultats globaux qui se dégagent des expériences effectuées jusqu'à présent.

Douze explosifs appartenant aux groupes Carbonit, explosifs au nitrate, explosifs au chlorate, ont accusé tous une chute notable avec la réduction de section de la chambre d'explosion.

Le groupe des wetterdynamites n'a eu qu'un seul représentant essayé; celui-ci n'a pas accusé de chute ni devant les poussières, ni devant le grisou, même dans la section de  $1/4$  de mètre carré.

La chute des explosifs des autres groupes varie notablement suivant l'explosif considéré. Pour la section minimum, elle varie de 30 % à 75 %.

Pour certains explosifs, la chute la plus marquée se fait vis-à-vis des poussières, pour d'autre, au contraire, c'est vis-à-vis du grisou que la chute a été la plus forte.

#### IV. — Variation de la charge-limite en fonction d'autres facteurs.

Nous rappellerons que les essais des explosifs antigrisouteux se font dans des atmosphères à 8 % de méthane. Dans quelques essais sommaires sur des explosifs du type carbonite, nous n'avons pas constaté de modification dans les résultats lorsque, pour tenir compte de l'oxyde de carbone que ces explosifs dégagent, nous abaissions la teneur de méthane à 7 et 6 1/2 %.

Nous avons signalé précédemment la raison pour laquelle nous faisons usage de poussières à 21 % de matières volatiles pour les essais de classement des explosifs antigrisouteux. La quantité qui a réalisé la plus facile inflammabilité est de 1/5 de litre par mètre cube.

Il est à présumer que ce pourcentage varie avec le type d'explosifs; ce point fera l'objet de recherches ultérieures.

Il semble résulter de quelques essais auxquels nous avons procédé que la teneur de la poussière en cendres est de minime importance, si elle reste dans les limites de la pratique : Il est facilement compréhensible que la poussière de charbon se soulève plus aisément et qu'il s'opère ainsi un enrichissement spontané en carbone.

C'est ainsi qu'un explosif dont la charge de première inflammation était de 300 grammes en présence des poussières ordinaires, enflammait déjà à 350 grammes un mélange de ces poussières avec 25 % de schistes finement broyés.

Si la teneur en schistes était poussée à 50 %, la charge, pour produire l'inflammation, devait être doublée, c'est-à-dire portée à 600 grammes.

A la suite de l'accident de Courrières et des mesures préconisées en France contre les poussières, nous avons eu l'occasion, à la demande de plusieurs charbonnages français, d'effectuer d'assez nombreux essais sur des charbons provenant de divers bassins français et de teneur très variable en matières volatiles, de 8 à 38 %.

La réduction de la charge-limite s'accuse au fur et à mesure de l'augmentation des matières volatiles.

C'est ainsi que le Favier n° 1 a enflammé, dans des conditions comparables, les poussières à 38 % à partir de 200 grammes ; celles à 15 %, à partir de 300 grammes ; il n'a pas enflammé à la charge de 600 grammes celles à 10 %.

La grisounite-couche a donné des inflammations à 400 grammes avec des poussières à 38 % ; par contre, elle n'a pas enflammé, à des charges respectivement de 600 et de 700 grammes, des poussières à 16 et 15 % de matières volatiles.

#### V. — Verres pour lampes de mineurs. — Étincelles en atmosphère grisouteuse.

Nous terminerons en donnant quelques renseignements sur des essais n'ayant pas trait aux explosifs, mais qui ne sont pas étrangers à la chimie appliquée et intéressent grandement la sécurité des mines. Nous voulons parler des *verres de lampes* de mineurs et des *étincelles* qui jaillissent au contact des mains courantes contre les rails-guides, lors de la translation des cages dans les puits.

Avant 1904, les règlements belges proscrivaient l'emploi des huiles minérales pour l'alimentation des lampes dans les mines grisouteuses.

Des essais nombreux ayant démontré que la méfiance à l'égard des huiles minérales était injustifiée, l'emploi de

celles-ci ne fut plus interdit et différents charbonnages belges s'empressèrent d'adopter le nouveau mode d'éclairage qui présente de nombreux avantages, bien connus, sur l'éclairage par l'huile grasse.

Mais un inconvénient très sérieux ne tarda pas à se manifester. Sous l'effet de la chaleur plus intense de la flamme de benzine, les verres se brisaient fréquemment, créant ainsi un grave danger pour la sécurité des mines. De nombreuses expériences furent effectuées pour déterminer l'influence de divers facteurs sur la résistance du verre.

La réduction d'épaisseur fut reconnue favorable et c'est ainsi qu'un arrêté ministériel permit, en 1907, de réduire celle-ci à 4 millimètres.

On étudia aussi l'influence du recuit, qui se montra favorable dans certains cas seulement.

On expérimenta les verres à treillis métalliques qui donnèrent de mauvais résultats. On essaya même de protéger le verre proprement dit par un verre intérieur de 1 millimètre seulement d'épaisseur.

En fait, sauf la réduction d'épaisseur, ces diverses tentatives n'avaient donné aucun résultat pratique. C'est alors qu'intervinrent les chimistes qui, en modifiant les éléments constitutifs du verre, parvinrent à créer un produit donnant toute satisfaction.

Les Cristalleries du Val-Saint-Lambert, près de Liège, fabriquèrent les premiers verres de l'espèce. Ceux-ci regurent la marque  $\frac{DS.}{4}$ .

La confection de semblables verres ayant été réalisée dans des conditions de pratique courante, un arrêté ministériel, en date du 20 décembre 1906, intervint rendant obligatoire, dans les mines grisouteuses des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> catégories, l'emploi des verres reconnus.

Rappelons sommairement les conditions des essais :

1<sup>o</sup> Trente verres, placés sur une lampe Wolf à alimen-

tation inférieure, doivent supporter un courant grisouteux horizontal, de 5 mètres de vitesse, à 8 % de méthane, pendant 3 minutes, sans donner lieu à un déchet de plus de 10 %, soit 3 verres fendus ;

2<sup>o</sup> Trente verres doivent supporter le choc d'un mouton du poids de 85 grammes, tombant en chute libre d'une hauteur de 0<sup>m</sup>200, sans présenter plus de 10 % de verres cassés.

Actuellement, huit firmes ont chacune un verre reconnu en Belgique, à savoir : trois firmes belges, trois allemandes, deux françaises.

Passons à la question des *étincelles* jaillissant le long des guidonnages métalliques lors du passage des mains-courantes des cages.

On connaît l'opportunité qu'il y a souvent d'armer pour l'extraction, les puits de retour d'air, surtout dans les exploitations à grande profondeur, ce qui est le cas en Belgique.

La résistance et la stabilité plus grandes des guidonnages métalliques les font préférer aux guidonnages en bois.

D'autre part, on sait aussi qu'une partie du gisement houiller belge est sujet aux phénomènes connus sous le nom de « dégagements instantanés de grisou », consistant en des dégagements brusques de torrents de grisou, accompagnés de projections de charbon menu. Quelle que soit la capacité de la ventilation normale, un phénomène de ce genre a pour effet de charger fortement de grisou le courant de retour et peut ainsi amener le courant ventilateur circulant dans le puits d'aérage à une teneur comprise entre les limites inférieure et supérieure d'explosibilité.

Le passage à grande vitesse des mains courantes des cages vis-à-vis des joints de deux rails consécutifs a pour

effet de produire des gerbes d'étincelles chaque fois que ces rails ne sont pas bien exactement dans le prolongement l'un de l'autre, ce qui arrive fréquemment. Il y avait donc lieu de s'assurer si de semblables étincelles n'étaient pas susceptibles d'enflammer les mélanges explosifs qui pouvaient, éventuellement, exister dans le puits à la suite d'un dégagement instantané.

Une meule en émeri, d'un diamètre de 0<sup>m</sup>50, a été montée sur un arbre transversal installé au milieu de la chambre d'explosion et attaqué de l'extérieur de la galerie par une courroie.

Un levier en fer, guidé, fixé en un point, peut venir en contact ou non avec la meule, suivant la position d'une commande par fil traversant la paroi de la galerie.

Au point de contact éventuel du levier sur la meule, on peut fixer au dit levier un morceau de la substance de laquelle on veut tirer des étincelles.

C'est ainsi que nous avons essayé les matières suivantes : acier, fer, bronze phosphoreux, cuivre, pyrite, rognons de carbonate de fer provenant du terrain houiller.

La gerbe d'étincelles est très nourrie, elle peut atteindre 0<sup>m</sup>40 à 0<sup>m</sup>50 de longueur.

En aucun cas, vis-à-vis d'atmosphères grisouteuses à 7 et 8 %, nous n'avons eu d'inflammation. Il en a été de même en dirigeant sur la gerbe d'étincelles un courant de grisou à 55 % de méthane.

Nous avons ensuite recherché si ces étincelles ne pouvaient pas enflammer le produit gras avec lequel on graisse périodiquement les guidonnages métalliques ; une couche de cette graisse a été répandue sur une planchette qui était frappée par la gerbe d'étincelles : la graisse a subi un commencement de combustion dans la région atteinte, son aspect luisant est devenu terne, mais il n'y a pas eu d'inflammation.

Enfin, de l'*hydrogène* a été mélangé au grisou de façon à augmenter l'inflammabilité du mélange ; à partir d'une teneur de 3 % d'hydrogène et de 7 % de grisou, des explosions ont été constatées.

La conclusion à tirer de ces premières expériences, est que, suivant toutes probabilités, les étincelles qui se produisent le long des cages ne sont pas susceptibles d'enflammer le grisou.

## CHAPITRE II

**Le danger des poussières dans les mines.**

On a été longtemps, surtout dans certains pays, à admettre que des explosions, et des explosions formidables, fussent possibles dans des exploitations minières où le grisou ne se rencontrait nulle part en proportions explosibles.

Quand l'un de nous, il y a vingt-et-un ans, à la suite de la catastrophe de *La Boule*, dont l'étude approfondie l'avait pleinement convaincu, publiait ses premières brochures sur le danger des poussières, il ne rencontrait, en Belgique, qu'une incrédulité presque générale.

En France, le scepticisme était plus grand encore et il fallut l'épouvantable catastrophe de *Courrières* pour ouvrir les yeux du plus grand nombre.

Les quelques expériences qui furent faites alors, au Siège d'Expériences de Frameries, en présence d'un groupe important d'autorités judiciaires et techniques de France, parmi lesquelles des « anti-poussiéristes » de marque, et où furent reproduites, avec autant de fidélité que possible, les circonstances qui déterminèrent la dite catastrophe, furent assez concluantes pour que tous les doutes fussent écartés (1).

(1) Des détails sur ces expériences ont été donnés dans la note publiée par l'un de nous en 1908 sur *Courrières et La Boule : Examen comparatif de deux grandes explosions de poussières* (*Ann. des Mines de Belg.*, t. XIII, 3<sup>e</sup> liv., p. 785.)

Et ils le furent si bien que, depuis cette époque, aucun pays n'a peut-être des « poussiéristes » aussi convaincus.

Cette question, devenue d'un intérêt primordial pour la sécurité des mines de houille, a fait l'objet de quelques communications au Congrès, bien qu'en fait, elle ne touche que fort indirectement au domaine de la Chimie appliquée.

Ces communications furent présentées par MM. W. GALLOWAY, de Cardiff; Professeur BEDSON, de Newcastle-upon-Tyne, et Bergassessor FORSTMANN, d'Essen.

Nous allons en condenser la substance :

## NOTE DE M. W. Galloway.

« A tout seigneur tout honneur ». M. Galloway est un des premiers qui soit entré dans la lice pour combattre le combat poussiériste, et il l'a fait avec persévérance et conviction pendant de nombreuses années.

Dans sa note, d'ailleurs fort courte, il revient sur l'histoire de la question, historique maintenant bien connu et que nous croyons ainsi pouvoir nous dispenser de reproduire.

Il expose aussi comme quoi les mines deviennent plus dangereuses à ce point de vue, à mesure que les travaux s'approfondissent, pour des causes maintenant aussi bien connues.

Les mines de moins de 150 mètres de profondeur sont, dit-il, généralement humides; entre 150 et 200 mètres, elles sont humides à la saison chaude et sèches à la saison froide. Au delà de 200 mètres, elles sont sèches en toute saison et elles le sont d'autant plus que la profondeur s'accroît.

M. Galloway dit enfin quelques mots des moyens à employer pour combattre ce danger spécial, problème dont la solution est difficile entre toutes et n'a, il faut bien le dire, pas encore été donnée d'une façon pleinement satisfaisante.

Il recommande d'abord, en outre de l'emploi de lampes de sûreté (pour éviter les inflammations locales de grisou qui peuvent provoquer un embrasement des poussières), l'arrosage de la poussière jusqu'à une certaine distance des endroits où l'on mine; cette dernière précaution doit, dit-il, être prise, même quand on fait usage d'explosifs anti-grisouteux.

Il divise les précautions à prendre contre les poussières en deux groupes : les premières consistent à empêcher la formation des poussières, notamment dans les voies de transport; les dernières, à rendre celles-ci inoffensives.

Parmi les dernières, la plus simple est l'arrosage, que l'on pratique d'ailleurs actuellement dans beaucoup de mines de divers pays; toutefois ce procédé est inapplicable, dit-il, quand les terrains ont une grande tendance à se gonfler (c'est le cas de beaucoup de mines profondes de Belgique).

On a aussi proposé, ajoute-il, l'emploi de sels hygroscopiques ou de poussière de schiste :

Récemment on a indiqué, comme un moyen d'empêcher l'explosion de se propager d'un district dans un autre, le muraillement, en briques ou en béton, d'une certaine longueur de galeries (une centaine de mètres) qui serait maintenue constamment humide.

#### COMMUNICATION DE M. LE D<sup>r</sup> Ph. Bedson.

M. Ph. Bedson, professeur au *Armstrong College*, à Newcastle-upon-Tyne, est aussi un vétéran des recherches scientifiques sur l'inflammabilité des poussières de charbon. Les abonnés de la première heure des *Annales des Mines de Belgique* se rappelleront son intéressant travail, analysé par M. l'Ingénieur principal Halleux et publié dans le tome I (1896) de ce recueil, sur « les gaz occlus dans les poussières de charbon ».

Depuis lors, M. Bedson n'a cessé de poursuivre ses recherches.

Les expériences faites devant le Congrès de Londres avaient pour but la démonstration expérimentale de la différence d'inflammabilité des diverses espèces de poussières suivant leur composition chimique, notamment leur teneur en matières volatiles, leur plus ou moins de finesse, leur degré de pureté, leur degré de sécheresse, etc.

L'appareil employé était un ballon de verre dans lequel plongeait une spirale de platine où l'on faisait passer un courant électrique d'intensité variable.

Un tas de poussières était déposé, en *p* (fig. 17), dans un ajutage cylindrique. Un tube de verre, par où l'on faisait

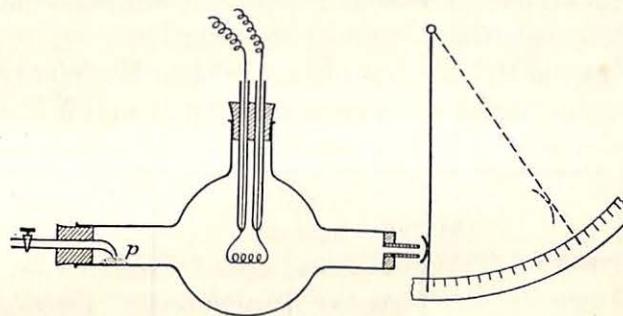


Fig. 17.

passer un courant d'air produit par un soufflet, abaissait sa pointe sur le tas de poussières et, lorsqu'on en ouvrait le robinet, chassait le tas de poussières sur la spirale de platine.

Un ajutage semblable placé du côté opposé aboutissant à une sorte de petit pendule balistique qui enregistrait la force de l'explosion. Les expériences faites devant le Congrès, à la fin d'une séance déjà fort prolongée, ont été peu nombreuses.

D'une publication du *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers*, nous extrayons quelques données intéressantes sur des expériences analogues faites quelque temps auparavant par M. Bedson.

Différentes qualités de poussières provenant de charbon frais broyé ont été enflammées dans l'appareil précité, par des courants d'intensité variable.

Ces poussières, que nous dénommerons n<sup>os</sup> 1 à 5, contenaient des matières volatiles en proportions décroissantes, les premières (n<sup>os</sup> 1) étant du lignite broyé à 45 % de matières volatiles, les autres étant des poussières de houille de plus en plus maigres.

On les a d'abord expérimentées simplement desséchées à l'air, puis desséchées artificiellement.

Le petit tableau ci-dessous indique les ampérages qui ont provoqué l'explosion.

Une colonne signale approximativement la température (en degrés centigrades) correspondante du courant.

Poussières	sans dessiccation artificielle		après dessiccation artificielle
	ampères	température	ampères
Nos 1 . . . . .	10.5	650°	9.9
2 . . . . .	11.5	690°	11.3
3 . . . . .	11.5	690°	11.3
4 . . . . .	12.5	750°	12.0
5 . . . . .	17.0	970°	14.0

Des poussières d'anthracite, de charbon de bois et de houille daloidé n'ont pu être enflammées, du moins à l'ampérage où se sont limités les essais.

M. Bedson a alors augmenté le degré d'humidité des poussières en soumettant celles-ci pendant plusieurs jours à l'air humide, ce qui a accru de 2 % environ la teneur en eau.

Dans ces conditions, l'inflammation du n<sup>o</sup> 1 a exigé 12.2 ampères, celle du n<sup>o</sup> 3, 13.5 ampères, soit une augmentation de 2 ampères environ.

Il a ensuite réduit la poussière en pâte en l'humectant d'eau et l'a laissé se dessécher.

Là encore, il a constaté que l'intensité du courant nécessaire était d'autant plus faible que la dessiccation était plus complète.

Il a aussi essayé l'effet de l'addition, aux poussières charbonneuses, de poussières incombustibles.

Faisant d'abord emploi de poussières de lignite, il a trouvé que, tandis que le nombre d'ampères nécessaires pour enflammer 1 gramme de poussières pures, était de 12.5, il fallait 13 ampères quand on ajoutait au gramme de poussières, 1 gramme de sable sec, et, dans ce cas, l'inflammation n'avait lieu que 4 fois sur 6. Quand on doublait la dose de sable, il fallait 15.5 ampères.

Avec du charbon, les résultats suivants ont été obtenus en ajoutant successivement à la poussière de charbon, du sable sec.

Nombre de grammes de sable ajoutés au gramme de poussière	Nombre d'ampères nécessaires pour l'inflammation
0	12.5
0.5	13.0
1.0	14.0
1.5	14.0 faible inflammation.
3.0	15.0 pas d'inflammation.

Quelques essais ont été effectués en ajoutant aux mêmes

poussières de charbon employées dans les dernières expériences, du charbon de bois broyé au lieu du sable.

Une addition de 1 1/2 gramme de charbon de bois a empêché l'inflammation même avec 16 ampères.

Par contre, des poussières de charbon de bois mouillées avec du pétrole, puis incomplètement desséchées, ont pu être enflammées avec un courant de 15 ampères.

Quant à la violence des explosions, elle a été trouvée, pour un même ampérage, varier dans le même sens que la facilité d'explosion.

De ces essais et de quelques autres, où notamment les poussières artificielles, produites en broyant du charbon frais, ont été comparées avec des poussières ramassées dans les voies, on tire les quelques conclusions suivantes qui concordent d'ailleurs avec ce qui résulte d'autres expériences faites en grand et des constatations faites lors des catastrophes minières :

1. L'inflammabilité des poussières charbonneuses croît avec la teneur en matières volatiles, bien que la nature de ces matières volatiles ait aussi une influence marquée ;

2. Elle décroît avec leur degré d'humidité, mais elle ne devient nulle que lorsque les poussières forment pâte et ne peuvent plus être soulevées, et elle s'accroît de nouveau au fur et à mesure que la dessiccation s'opère.

3. Elle décroît par la longue exposition à l'air ; les poussières les plus inflammables sont celles provenant du broyage du charbon fraîchement détaché ;

4. Elle décroît par le mélange avec des poussières incombustibles ;

5. Elle décroît aussi par le mélange avec des poussières combustibles mais dépourvues (ou ne contenant pas) de matières volatiles ;

6. Elle augmente avec la finesse des poussières.

## NOTE DE M. Forstmann.

M. Forstmann s'attache à justifier l'arrosage tel qu'il est employé en Allemagne.

Comme on sait, cette méthode de combattre le danger des poussières y est en usage, notamment dans les bassins de Saarbrücken et de Westphalie, d'une façon plus complète que partout ailleurs.

Nous rappellerons qu'un règlement de police promulgué le 12 juillet 1898 (1), dans l'*Oberbergamt* de Dortmund a prescrit l'installation, dans toute la mine, d'une canalisation complète, par laquelle l'arrosage devait être pratiqué : dans les tailles, par les chefs de taille eux-mêmes ; dans les galeries, par des agents spéciaux.

Pendant deux catastrophes récentes, celle de *Reden*, le 28 janvier 1907 (150 tués), et celle de *Radbod*, le 12 novembre 1908 (348 tués), survenues dans deux mines arrosées, ont jeté le doute dans beaucoup d'esprits sur l'efficacité de l'arrosage tel qu'il est pratiqué en Allemagne.

Pour démontrer que cette efficacité est réelle, M. Forstmann a recours à la statistique.

Afin de rendre les résultats de celle-ci plus nets et plus démonstratifs, il ne l'applique pas à l'entière de l'Allemagne où les conditions sont fort diverses, mais à un seul bassin, le plus important de tous, et où l'arrosage a été prescrit à une époque bien déterminée, la Westphalie.

Cette statistique est celle des explosions qui ont eu lieu dans cette région minière de 1883 à 1898, d'une part, et de 1893 à 1907, d'autre part.

Nous simplifierons un peu ce tableau en ne mentionnant que les accidents mortels et le nombre d'ouvriers tués ; les accidents non mortels et les blessures d'ouvriers sont, en effet, choses sujettes à des appréciations différentes qui enlèvent aux statistiques leur valeur comparative.

(1) Le texte de ce règlement et l'exposé des motifs ont été donnés dans les *Annales des Mines de Belgique*, t. III (1898), p. 567.

Explosions ayant occasionné la mort d'ouvriers,  
dans les mines de houille de Westphalie de 1885 à 1907.

ANNÉES	Nombre			Moyenne de tués par explosion	Proportion de tués par 10,000 ouvriers occupés
	d'explosions	d'ouvriers tués	d'explosions ayant occasionné la mort d'au moins 6 ouvriers		
1	2	3	4	5	6
1885	23	43	1	1.9	4.2
1886	19	89	1	4.7	8.8
1887	14	82	2	5.9	8.2
1888	12	18	»	1.5	1.7
1889	23	61	2	2.7	4.7
1890	27	43	1	1.6	3.4
1891	24	109	2	4.5	7.8
1892	21	48	1	2.3	3.2
1893	18	115	3	6.4	7.9
1894	10	24	1	2.4	1.6
1895	13	55	1	4.2	3.6
1896	8	35	1	4.4	2.2
1897	16	58	3	3.6	3.3
1898	10	141	3	14.1	7.3
Moyennes annuelles	17	65.8	1.6	3.9	4.8
1899	11	16	»	1.5	0.8
1900	12	18	»	1.5	0.8
1901	9	46	4	5.1	1.9
1902	1	2	»	2.0	0.1
1903	8	13	»	1.6	0.5
1904	6	8	»	1.3	0.3
1905	2	7	1	3.5	0.3
1906	3	6	»	2.0	0.2
1907	3	7	»	2.3	0.2
Moyennes annuelles	6.1	13.7	0.6	2.2	0.5

Ce tableau révèle un progrès notable d'une période à l'autre. Le nombre d'explosions a été réduit des 2/3, et le nombre des morts des 4/5; la proportion des tués par 10,000 ouvriers occupés n'a guère été, dans la deuxième période, que de 1/10 de ce qu'elle était dans la première.

A la vérité, dit M. Forstmann, tous ces résultats ne sont pas dus uniquement à l'arrosage; il faut faire entrer largement en ligne de compte: l'interdiction des lampes à feu nu et le perfectionnement des lampes de sûreté, et aussi l'introduction et l'emploi exclusif d'explosifs antigrisouteux pour l'abatage du charbon.

Mais, l'arrosage ayant notamment pour objet de réduire l'étendue des explosions, les chiffres des colonnes 4 et 5 sont spécialement intéressants à considérer sous ce rapport.

Les progrès réalisés sont d'autant plus remarquables que le danger d'explosions dans les mines westphaliennes n'a cessé de s'accroître, par suite:

1° De l'accroissement de la profondeur et de la plus grande abondance de grisou;

2° Du développement sans cesse croissant des travaux, d'où plus de grisou et plus de poussière;

3° Du plus grand nombre d'ouvriers novices employés dans l'industrie houillère.

Sans doute encore, une part du progrès est dû à l'amélioration de la ventilation; mais d'autre part, on sait que cette amélioration même a pour conséquence une production plus grande de poussières.

Dans son ensemble donc, et bien qu'il soit difficile de dégager nettement tous les facteurs intervenants, les résultats de ce tableau sont en faveur de l'efficacité de l'arrosage.

M. Forstmann ajoute que la plupart, sinon la totalité, des directeurs des mines reconnaissent les bienfaits de l'arrosage et, malgré ses inconvénients, s'opposeraient à sa suppression.

On a objecté à l'arrosage le plus grand nombre d'éboulements qu'il occasionnerait. M. Forstmann produit le tableau suivant qui répond à cette objection en montrant que les accidents par éboulements ont, au contraire, causé moins de victimes pendant la deuxième période que pendant la première.

**Accidents par éboulements dans les mines westphaliennes de 1885 à 1907.**

Années	Nombre de tués	Nombre de tués par 10,000 ouvriers occupés.
1885	117	15.5
1886	95	12.0
1887	113	14.3
1888	128	15.4
1889	117	12.8
1890	122	12.1
1891	129	11.8
1892	107	9.6
1893	129	11.2
1894	134	11.2
1895	141	11.6
1896	139	11.0
1897	117	8.5
1898	173	11.5
	Moyenne annuelle	11.7
1899	193	12.0
1900	199	11.2
1901	199	10.4
1902	202	10.6
1903	190	9.5
1904	185	8.8
1905	158	7.6
1906	214	9.9
1907	223	9.5
	Moyenne annuelle	9.8

L'auteur de la communication s'occupe des accidents de *Reden* et de *Radbod* qui, ainsi qu'il est dit plus haut, ont jeté du discrédit sur l'arrosage.

On ne peut nier qu'à Reden (1) l'arrosage ait réellement failli à sa mission; mais c'est parce qu'on a méconnu la rapidité avec laquelle, en hiver surtout, une abondante ventilation dessèche la mine, détruisant ainsi l'efficacité de l'arrosage.

L'explosion a eu lieu un lundi matin, peu après la descente des ouvriers. Il y avait donc environ 36 heures que la mine n'avait plus été arrosée.

La température extérieure était d'environ 3° C. L'air abandonnant la mine à une température de 26°, chaque mètre cube d'air enlevait 20 grammes d'eau s'il abandonnait la mine après saturation complète. Le cube total d'air, environ 2,200 m<sup>3</sup> absorbait donc par minute 44 kilogs d'eau, soit, en 36 heures, environ 95 mètres cubes. Dans ces conditions, la mine devait être absolument sèche le lundi matin.

Actuellement, il est prescrit, après les jours de chômage, d'arroser la mine avant l'arrivée du personnel.

Quant à la catastrophe de Radbod, il semble aujourd'hui avéré qu'il s'agit d'un *dégagement instantané*, du genre de ceux connus depuis longtemps en Belgique, catégorie d'accidents dont il y aurait déjà quelques exemples en Allemagne, bien qu'on croie généralement qu'ils sont inconnus dans ce pays.

Le rôle des poussières et, par conséquent, de l'arrosage, aurait donc été-ici fort secondaire.

(1) Des indications sur cette catastrophe ainsi que sur la façon dont est pratiqué l'arrosage dans quelques mines allemandes sont données dans les *Notes sur un voyage de mission dans le bassin de Saarbrücken*, publiées par MM. STASSART et BOLLE, dans le tome XII (1907) des *Annales des Mines de Belgique* (pp. 1039 et suivantes.)

L'Association des Intérêts miniers du district de Dortmund a entrepris, depuis septembre 1908, de nouvelles investigations sur la question des poussières. L'humidité des mines est relevée par un grand nombre de constatations et d'instruments enregistreurs. On relève aussi, méthodiquement, les quantités de poussières entraînées dans l'air, les effets de l'arrosage, la rapidité du dessèchement à diverses températures et suivant l'activité plus ou moins grande de l'arrosage, etc.

M. Forstmann insiste sur ce point que l'arrosage est spécialement important et efficace dans les tailles mêmes, où la production des poussières est très grande et où le courant ventilateur est relativement lent.

Il fait remarquer qu'en Allemagne, au cours des années 1885-1907, plus des 9/10 des explosions se sont produites dans les tailles.

La poussière très fine n'absorbant pas facilement l'eau directement aspergée, on a proposé, en Angleterre et en Amérique, de saturer l'air d'humidité, supposant que la poussière deviendra ainsi humide et, par conséquent, inoffensive. Ce procédé peut donner lieu à de sérieux mécomptes. D'abord, la saturation de l'air est difficile à obtenir; ensuite, l'effet utile des mineurs décroît rapidement dans un air chaud et humide; enfin, le charbon n'est nullement hygroscopique et est plutôt enclin à abandonner l'humidité qu'il contient: des essais ont démontré qu'une poussière très humide se dessèche lentement, même dans un air pratiquement saturé et animé d'une faible vitesse.

M. Forstmann signale quelques moyens proposés récemment; il fait remarquer, entre autres choses, que l'emploi de la poussière de schiste semble devoir présenter bien des difficultés et des inconvénients pratiques.

Quant aux « zones neutres », on en fait l'essai dans le district de Saarbrücken. Mais M. Forstmann déclare qu'en

tous les cas, cette mesure ne pourra être considérée que comme un complément de la méthode d'arrosage telle qu'elle est actuellement pratiquée en Allemagne, qui lui paraît, tout compte fait, la plus efficace.

Nous répéterons, de notre côté, que, dans les mines profondes, à allures tourmentées et à mauvais terrains, de Belgique, l'arrosage généralisé, et surtout la saturation de l'air de la mine, présentent plus de difficultés que partout ailleurs.

Il pourrait n'en être pas tout-à-fait ainsi pour l'arrosage local, au coupage des voies, lors du tir des mines. Dans les charbonnages du 1<sup>er</sup> arrondissement des mines, que dirige l'un de nous, une des conditions qui est toujours imposée, en cas d'autorisation de minage en dérogation du règlement, est l'arrosage sur 3 mètres de rayon autour du fourneau de mine, si des poussières existent en cet endroit.

Depuis deux ans qu'elle est appliquée, cette mesure n'a soulevé aucune objection.

Pour ce qui concerne l'emploi des poussières de schistes, nous ferons de nouveau remarquer que, si ces poussières sont mélangées ou superposées à des poussières de charbon, il se produira infailliblement, lors du soulèvement des poussières, une séparation par différence de densité, et qu'il pourra se former ainsi, tout au moins dans la partie supérieure des galeries, et nonobstant l'abondance des poussières incombustibles, une zone hautement inflammable propre à la propagation d'une explosion,

L'emploi de telles poussières semble toutefois rationnel dans les « zones neutres », qui seraient tout d'abord débarrassées complètement de poussières charbonneuses. Le nuage de poussières incombustibles qui serait soulevé en

cas d'une explosion aurait plus de chances d'arrêter, en l'étouffant, le courant embrasé, que ne le ferait une zone complètement vide, même bien humide, que le courant embrasé, entraînant avec lui abondance d'éléments combustibles, pourra parcourir et dépasser si elle n'est pas d'une très grande longueur. Cette manière de voir, semble corroborée par les résultats des quelques essais récents effectués en Angleterre dans la galerie d'Altofts.

Nous insistons sur la nécessité d'éviter à tout prix la première inflammation par l'emploi de lampes aussi sûres que possible et surtout par l'emploi d'explosifs d'un haut degré de sûreté tant vis-à-vis des poussières que vis-à-vis du grisou.

C'est pour ce motif que, concurremment aux essais que nous avons entrepris à Frameries, dans notre galerie prolongée, sur les moyens à employer pour combattre directement le danger des poussières, c'est-à-dire pour rendre celles-ci inoffensives et pour empêcher ou enrayer la propagation d'un coup de feu, essais qui nous donneront de nouveaux éléments d'appréciation, nous avons, ainsi qu'il a été exposé plus haut, activement poursuivi l'étude des explosifs, en vue de déterminer leur degré de sûreté vis-à-vis des poussières aussi bien que vis-à-vis du grisou.

L'emploi des explosifs de la liste nouvelle contribuera encore, nous en avons la conviction, à accroître la sécurité de nos mines sous le rapport des explosions.

Les résultats que nous avons obtenus en Belgique, où, pour ainsi dire, plus aucun coup de feu n'est survenu depuis l'emploi des explosifs étudiés au Siège d'Expériences de Frameries, et, en tout cas, où aucun coup de feu n'a été provoqué par ces mêmes explosifs, — on sait que l'emploi des explosifs « de sûreté » est loin d'être encore exclusif dans les mines de Belgique, — sont trop encourageants pour que nous ne persévérions pas dans la voie entreprise,

sans que, bien entendu, nous ne négligions la prise en considération d'autres mesures de sûreté qui pourraient nous être suggérées par nos propres expériences et par celles faites à l'étranger.

## CHAPITRE III

**Objets divers.**

## NOTE DE M. Barthelemy

M. Barthelemy a simplement pour but, dit-il, de faire un exposé de l'amorçage des coups de mines en France.

Au début, on se contentait de détonateurs de 0<sup>sr</sup>75 de fulminate de mercure pour faire explosionner la dynamite, et même la dynamite-gomme, ce qui avait pour conséquence de laisser des « culots ».

L'apparition des explosifs au nitrate ammonique nécessita l'usage de détonateurs plus puissants dont l'emploi s'étendit tout naturellement à la dynamite-gomme, que l'on amorça dorénavant avec des détonateurs de 1 1/2 gramme.

Le remplacement du fulminate de mercure par d'autres succédanés (fulminate chloraté, acide picrique, trinitrotoluol, etc.) eut pour effet une accentuation nouvelle de la charge des détonateurs.

C'est ainsi qu'actuellement, en France, les détonateurs généralement employés sont de 1 gramme à 1 1/2 gramme de fulminate pur ou de 2 grammes de composé fulminant. On a même été amené à penser que l'amorçage en un seul point donnait lieu à une explosion, si pas incomplète, tout au moins non instantanée, de toute la charge ; c'est cette idée qui a provoqué les recherches relatives à l'extension à l'amorçage des mines de l'emploi du cordeau détonant, utilisé depuis 1879 par le Génie militaire.

Le cordeau détonant se compose d'un explosif à grande vitesse de détonation, contenu dans un tube métallique. Son emploi dans les mines a produit un double résultat : suppression des culots et rendement plus élevé de la charge. Dans quelques premières expériences qui devront être complétées, cette augmentation du rendement a été évaluée à 20 %.

Ces effets s'expliquent aisément, ajoute le conférencier, puisque l'ébranlement moléculaire qui provoque la détonation ne se produit plus en un seul point, mais bien tout le long de la charge.

Un autre résultat intéressant est que ce mode d'amorçage paraît augmenter la sûreté du minage dans les atmosphères grisouteuses et poussiéreuses, en raison de ce fait que la détonation complète supprime toutes projections de matières incandescentes.

Le cordeau, actuellement employé dans certains charbonnages du Nord de la France, se compose d'un tube de plomb, de 6 millimètres de diamètre extérieur, rempli de trinitrotoluol comprimé à une densité de 1.4 environ (1). Il nécessite l'emploi de cartouches présentant un trou central. Pour éviter cet inconvénient, on fabrique maintenant un cordeau plat dont l'âme explosive est constituée soit de méthylaniline, soit de nitroguanidine, soit d'un mélange de ces deux substances.

La détonation du cordeau peut-elle enflammer le grisou ? C'est là, ajoute M. Barthélémy, une question qui est à l'étude ; la sûreté dépend probablement de l'épaisseur du tube métallique.

Nous rappellerons au sujet de la sûreté du cordeau détonant, que M. Lheur, ingénieur des Poudres et Salpêtres, est

(1) Quelques indications sur ce procédé ont été données, aux pages 217 à 220 du tome XIV des *Annales des Mines de Belgique*, dans le mémoire de MM. WATTEYNE ET BREYRE sur les *Accidents dus à l'emploi des Explosifs*.

venu procéder, avec nous, à quelques essais sur ses cordons détonants au Siège d'expériences de Frameries.

Nous avons constaté que les cordons de 4 millimètres de diamètre extérieur n'enflammaient pas des mélanges d'air et de grisou au maximum d'inflammabilité, soit à 8 % de méthane ; mais, par contre, les cordons de plus fort diamètre, 6 et 8 millimètres, produisaient l'inflammation de ce mélange.

M. Barthelemy termine en signalant deux problèmes dont la solution n'a pas été donnée jusqu'à présent, solution qui deviendrait moins urgente si l'emploi du cordon se généralisait :

1° La détonation se transmet moins bien dans un explosif comprimé que dans le même produit à l'état pulvérulent ;

2° L'emploi de détonateurs trop forts, à 3 grammes de charge par exemple, donne lieu à des ratés et à des détonations incomplètes, c'est-à-dire produit les mêmes effets que ceux donnés par l'usage de détonateurs trop faibles.

La loi du maximum de charge fulminante ne paraît pas s'appliquer à l'amorçage par le cordon, ce qui s'explique par ce fait que, avec l'amorçage sur toute la longueur de la charge, la quantité de fulminate qui se trouve en un point quelconque est inférieure à la charge-limite qui serait concentrée au même point dans le cas d'amorçage au détonateur.

#### NOTE DE M. Hauser.

M. Hauser présente au Congrès un *grisoumètre* de son invention, réalisant une disposition ingénieuse dans le but de supprimer l'usage de support, de tube en caoutchouc et de permettre l'emploi d'un bain d'eau sans inconvénient.

Dans ce *grisoumètre* analyseur, on mesure la réduction de volume produite par la combustion du grisou, à égalité de pression. La caractéristique de l'appareil est le dispo-

sitif employé pour ramener l'égalité de pression, après combustion.

L'appareil (fig. 18 et 19), qui est construit entièrement en verre, consiste en une chambre *A*, reliée à un tube aspirateur *B* et à un tube *C* gradué en pourcentage du volume de la chambre *A*.

Des robinets sont disposés en 1, 2, 3.

Le tube aspirateur *B* porte une subdivision identique en longueur à celle du tube *C*.

Ceci étant, on remplit l'appareil du gaz à analyser puis on ferme 1 et 3. On le place ensuite dans la cuve à eau, on ouvre le robinet 3 et on enfonce plus ou moins le grisoumètre jusqu'à ce que l'eau de la cuve affleure à la même division à l'extérieur du tube supérieur *B*, que celle jusqu'où l'eau monte dans l'intérieur du tube inférieur *C*.

La pression du gaz, confiné dans le réservoir, est égale à la pression atmosphérique plus la hauteur d'eau comprise entre les mêmes divisions, 6 et 6 par exemple, des deux tubes. Ceux-ci ayant une graduation identique en longueur, il en ressort que la hauteur comprise entre deux divisions de même numérotage est constante.

On peut donc toujours ramener facilement un gaz quelconque, renfermé dans le réservoir, à une pression constante, la pression atmosphérique étant considérée comme invariable; il suffit d'enfoncer l'appareil dans la cuve jusqu'à obtenir l'égalité de numérotage pour le niveau supérieur de l'eau dans la cuve et pour le niveau de contact du gaz et de l'eau dans le tube inférieur.

Revenons en à la suite des opérations. L'égalité de niveau dans les deux tubes ayant été réalisée, on ferme le robinet 2 sous l'eau au moyen d'une tige en verre. On procède à la combustion du grisou en portant au blanc par le courant électrique le fil de platine qui traverse le réservoir *A*, servant de chambre de combustion. On hâte le refroidissement

dissement du gaz en renouvelant l'eau en contact avec le réservoir par insufflation d'air dans l'eau du bain. Quand le refroidissement est suffisant, on ouvre le robinet 2 ; par suite de la réduction de volume, le liquide monte dans le tube inférieur ; on enfonce graduellement le grisoumètre dans la cuve jusqu'à réaliser l'égalité des divisions correspondantes du niveau de l'eau de la cuve et du niveau de contact du gaz et de l'eau dans le tube inférieur.

Le gaz, après combustion, se trouve ainsi ramené à la pression initiale avant combustion ; il suffit de lire sur le tube C, la réduction de volume.

Les caractéristiques de l'appareil employé par M. Hauser sont : volume du réservoir 50 centimètres cubes ; division du tube inférieur en 1/10 de centimètre cube, longueur du tube inférieur correspondant à 6 centimètres cubes ; diamètre du fil de platine, 2/10 de millimètre ; temps de la combustion : 30 contacts d'une durée d'une seconde pour des mélanges en dessous de 1 %, 60 contacts pour des mélanges jusque 4 % ; temps de refroidissement, 5 minutes.

Enfin, on peut corriger l'effet d'une variation de la température du bain ou encore d'une variation de la pression atmosphérique, survenue au cours de l'expérience, en enfonçant plus ou moins le grisoumètre dans l'eau de la cuve.

M. Hauser se sert de préférence dans ce but d'une petite échelle mobile qui coulisse sur le tuyau supérieur, échelle analogue à celle qu'il emploie dans ses burettes pour analyser du gaz.

M. Hauser termine en citant quelques chiffres d'analyses comparatives, effectuées avec son appareil et avec d'autres grisoumètres, qui établissent que le premier donne des résultats aussi exacts que ceux obtenus avec des dispositifs plus compliqués.

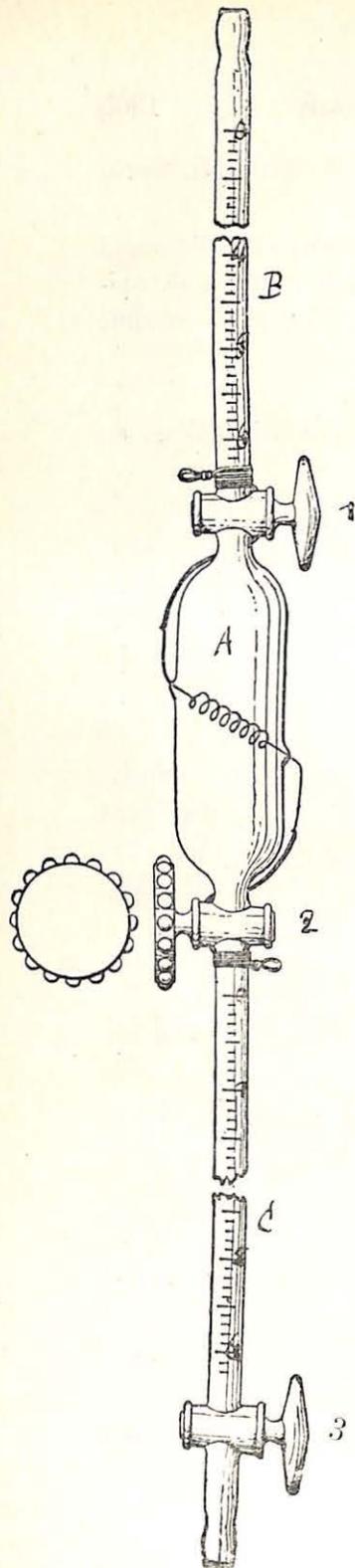


Fig. 18.

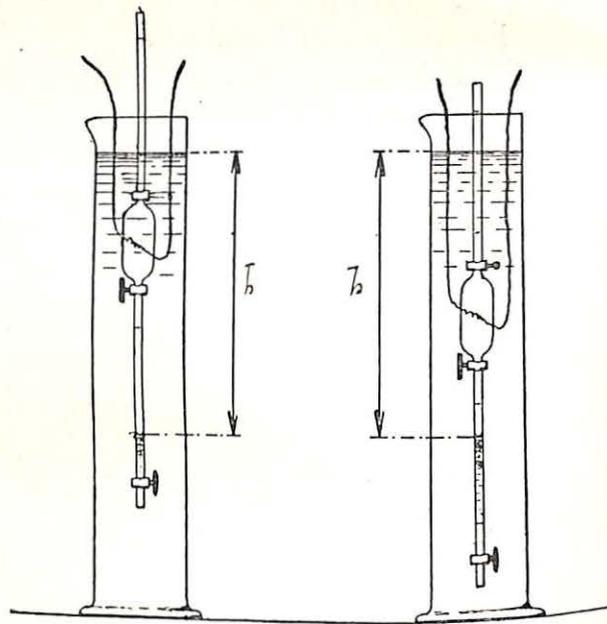


Fig. 19.

## CHAPITRE IV

**L'unification  
des méthodes d'épreuves sur la  
stabilité des explosifs.**

Dans ses séances du 27 et du 28 avril 1906, la section III B (explosifs), du VI<sup>e</sup> Congrès international de chimie appliquée, tenu à Rome, en 1906, a reconnu l'opportunité d'unifier les méthodes d'épreuves sur la stabilité des explosifs, et a nommé une Commission internationale (1) chargée d'étudier cette question et de présenter au Congrès suivant un rapport destiné à servir de base à cette unification.

Dans sa séance plénière du 3 mai 1906, le Congrès a

(1) On été désignés pour faire partie de cette Commission :  
 Pour l'Allemagne : MM. Professeur W. WILL, à Berlin; Professeur H.-F. LENZE, à Charlottenburg; Professeur F. HEISE, à Bochum; Directeur général C.-E. BICHEL, à Hambourg;  
 Pour l'Espagne : M. M. JACQUÉ, à Bilbao;  
 Pour la France : M. L. BARTHELEMY, à Paris;  
 Pour la Grande-Bretagne : MM. L.-O. LUNDHOLM, à Stevenson, et Professeur W.-F. REID, à Addlestone;  
 Pour l'Italie : MM. Colonel G. VITALI, à Rome, et Professeur G. SPICA, à Venise;  
 Pour les Pays-Bas : M. le Capitaine GEY VAN PITTIUS, à Amsterdam;  
 Pour la Russie : M. Professeur SAPOJNIKOFF, à Saint-Petersbourg;  
 Pour la Belgique : MM. Inspecteur général des mines V. WATTEYNE, à Bruxelles, et Ingénieur en chef Directeur des mines S. STASSART, à Mons.  
 MM. WATTEYNE et STASSART ont été nommés respectivement Président et Secrétaire de la Commission.

ratifié la décision de la section III B, dans les termes suivants :

» Le VI<sup>e</sup> Congrès international de chimie appliquée, » tenu à Rome, en 1906, reconnaît la nécessité de voir » unifier les méthodes d'épreuves sur la stabilité mécanique et chimique des explosifs, et ratifie la nomination » d'une Commission spéciale pour étudier cette question et » présenter un rapport au prochain Congrès. »

Pour donner suite au vœu du Congrès, nous avons, séance tenante à Rome même, adopté le programme suivant :

En premier lieu, nous enquérir des méthodes existantes dans les divers pays et les faire connaître aux membres de la Commission.

Recueillir ensuite les propositions de MM. les membres de la Commission sur la ou les méthodes qu'il conviendrait d'adopter, soit que quelque méthode existante soit préconisée, soit que de nouveaux procédés soient proposés.

Enfin, chercher à provoquer l'entente sur un système unique.

Pour assurer la réalisation de la première partie du programme, nous avons adressé une circulaire à MM. les membres de la Commission en les priant de faire connaître quelles sont les épreuves en usage dans leurs pays respectifs.

Les réponses à cette circulaire, jointes à d'autres renseignements que nous nous sommes procurés par d'autres voies, ont fait l'objet d'un premier rapport daté du 25 mars 1908 que nous avons distribué à MM. les membres de la Commission et à toutes les personnes susceptibles d'intervenir utilement dans l'étude dont il s'agit.

Par de nouvelles circulaires nous avons alors demandé à MM. les membres de la Commission de nous faire connaître leurs propositions justifiées sur les méthodes que,

selon eux, il conviendrait d'adopter uniformément dans les divers pays.

Ces avis, qui font l'objet d'un deuxième rapport, devaient servir de base à des discussions finales et à une entente définitive, si toutefois celle-ci était réalisable, au Congrès de Londres.

Mais des circonstances se sont présentées qui ont retardé cette entente finale :

Dans l'intervalle des deux Congrès, le Gouvernement allemand a mis à l'étude cette même question des épreuves à faire subir aux explosifs pour l'admission de ceux-ci au transport, et, précisément, parmi les personnes chargées de cette étude étaient deux de nos collègues, MM. les professeurs Will et Lenze.

Ces études se sont prolongées presque jusqu'à l'époque du Congrès de Londres. Elles ont abouti à tout un programme d'épreuves à faire subir aux explosifs de diverses catégories.

Ce programme ou plutôt ce règlement, fruit de recherches approfondies et soigneusement élaboré, était à prendre en considération par notre Commission et il a paru à celle-ci qu'il y avait lieu d'attendre que ce règlement eut été appliqué en Allemagne pendant un certain nombre de mois, en vue d'en reconnaître les avantages et les inconvénients. Après une telle expérience, la Commission internationale disposant ainsi de nouveaux et importants éléments d'appréciation, pourrait se prononcer en meilleure connaissance de cause.

Dans ces conditions, la Commission ne pouvait que proposer au Congrès la prorogation de sa mission jusqu'au prochain Congrès.

C'est ce qui a été décidé, en séance de la Section des explosifs d'abord, et ensuite, en séance plénière du Congrès le 2 juin 1909.

Dans le présent compte-rendu, nous exposerons successivement les trois phases des travaux de la commission : d'abord, la description des méthodes en usage dans divers pays ; ensuite, les diverses appréciations et nos propres conclusions qui ont fait l'objet du deuxième rapport, et enfin les travaux de la Commission allemande, exposés au Congrès par MM. Will et Lenze ; et nous donnerons, en annexe, la traduction de la partie du règlement allemand qui traite des épreuves dont il s'agit.

PREMIÈRE PARTIE. — Méthodes d'épreuves en usage.

GRANDE-BRETAGNE

a) ÉPREUVES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES (1).

Les explosifs sont divisés en sept classes comme suit :

- Classe 1 : Poudre noire ;
- » 2 Mélanges à base de nitrates ;
  - » 3 Composés nitrés ;
  - » 4 Mélanges chloratés ;
  - » 5 Fulminates ;
  - » 6 Munitions ;
  - » 7 Artifices.

Les épreuves que tout nouvel explosif doit subir avant d'être placé, par le Ministère de l'Intérieur, sur la liste des « Explosifs autorisés » sont faites par le D<sup>r</sup> Dupré, chimiste attaché au dit département.

Voici quelles sont les épreuves d'ordre physique, d'après des notes que M. Dupré a fournies à M. Lundholm :

Les principales propriétés examinées peuvent être classées sous trois titres :

1. Sensibilité au choc direct ;

(1) D'après M. LUNDHOLM.

- 2. Sensibilité au choc et à la friction simultanés;
- 3. Température d'ignition.

Les propriétés ci-dessus mentionnées sont examinées pour toutes les classes d'explosifs; les épreuves qui se font pour certaines classes spéciales d'explosifs, seront décrites plus tard.

#### 1. *Sensibilité au choc direct.*

Cette épreuve se fait toujours entre des surfaces d'acier.

On étend une petite quantité déterminée de l'explosif sur une enclume d'acier dur, très lourde, de façon à couvrir un cercle de 1.27 centimètre (1/2 pouce) de diamètre. Là-dessus on place un petit cylindre d'acier durci, de 1.27 centimètre de diamètre et de 1.27 centimètre de hauteur. On laisse alors tomber de diverses hauteurs une boule d'acier sur le cylindre, afin de déterminer la hauteur minimum de chute nécessaire pour causer une explosion. On fait des expériences préliminaires afin de fixer la position exacte du cylindre de façon à ce qu'il soit frappé au centre par la boule dans sa chute.

La boule est suspendue à un électro-aimant et on la détache en coupant le circuit; le bout de l'aimant est sphérique de façon à assurer la chute de la boule du même point.

Le poids de l'enclume dont on se sert à présent est d'environ 91 kilog. (200 lbs). Les deux boules dont on se sert pèsent, l'une 227 grammes (1/2 lb) et l'autre 454 grammes (lb).

Jusqu'à présent il n'a été dressé aucun tableau des sensibilités relatives, car les causes de différences dans les résultats sont très nombreuses, mais on compare les nouveaux explosifs, dans des conditions aussi semblables que possible, avec des explosifs employés pour les mêmes buts, et que l'expérience a prouvé être suffisamment sûrs. Si ces échan-

tillons, pendant les épreuves, se montrent notablement plus sensibles que ces derniers, on ne les recommande pas pour l'autorisation.

On doit prendre le plus grand soin de tenir l'enclume et le cylindre scrupuleusement propres, car la moindre trace de matières étrangères, par exemple un résidu de l'épreuve précédente, pourrait affecter sérieusement la sensibilité de l'explosif qu'on essaie.

Il en est ainsi, entre autres, pour l'acide picrique, dont la sensibilité s'accroît énormément par la présence de la moindre particule de plomb.

La présence de matières oxydantes a aussi un effet considérable.

Le chlorate de potasse peut être essayé par le procédé ci-dessus; l'échantillon est alors enveloppé de papier d'étain.

#### 2. *Sensibilité au choc et à la friction simultanés.*

On étend une petite quantité de l'explosif sur une grosse table de pierre, puis on le frappe avec un maillet, en prenant soin de frapper en biais; de cette façon l'explosif est soumis à l'effet combiné du choc et de la friction. On se sert de deux espèces de maillets, l'un de peau verte et l'autre de bois de hêtre. Ces deux maillets sont semblables à ceux dont se servent les sculpteurs sur bois. Le maillet de peau pèse environ 341 grammes (12 onces), celui en bois environ 327 grammes (11 1/2 onces). Le maillet de peau est celui qui agit le plus efficacement, spécialement sur les explosifs au chlorate. Si l'échantillon fait explosion de cette façon, on emploie un manche à balai au lieu des maillets. On tient le manche à balai sur la pierre suivant un angle d'environ 60°, on donne le coup avec le bout, en prenant soin que le mouvement du baton soit dans la direction de son axe. Si l'échantillon fait explosion de cette façon,

on répète les expériences, en remplaçant la table de pierre par une en bois dur, et, finalement, si c'est nécessaire, par une en bois tendre. Si un explosif, autre que ceux qu'on emploie pour les capsules, détonateurs, etc., explosionne, même partiellement, sur du bois tendre, on le considère comme trop sensible et on ne le recommande pas pour l'autorisation.

Il va sans dire que les maillets, le manche à balai, et les tables sur lesquelles on frappe, doivent être rigoureusement propres.

### 3. *Température d'ignition.*

On chauffe à une flamme le bout d'une barre de cuivre d'environ 33 centimètres (13 pouces) de longueur et de 1.87 centimètre (3/4 pouce) carré, jusqu'à ce que la température à chaque section de la barre soit permanente.

On met alors des petites quantités de poudre noire excessivement fine sur différents points de la barre, puis on presse la poudre doucement avec une spatule, jusqu'à ce qu'on trouve le point le plus éloigné de la flamme où la poudre fait explosion.

On détermine un point semblable pour le fulmicoton, de la même manière.

On traite alors de la même façon l'explosif à essayer, puis on compare sa température d'ignition avec celles du fulmicoton et de la poudre.

Si, dans ces conditions, la température est sensiblement plus basse que celle du fulmicoton, on trouve la température exacte d'ignition en chauffant l'explosif dans des tubes en fer, plongés dans un alliage fusible, ou dans un bain d'huile, et, si cette température était beaucoup plus basse que celle du fulmicoton, on prendrait en considération l'usage auquel l'explosif est destiné, avant de le recommander ou non pour l'autorisation.

## Épreuves appliquées aux classes spéciales d'explosifs.

### Explosifs au chlorate.

L'expérience a prouvé que la sensibilité des explosifs au chlorate a une tendance à augmenter pendant l'emmagasinage. Pour cela on les soumet toujours aux épreuves suivantes en outre de celles déjà décrites.

On étend deux parcelles en couches minces dans des assiettes plates et on expose un des échantillons alternativement à une température de 60° C., pendant 6 heures, puis à une température de 20° C., pendant 18 heures; on répète cette manœuvre environ 50 fois. On expose l'autre parcelle tantôt à de l'air humide, tantôt à de l'air sec, à une température d'environ 60° C., environ 25 fois de suite. On soumet ensuite les deux parcelles aux épreuves décrites au chapitre 2 et, si on découvre la moindre augmentation de sensibilité, même si cette sensibilité est au-dessous de la limite mentionnée ci-dessus, l'explosif n'est pas considéré comme sûr et on ne le recommande pas pour l'autorisation.

### Explosifs à la nitroglycérine gélatinisée.

On coupe la cartouche qu'on est en train d'éprouver de façon à ce qu'il reste un cylindre d'une longueur à peu près égale à son diamètre; les deux bouts doivent être coupés ras. On place le cylindre debout sur une surface plate, sans enveloppe, et, si c'est nécessaire, on l'assujettit au moyen d'une épingle qui passe verticalement par le centre. On expose alors le cylindre, dans cette position, à une température entre 29.4° C. et 35° C. (85° F. et 95° F.), pendant 144 heures de suite. Pendant cette exposition, le cylindre ne doit pas diminuer de plus du quart de sa hauteur, la surface supérieure doit rester plate et le bord demeurer à arrête vive.

On expose l'explosif trois fois de suite, tantôt au gel, tantôt au dégel; dans ces conditions, il ne doit se détacher

de la masse aucune substance d'une consistance inférieure à celle de la plus grande partie de ce qui reste de la matière.

Si l'explosif ne peut pas résister à ces épreuves, on ne le recommande pas pour l'autorisation.

Si l'explosif résiste à ces épreuves, on l'expose à l'air humide, à des températures ordinaires, pendant quelques semaines, pour voir si, dans ces circonstances, il se manifeste quelque tendance à la séparation de la nitroglycérine. Si l'explosif montre une tendance à cette séparation, on recommande de le mettre dans des enveloppes imperméables.

#### Explosifs à la nitroglycérine non gélatinisée.

Les explosifs du genre des carbonites sont soumis aux épreuves suivantes : On place quatre cartouches debout, deux à des températures ordinaires et deux à 90 ou 95° F. (32 à 35° C.), pendant quelques semaines, en mettant une cartouche de chaque paire dans de l'air sec, et l'autre dans de l'air humide. On analyse le haut et le bas de chaque cartouche au commencement et à la fin de l'expérience, pour voir si la nitroglycérine tend à se rassembler à la partie inférieure. Si les échantillons secs montrent cette tendance, l'explosif n'est pas considéré comme sûr et on ne le recommande pas pour l'autorisation. Si cependant les échantillons secs ne manifestent pas cette tendance, tandis que les échantillons humides le font, on considère l'explosif comme sûr en ce qui concerne son caractère physique, mais on recommande de le mettre dans des enveloppes imperméables.

#### b) ÉPREUVES CHIMIQUES.

L'ordonnance du 5 août 1875, pris en exécution de la loi du 14 juin 1875, sur les substances explosives, contient

des instructions très détaillées sur les essais à faire subir aux différentes classes d'explosifs pour s'assurer de leur stabilité chimique.

Nous croyons utile de donner le texte complet de ce qui concerne les composés nitrés.

#### I. — Instructions générales.

##### Matériel nécessaire.

1) Un bain-marie se composant d'un ballon de verre, ou d'un vase de cuivre d'environ 8 pouces (0<sup>m</sup>20) de diamètre et ayant une ouverture d'environ 0<sup>m</sup>12.

L'appareil est rempli d'eau jusqu'environ 1/4 de pouce (6 <sup>m</sup>/<sub>m</sub>) de son bord et muni d'un couvercle en cuivre d'environ 0<sup>m</sup>15.

Le bain-marie repose sur un trépied d'environ 14 pouces (0<sup>m</sup>35) de haut, lequel est recouvert d'une toile métallique grossière, entourée d'un cercle d'étain ou de cuivre.

Sous le trépied, on place un brûleur à gaz d'Argand, supportant un verre cylindrique.

Le couvercle est percé de quatre ouvertures : l'orifice n° 4 reçoit le régulateur, le n° 3 le thermomètre, les n° 1 et 2 les tubes à essais contenant le fulmi-coton, ou les autres substances.

Autour des ouvertures 1 et 2 sont soudés trois fils de laiton dont les extrémités sont légèrement recourbées en dedans et qui sont destinés à maintenir les tubes dans une position verticale.

2) Un régulateur de Scheibler ou de Page.

3) Deux piles Leclanché n° 1.

4) Quelques mètres de fil de cuivre isolé, pour le cas où l'on emploie le régulateur de Scheibler.

5) Des tubes à essais de 5 pouces 1/4 à 5 pouces 1/2 (0<sup>m</sup>12 à 0<sup>m</sup>13) de longueur et d'un diamètre assez grand pour qu'ils puissent contenir de 20 à 22 centimètres cubes d'eau lorsqu'ils sont remplis jusqu'à une hauteur de 0<sup>m</sup>125.

6) Des bouchons en caoutchouc, pouvant s'adapter sur les tubes à essais. Ces bouchons sont percés d'un trou où l'on introduit une baguette de verre effilé, en forme de crochet, ou bien terminé par un petit crochet en platine, servant à suspendre le papier à essais.

7) Un thermomètre marquant depuis 30° F., jusqu'à 212° (0 à 100° C.).

8) Une montre à secondes.

NOTE. — Les appareils n<sup>os</sup> 2, 3 et 4 ne sont pas absolument nécessaires, vu que la température du bain-marie peut être maintenue constante en réglant avec soin la flamme du bec de gaz.

*Papier à essai.* — 45 grains (2<sup>gr</sup>91) d'amidon blanc de maïs, préalablement lavés avec de l'eau froide, sont additionnés de 8 onces 1/2 (264 1/2 cm<sup>3</sup>) d'eau distillée. La mixture est chauffée à l'ébullition pendant 10 minutes.

D'autre part, on dissout 15 grains (0<sup>gr</sup>97) d'iodure de potassium pur (recristallisé dans l'alcool) dans 8 1/2 onces (264 1/2 cm<sup>3</sup>) d'eau distillée. On réunit les deux solutions en les agitant jusqu'à refroidissement. On trempe alors dans cette solution, des bandes ou des feuilles de papier à filtrer anglais blanc que l'on a eu soin de laver à l'eau distillée et de sécher. L'immersion ne doit pas durer moins de 10 secondes. On met égoutter et sécher le papier à l'abri de la poussière et des vapeurs du laboratoire. On coupe les bords du papier et on enferme celui-ci dans des flacons fermant hermétiquement. Ce papier doit être conservé dans l'obscurité. Les dimensions des languettes sont d'à peu près 4/10 de pouces sur 8/10 (10 × 20<sup>m</sup>/m).

NOTE. — Lorsque le papier est fraîchement préparé et aussi longtemps qu'il reste dans de bonnes conditions, une goutte d'acide acétique diluée, mise sur le papier à l'aide d'une baguette de verre, ne doit produire aucune coloration. Au bout d'un certain temps pourtant, si le papier a été

exposé à la lumière, une goutte d'acide produit aussitôt une coloration brune ou bleuâtre (une heure d'exposition au soleil suffit pour cet effet). Dans ce cas, le papier doit être rejeté. Il vaut mieux le préparer par petites quantités, mensuelles, par exemple.

*Papier coloré type.* — On prépare une solution de caramel dans l'eau; cette solution doit être assez concentrée pour que, lorsqu'elle est diluée cent fois (10 cm<sup>3</sup> dans un litre), sa coloration soit égale à la teinte obtenue par l'essai de Nessler dans 100 centimètres cubes d'eau contenant 0<sup>gr</sup>000.075 de NH<sup>3</sup> ou 0<sup>gr</sup>000.235.05 de AmCl. — L'eau distillée doit subir l'essai de Nessler, car elle peut contenir NH<sup>3</sup>.

Avec cette solution de caramel, on trace, à l'aide d'une plume d'oie bien propre, des lignes sur du papier à filtrer blanc. Quand les lignes sont sèches, on coupe des languettes de la dimension indiquée pour le papier à essai et de façon à ce que chaque lame de papier ait une ligne tracée en travers dans le milieu de sa longueur. On ne conserve que les languettes portant des lignes brunes ayant une largeur variant de 1/2 à 1<sup>m</sup>/m.

NOTE. — Le papier doit être soigneusement lavé à l'eau pure, afin d'enlever toute substance ayant servi au blanchiment, puis séché.

## II. — Essais des dynamites.

Les préparations de nitroglycérine, desquelles celle-ci peut être retirée de la manière ci-dessous, doivent satisfaire à l'essai suivant, sans quoi elles ne sauraient être considérées comme fabriquées avec de la nitroglycérine absolument pure, selon les termes de la licence (Loi ou Brevet).

Cet essai, toutefois, regardé comme le plus important pour le moment, à l'effet de définir l'expression « absolument pure », peut être modifié ou supprimé au gré du Ministre de la Guerre, si celui-ci le juge nécessaire.

a) APPAREILS REQUIS. — Un entonnoir de 2 pouces (0<sup>m</sup>05) de diamètre et une mesure cylindrique, divisée en grains.

b) MANIÈRE D'OPÉRER. — On divise finement 300 à 400 grains (20 à 26 gr.) de dynamite que l'on introduit dans l'entonnoir dont on a eu soin de garnir la partie inférieure avec une certaine quantité d'amiante fraîchement calcinée. On égalise la surface à l'aide d'une baguette ou d'un bouchon de verre et l'on recouvre la dynamite d'une petite couche de kieselguhr lavée et séchée, d'une épaisseur de 1/8 de pouce anglais (0<sup>m</sup>31).

On verse sur le kieselguhr de l'eau par très petites quantités. A mesure de l'absorption, on ajoute une nouvelle quantité et l'on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait recueilli une quantité suffisante de nitroglycérine dans la mesure graduée. S'il était passé un peu d'eau en même temps que la nitroglycérine, il faudrait l'enlever à l'aide du papier buvard et, au besoin, filtrer la nitroglycérine sur un filtre bien sec.

c) APPLICATION DE L'ESSAI. — On introduit le thermomètre par l'ouverture du couvercle du bain-marie (qui doit être maintenu à une température constante de 160° F. (71° C.), à une profondeur de 2 3/4 pouces (6<sup>cm</sup>3). On pèse dans un tube à essais 50 grains (3<sup>gr</sup>24) de la nitroglycérine à essayer, en ayant bien soin de ne pas souiller les côtés du tube. Il vaut mieux mesurer que peser. On suspend au crochet de la baguette de verre un morceau de papier à essais, en le plaçant verticalement. A l'aide d'un pinceau, on mouille la partie supérieure du papier d'une mixture faite d'une quantité égale d'eau distillée et de glycérine. On introduit alors le bouchon supportant le papier, en ayant soin de le fixer de façon à ce que la partie supérieure du papier arrive à peu près à la moitié du tube. Ce dernier est alors introduit dans un des trous du couvercle jusqu'à ce

que la portion mouillée se trouve à environ 5/8 de pouce (1<sup>cm</sup>6) de la surface du couvercle.

L'essai est complet lorsque la petite ligne brune qui, au bout d'un certain temps fait son apparition à la limite, entre la partie sèche et la partie mouillée du papier, atteint la teinte brune du papier *coloré type*. Dans les termes de la licence, la nitroglycérine ne peut être considérée comme « absolument pure » si le temps nécessaire pour arriver à la coloration voulue n'est d'au moins 15 minutes.

### III. — Essai de la gélatine explosive et des préparations analogues

On mélange intimement 50 grains (3<sup>gr</sup>24) de gélatine, avec 100 grains (6<sup>gr</sup>48) de craie française (talc), ce qui se fait facilement en mélangeant soigneusement les deux substances dans un mortier en bois avec une spatule en bois ou en corne. On introduit peu à peu ce mélange dans un tube à essai ayant les dimensions prescrites plus haut, en ayant soin de tasser le mélange en frappant doucement le tube sur une table, de telle sorte que toute la substance introduite dans le tube le remplisse jusqu'à 1 pouce 3/4 de sa hauteur (4<sup>cm</sup>5).

On introduit alors le papier à essais et on soumet à la chaleur, comme il a été dit plus haut. L'échantillon doit rester exposé à la chaleur de 160° F. (71° C.), pendant 10 minutes, avant que la coloration du papier corresponde à la teinte du papier type cité plus haut.

M. LUNDHOLM nous a encore remis la note complémentaire suivante :

Les épreuves chimiques de stabilité peuvent être classées en quatre catégories :

1. Tendance à la décomposition d'un ou plusieurs des ingrédients d'un explosif ;

- 2. Tendance aux réactions mutuelles entre deux ou plusieurs ingrédients d'un explosif ;
- 3. Tendance à l'oxydation d'un ou de plusieurs des ingrédients ;
- 4. Examen des matières colorantes.

#### 1. — Décomposition.

Tous les échantillons contenant des éthers nitriques appartiennent à cette catégorie.

On coupe l'explosif en petits morceaux et on le met dans deux petites bouteilles à bouchon rodé, avec un morceau de papier tournesol bleu. L'air d'une des bouteilles doit être sec, et celui de l'autre, saturé d'eau. On garde les deux bouteilles, pendant six semaines, à une température de 90 à 95° F. (32 à 35° C.). L'épreuve de chaleur est faite au commencement et à la fin de cet essai et si aucun des échantillons ne change pendant ce temps, l'explosif est considéré comme suffisamment stable. Si l'échantillon de la bouteille saturée ne montre que des traces de détériorations pas trop accentuées, l'échantillon est recommandé pour l'autorisation, à la condition de le mettre dans des enveloppes imperméables. Lorsque le papier tournesol blanchit, c'est un signe de détérioration sérieuse. S'il y a détérioration sérieuse dans la bouteille sèche, on ne recommande pas l'explosif pour l'autorisation, mais s'il n'y a qu'une petite détérioration, on réchauffe les échantillons et s'il n'y a pas d'autre changement, l'explosif est considéré comme suffisamment stable ; si la détérioration continue, l'échantillon est condamné.

#### 2. — Réaction chimique mutuelle.

Les explosifs qui contiennent des matières facilement oxydantes, telles que les huiles végétales ou de fines poudres métalliques, sont essayés avec soin pour voir s'ils montrent, à cause de cette oxydation, une tendance au

surchauffage spontané. On se sert des méthodes suivantes :

On met une petite quantité d'explosif dans une éprouvette avec double enveloppe et vide : on y met un thermomètre et on remplit le haut avec de l'ouate. On tient alors le tube pendant quelque temps à une température constante connue. S'il y a surchauffage spontané, la température du thermomètre intérieur devient plus élevée que celle du thermomètre extérieur. On répète l'expérience à différentes températures et s'il se montre quelque tendance de surchauffage spontané à des températures modérées, et si cette tendance augmente avec les températures, l'explosif n'est pas recommandé pour l'autorisation.

#### 3. — Oxydation.

On se rend compte de la tendance à l'oxydation avec absorption consécutive d'oxygène, de la façon suivante :

On met un peu de l'explosif dans une bouteille dont l'air est remplacé par de l'oxygène et cette bouteille est reliée à un manomètre de simple construction. On tient la bouteille à une température constante, et l'absorption d'oxygène est indiquée par la diminution de pression dans la bouteille. On effectue aussi cette expérience à différentes températures et les résultats obtenus sont comparés avec ceux d'expériences antérieures.

En certains cas, il est préférable, au lieu de faire l'essai sur l'explosif fini, d'opérer directement sur l'ingrédient soupçonné.

#### 4. — Matières colorantes.

On mélange la teinture avec de l'eau et on la chauffe au bain-marie, pendant quelques heures, en ajoutant de l'eau quand c'est nécessaire ; on essaie alors la solution pour voir s'il y a une tendance à la production d'acide pendant le traitement ; toute tendance de ce genre exclut l'emploi de cette matière pour les explosifs.

On fait aussi l'épreuve suivante :

On prend un échantillon de fulmi-coton et on le soumet à l'épreuve de chaleur. On teint alors le coton avec la matière en question, en employant une solution beaucoup plus forte que celle dont on se sert d'ordinaire, puis on soumet de nouveau à l'épreuve de chaleur la partie teinte, après l'avoir séchée.

Si ce traitement cause une diminution certaine de l'épreuve de chaleur, la substance est considérée comme ne pouvant pas servir au but voulu. Dans certains cas, on garde le coton dans une bouteille à bouchon rodé, à une température élevée, ainsi que cela a déjà été décrit, et on étudie ses propriétés de conservation.

#### FRANCE (1).

##### a) ÉPREUVES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES.

C'est, dans ce pays, la *Commission des substances explosives* qui est chargée de l'étude de toutes les questions concernant les explosifs : sécurité, transport, réglementation, impôt, etc.

Cette Commission étudie les questions, qu'elle doit résoudre par tous les procédés en son pouvoir, sans qu'aucun d'eux lui soit plus spécialement imposé.

Les questions chimiques sont généralement étudiées au *Laboratoire central des poudres et salpêtres*, dirigé par M. P. Vieille, et les autres questions le sont à la station d'essais que la Commission des Substances explosives possède à la Poudrerie nationale de Sevran-Livry. Les rapports de la Commission des Substances explosives sont publiés partiellement dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, et ces extraits indiquent, d'une façon générale, la nature des épreuves auxquelles ont été soumis les explosifs.

(1) D'après la note de M. BARTHELEMY.

Les essais le plus généralement effectués sont les suivants :

- 1° Essais de vitesse de combustion à l'air libre;
- 2° Essais de détonation par choc;
- 3° Essais de combustion dans la bombe;
- 4° Essais de détonation à l'air libre sur cylindres de plomb;
- 5° Essais de détonation sous faible bourrage (blocs d'Abel);
- 6° Essais de détonation en trous de mine;
- 7° Essais de conservation sous les diverses influences de la combustion, du chauffage, du refroidissement.

C'est à la suite de ces épreuves et d'autres, variées, qui peuvent différer selon les circonstances et la nature de l'explosif, que la Commission prend des conclusions qui sont notifiées à qui de droit.

L'identité des produits fabriqués par l'industrie privée avec les types admis par la Commission des Substances explosives est assurée par la surveillance des agents des poudres et salpêtres, détachés dans les établissements industriels.

M. Barthelemy rappelle que le règlement du 12 novembre 1897 pour le transport par chemin de fer des matières dangereuses définit officiellement les explosifs de sûreté de la façon suivante :

« Art. 69. Les explosifs de sûreté sont ceux qui ne présentent pas de danger d'explosion en masse par la combustion ou par le choc et peuvent être assimilés au point de vue des transports aux matières simplement inflammables ».

Dans cette catégorie sont seulement compris, en France, les explosifs Favier et le coton-poudre humide renfermant au moins 26 % d'eau.

Tous les autres explosifs usités en France : Poudres

de guerre, de mine ou de chasse, mélinite, crésylite, acide picrique, dynamites, cheddites, ainsi que les détonateurs, sont classés dans la première catégorie des matières dangereuses.

b) ÉPREUVES CHIMIQUES.

Les nitrocelluloses sont soumises notamment à l'essai d'alcalinité et à l'épreuve de chaleur.

L'essai d'alcalinité nécessite l'usage de trois liqueurs : la liqueur acide type, comportant 20 centimètres cube d'acide chlorhydrique à 21° Baumé, étendu d'eau jusqu'au volume de 1 litre; la liqueur alcaline type, comprenant 21<sup>gr</sup>2 de carbonate de soude anhydre dissous dans l'eau jusqu'au total de 1 litre; la liqueur de virage contenant 0<sup>gr</sup>2 de tropéoline, dissous dans 100 centimètres cubes d'alcool pur, passant du jaune au rouge sous l'action des acides.

On opère sur 2 grammes de coton poudre que l'on traite par 10 centimètres cubes de liqueur acide; on décante, on lave soigneusement, sans que le volume total  $V$  de la liqueur et des eaux de lavage dépasse 500 centimètres cubes.

On prend de nouveau 10 centimètres cubes de la liqueur acide que l'on étend d'eau jusqu'à avoir un même volume  $V$  de liqueur témoin. On verse dans la liqueur témoin et dans la liqueur de traitement un même volume de liqueur de virage.

On détermine ensuite les volumes  $V'$  et  $V''$  centimètres cubes de la solution alcaline nécessaire pour neutraliser ces deux liqueurs; ( $V' - V''$ ) centimètres cubes expriment en grammes le poids du carbonate de chaux contenu dans 100 grammes de nitrocellulose, c'est-à-dire le pourcentage d'alcalinité. Ce nombre doit être compris entre 2 et 4.

L'épreuve de chaleur (test d'Abel) n'est autre que l'essai en usage en Angleterre.

Les appareils sont les mêmes et la préparation du papier d'épreuve s'opère de la même façon (3 grammes d'amidon blanc dans 250 centimètres cubes d'eau et 1 gramme d'iode de potassium dans 250 centimètres cubes d'eau).

L'échantillon est préalablement séché à l'étuve à environ 65°, puis exposé à l'air, de façon à absorber une légère humidité. La durée du séjour à l'air varie avec le degré hygrométrique de l'atmosphère; l'échantillon est bien conditionné quand il se forme sur les parois du tube d'épreuve, et 5 à 6 minutes au plus après l'immersion dans le bain-marie, une légère buée qui se maintiendra jusqu'à la fin de l'essai sans se résoudre en gouttelettes.

On prélève 1<sup>gr</sup>3 de l'échantillon qu'on tasse légèrement dans le tube d'épreuve, puis on ferme celui-ci avec un bouchon plein. L'eau du bain-marie étant comprise entre  $66 \pm 1/2^\circ$  C., le tube y est plongé sur 5 ou 6 centimètres de hauteur.

On applique à la partie supérieure de la bandelette de papier d'épreuve, préalablement fixé au crochet de la tige en verre, une goutte d'eau distillée, contenant 1/10 de glycérine pure, de façon à mouiller seulement la moitié supérieure du papier.

Le bouchon plein est remplacé par celui portant la baguette, et le papier d'épreuve est maintenu aussi près que possible du haut du tube, jusqu'à ce que le tube d'épreuve ait subi 5 à 6 minutes d'immersion. Après ce temps, un anneau de vapeur d'eau se dépose sur le tube d'épreuve un peu au dessus du couvercle du bain; on doit alors abaisser la baguette jusqu'à ce que la limite inférieure de la partie mouillée du papier soit au niveau du bas de l'anneau humide du tube.

On observe alors le papier. L'épreuve est terminée quand une très faible coloration brune fait son apparition sur la ligne de démarcation, entre la partie sèche et la partie mouillée du papier.

L'intervalle de temps entre le moment où l'on plonge dans l'eau à 65° le tube contenant l'échantillon, et le moment où se produit la coloration brune, doit être au minimum de dix minutes.

L'épreuve de Vieille sert aussi à apprécier la valeur des nitrocelluloses.

On place 10 gr. de l'échantillon dans un tube de verre, en même temps qu'une bande de papier bleu de tournesol. Le tube est bouché hermétiquement et chauffé dans une étuve à 110°; on note le temps au bout duquel le papier passe au rouge; on enlève le flacon de l'étuve et on l'ouvre.

On renouvelle l'opération le lendemain en se servant d'un flacon propre et d'un nouveau papier. On continue ainsi la série des essais jusqu'à ce que le temps nécessaire pour obtenir le rougissement soit inférieur à 1 heure. Les temps successifs sont additionnés et le total ne doit pas être inférieur à un chiffre donné, variable suivant l'épaisseur de la poudre.

Pour les explosifs contenant de la nitroglycérine, on sépare celle-ci, ainsi qu'il a été dit précédemment et on la soumet à l'épreuve de chaleur dans les conditions qui viennent d'être décrites. La température du bain étant de 65° ± 1/2°, le brunissement du papier d'épreuve ne doit pas apparaître avant 20 minutes.

#### PAYS-BAS (1).

##### a) ÉPREUVES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES.

Les explosifs sont divisés en poudres noires, poudres sans fumée (nitro-celluloses), dynamites et explosifs de sûreté pour mines.

Il n'y a pas d'épreuves spéciales pour permettre l'emmagasinage et le transport des *poudres noires*.

(1) D'après M. GEY VAN PITTIUS.

Les épreuves, prescrites pour les *poudres sans fumée*, sont d'ordre chimique; elles seront exposées plus loin.

Les *dynamites* ne sont pas fabriquées dans les Pays-Bas, et ne passent le territoire qu'en transit, sauf une petite quantité pour les mines et pour la destruction des bateaux échoués.

Elles ne sont pas soumises à des essais spéciaux, mais elles sont refusées si la nitroglycérine se trouve à l'état libre dans les caisses.

Les *explosifs de sûreté* pour mines ne sont pas, non plus, fabriqués dans les Pays-Bas; ils sont introduits de l'étranger, principalement pour le transit et un peu pour les mines du pays. Le transport se fait surtout par chemin de fer; le Gouvernement fait connaître les types qui sont admis au transport. Celui-ci donne alors lieu à peu de formalités. Seulement, avant que l'autorisation ne soit accordée, les qualités des explosifs doivent être examinées. A cet effet, leur résistance à l'égard des réactions mécaniques et calorifiques est vérifiée par les épreuves suivantes, faites par comparaison avec des explosifs connus, tels que la bellite, la poudre Favier, l'acide picrique, etc.

1<sup>re</sup> ÉPREUVE. — Avec le *marteau-pilon*. Le marteau que l'on emploie pèse 1<sup>kg</sup>8 et peut tomber d'une hauteur de 0<sup>m</sup>92; l'explosif se trouve dans une feuille d'étain.

2<sup>me</sup> ÉPREUVE. — Avec un marteau sur une *enclume*.

3<sup>me</sup> ÉPREUVE. — En jetant l'explosif sur une plaque de *platine, chauffée* par un bec Bunsen et dans une *éprouvette chauffée* de la même manière.

4<sup>me</sup> ÉPREUVE. — En employant des *capsules de fulminate de mercure* de différentes charges (généralement de 0<sup>g</sup>5, 1<sup>g</sup>, 1<sup>g</sup>5 et 2 grammes). L'explosif à examiner est pris non comprimé ou comprimé sous différentes pressions.

5<sup>me</sup> ÉPREUVE. — En employant un *bûcher*. L'explosif, en quantité d'environ 10 kilogrammes, est mis dans une caisse de bois de sapin, contenant une caisse intérieure de

fer blanc, qui est soudée hermétiquement. La caisse, contenant l'explosif, est placée sur le bûcher, qui est allumé après avoir été arrosé de pétrole. Pendant l'opération, on constate si l'explosif brûle lentement ou s'il brûle avec des phénomènes explosifs.

b) ÉPREUVES CHIMIQUES.

1. — Poudres et nitrocelluloses.

*Poudres noires.* — Il n'y a pas d'épreuves spéciales pour permettre l'emmagasinage et le transport.

*Poudres sans fumée.* — L'emmagasinage est seulement permis, quand la poudre est suffisamment stable; pour le transport il n'y a pas d'examen spécial. La stabilité est établie par les épreuves suivantes :

1<sup>re</sup> ÉPREUVE. — *Coloration du papier d'amidon à l'iodure de zinc : chauffage à 80° C.* (armée et marine). — Par cette épreuve connue, on examine la nitrocellulose (pour la fabrication de la poudre et pour les torpilles), les poudres de chasse sans fumée et les poudres de guerre gélatinées en employant des quantités respectives de 1<sup>re</sup> 3, 4 et 7 grammes; le papier ne doit pas présenter de coloration, respectivement avant 20, 5 et 10 minutes.

*Observation.* — Cette épreuve est seulement employée pour constater si la poudre n'est pas en décomposition et si une quantité suffisante de sublimé a été mise dans la nitrocellulose, afin d'empêcher la moisissure (pour le coton-poudre comprimé dans les torpilles, etc.). L'acheteur ne peut pas faire usage de cette épreuve pour constater la bonne qualité de la nitrocellulose ou de la poudre, c'est-à-dire la résistance contre la décomposition, parce que l'addition de très petites quantités de sublimé ou d'autres matières peut cacher la réaction ou la retarder.

On n'a pas voulu défendre toute addition de matières insensibilisantes, parce que certaines de celles-ci sont susceptibles d'augmenter la stabilité des produits.

2<sup>me</sup> ÉPREUVE. — *Décomposition par le chauffage :*

*Méthode de l'armée.* — L'explosif est placé dans un tube de verre (diamètre 18 m/m; hauteur 55 m/m), fermé par un bouchon rodé. Ce tube est placé avec d'autres dans une étuve à double paroi, couverte d'amiante, dans laquelle on maintient une température entre 94 et 96° C. Après un délai de 8 heures (par jour), on retire les tubes et on examine la couleur de l'atmosphère dans les tubes au-dessus de la poudre, en plaçant derrière le tube un papier blanc. Aussitôt que l'on aperçoit une vapeur jaunâtre ou plus foncée, on conclut que la décomposition est commencée. Quand on ne constate rien, ou en cas de doute, on prolonge l'épreuve.

*Méthode de la marine.* — L'explosif est placé dans une éprouvette à verre épais, fermée par un bouchon rodé. L'éprouvette se trouve dans un bain d'huile chauffé à une température variable avec la nature de l'explosif. Le chauffage se fait aussi pendant 8 heures par jour et on constate le commencement de la décomposition de la même matière.

Les conditions se trouvent dans le tableau suivant :

EXPLOSIFS	Labora- toire	Température	Quantité	Durée moyenne prescrite en période de 8 heures par jour
Nitrocellulose . . . . .	armée	94- 96° C.	Gramm. 2.5	5 jours
Idem . . . . .	marine	99-101° C.	2.5	3 —
Poudre gélatinée à base de nitrocellulose. . . . .	armée	94- 96° C.	10.0	9 —
Idem . . . . .	marine	99-101° C.	10.0	3 —
Poudre non gélatinée à base de nitrocellulose. . . . .	armée	94- 96° C.	4.0	9 —
Idem. . . . .	marine	99-101° C.	2.5	3 —
Poudre à base de nitroglycérine et de nitrocellulose . . . . .	armée	94- 96° C.	10.0	3 —
Idem. . . . .	marine	94- 96° C.	10.0	4 —

3<sup>me</sup> ÉPREUVE. — *Décomposition par le chauffage à 135° C.* (marine et armée). — Une quantité de 2<sup>gr</sup>5 de poudre à base de nitrocellulose gélatinée, ou de 1 gramme de poudre à la même base non gélatinée, ou de poudre de chasse, est mise dans une éprouvette de verre épais diamètre : 16 millimètres ; longueur : 320 millimètres), laquelle est placée dans un bain d'huile, maintenu à une température de 135° C. L'éprouvette est bien fermée par un bouchon de liège (armée) ou par un bouchon rodé (marine). La poudre ne doit pas s'enflammer avant un séjour non interrompu de 8 heures dans le susdit bain. Cette épreuve n'est pas en usage pour la nitrocellulose, ni pour les poudres contenant de la nitroglycérine.

4<sup>me</sup> ÉPREUVE. — *Décomposition par le chauffage à 130-132° C.* — Cette épreuve, dite de *Spandau*, est en usage dans la marine. Deux grammes de nitrocellulose sont chauffés pendant 2 heures dans l'appareil en verre (décrit dans le *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1904, p. 982). Après le refroidissement, l'appareil est rempli jusqu'à 50 centimètres cubes, le contenu est filtré, et dans 25 centimètres cubes du dit contenu filtré on introduit 1 centimètre cube de solution de permanganate de potasse semi-normale. Dans ces 25 centimètres cubes, on dose l'oxyde d'azote, lequel ne doit pas dépasser 2<sup>cm</sup>5 réduit à 0° C. et à 760 millimètres de pression.

5<sup>me</sup> ÉPREUVE. — *Point d'inflammation.* — Une quantité de 5 centigrammes (armée) ou de 10 centigrammes (marine) de poudre ou de nitrocellulose, mise dans une éprouvette et placée dans un bain d'huile à 100° C., dont la température s'élève de 5° C. par minute, ne doit pas s'enflammer au-dessous de 165° C. (marine) ou de 170° C. (armée), pour la poudre à base de nitroglycérine, de 170° C. pour la poudre à base de nitrocellulose et de chasse (marine et armée), et de 180° C. pour la nitrocellulose (marine).

*Observation.* — Pour estimer le degré de stabilité de la poudre et de la nitrocellulose, les épreuves 2, 3 et 4 sont de la plus grande importance, les additions à l'explosif ne pouvant masquer la réaction.

## 2. — Autres explosifs.

*Dynamites.* — Les dynamites ne sont pas fabriquées dans les Pays-Bas et ne passent le territoire qu'en transit, sauf une petite quantité, dont on se sert pour les mines et pour la destruction des vaisseaux échoués.

Les dynamites ne sont pas mises à l'épreuve, seulement elles sont refusées pour le transport, si la nitroglycérine se trouve à l'état libre dans les caisses.

## ALLEMAGNE (1).

Il n'y a en Allemagne aucune prescription officielle concernant l'épreuve de stabilité des explosifs (2).

Le transport, l'emmagasinage, l'emploi, la vente, etc., sont autorisés pour certains explosifs spécifiés (tels la poudre, la dynamite, la gélatine-dynamite, etc.).

Le nombre de ces explosifs ne varie guère depuis un assez grand nombre d'années ; ce sont, pour la plupart, des explosifs anciens, sinon surannés.

Quant aux autres explosifs, ils n'entrent dans le commerce que s'ils sont admis au transport par chemin de fer.

Les prescriptions, relatives à l'admission au transport par chemin de fer, sont contenues dans le règlement du 26 octobre 1899. Mais il ne s'y trouve aucune indication sur les épreuves de stabilité.

Une distinction y est cependant faite entre les divers explosifs sous le rapport du danger de manipulation.

(1) D'après M. HEISE.

(2) Il s'agit de la situation avant la promulgation du nouveau règlement.

Les explosifs sont essentiellement divisés en deux classes :

A la première, appartiennent notamment les dynamites et les explosifs analogues parmi lesquels les explosifs anti-grisouteux à la nitroglycérine. Tous ces explosifs sont soumis, sous le rapport de leur emballage et de leur chargement, à des prescriptions sévères ; en général, ils peuvent être transportés, non comme colis isolés, mais seulement par wagons entiers.

A la deuxième classe appartiennent les explosifs au nitrate ammonique.

Ces derniers ne sont soumis qu'à des prescriptions peu sévères ; ils peuvent notamment être expédiés par colis isolés.

Avant qu'un explosif puisse être admis au transport sous ce régime, ce que décide le Conseil (*Bundesrat*) de l'Empire, le fabricant doit faire la preuve que l'explosif est capable de résister aux chocs, pressions, frottement, etc., et aussi aux hautes températures.

Comme les épreuves à faire subir ne sont pas spécifiées, le fabricant s'adresse à un chimiste assermenté ou à un autre technicien dont la compétence est reconnue, et le charge des essais nécessaires pour l'admission au transport.

Ce chimiste procède à ces essais comme il l'entend et le Conseil fédéral statue d'après son rapport.

Les essais les plus fréquents sont les suivants :

a) ÉPREUVES CONTRE LES ACTIONS MÉCANIQUES.

1° Au moyen du marteau-pilon. — Le poids du mouton varie de quelques grammes à 100 kilogrammes ; la hauteur de chute atteint jusque 3 mètres.

Les échantillons sont, tantôt des tranches minces d'explosifs, tantôt des cartouches entières.

Les appareils modernes avec des moutons légers, de

faibles hauteurs de chute et de petites quantités d'explosifs ne sont encore que peu en usage ;

2° Par le tir. — Le tir a lieu au moyen d'une arme de guerre, contre une cartouche isolée ou contre un paquet entier ;

3° Par le frottement. — Cette opération, quand elle a lieu en petit, consiste dans la trituration, dans un mortier de porcelaine, d'une petite quantité d'explosif, mélangé ou non avec du sable quartzueux. En grand, elle consiste à placer l'explosif en mélange avec du sable, des pierres ou des morceaux de verre, sur les rails et à faire passer au-dessus un lourd wagon.

b) ÉPREUVES DE TEMPÉRATURE.

1° Projections de petites quantités d'explosifs dans la flamme d'un bec Bunsen ;

2° Échauffement de petites quantités dans une capsule de fer ou de platine, placée sur un bec Bunsen ;

3° Projection d'une certaine quantité d'explosif sur une tôle de fer chauffée au rouge ;

4° Échauffement lent sur une tôle ;

5° Projection de morceaux de cartouches dans un feu de forge.

Cet exposé montre qu'il n'existe, en fait, pas de méthode précise et déterminée.

C'est seulement dans un cas, et encore ne s'agit-il pas à proprement parler d'explosifs, que les épreuves sont bien déterminées.

Dans le règlement des chemins de fer, mentionné ci-dessus, sont indiquées nominativement les substances dont le transport est permis sous certaines conditions.

On n'a pu évidemment prévoir tous les cas.

L'industrie chimique est venue alors présenter au commerce, des substances, telles que le trinitrotoluol et

d'autres analogues qui pouvaient être considérées comme des explosifs, mais qui n'avaient pas été prévues dans le règlement.

Pour régler les conditions de transport de ces substances, on a ajouté au règlement un appendice spécial.

Dans cet appendice, il est prévu que de tels produits chimiques, susceptibles de faire explosion, ne sont admis au transport qu'après des épreuves faites, sur substance sèche, par un chimiste assermenté. La matière ne doit pas se montrer plus dangereuse que l'acide picrique pris comme point de comparaison.

Ces épreuves sont les suivantes :

a) Un demi-gramme de substance est enfermé dans une feuille d'étain et placé sur un bloc de laiton établi sur un soubassement en pierre.

Sur cette prise d'essai on pose une tige de fer à arête tranchante, avec une surface de choc d'un centimètre carré, et l'on frappe sur cette tige cinq forts coups d'un marteau en fer de 1 kilogramme.

On recommence cet essai cinq fois;

b) 2 1/2 grammes sont placés dans une capsule de fer et échauffés à au moins 200° C., puis portés à l'inflammation par une flamme;

c) Un demi-gramme de la substance est projeté sur une tôle de platine portée au rouge;

d) 3 grammes sont introduits dans une éprouvette en verre; on met le feu à la substance en y introduisant une mèche enflammée de poudre noire.

## ESPAGNE (1).

### ÉPREUVES CHIMIQUES.

#### I. — Explosifs de mines

Le monopole de la fabrication des explosifs a été concédé en Espagne à la *Union Española de explosivos*. Cette Société a le plus grand intérêt à éviter les accidents qui pourraient provenir d'une fabrication défectueuse ou d'un maniement (2) inconsidéré des produits qu'elle livre aux mineurs et à l'État.

Tout d'abord on attache la plus grande importance à la rectification des glycérides et à la bonne qualité des cotons employés dans la fabrication, à la pureté des nitrates divers, des charbons, etc.

La nitroglycérine employée est parfaitement lavée et neutralisée soigneusement après le lavage à la soude; elle doit résister 15 minutes à l'épreuve d'Abel (3) à 72°. Les nitrocelluloses ne sont pas admises si elles ne donnent pas plus de 10 minutes à 80° à la même épreuve; de plus, elles ne doivent pas donner de vapeurs rouges sensibles avant 30 minutes; leur résistance au test Vieille à 110°, (avec papier Eimer et Amend) est d'environ 25 à 30 heures. Dans le cours de la fabrication, on vérifie, par le procédé d'Obermüller, la régularité suffisante de la décomposition

(1) D'après M. JACQUÉ.

(2) Les transports se font autant que faire se peut par mer dans un navire de la Société, spécialement aménagé pour ce service. Les règlements de transport par voie ferrée sont analogues aux règlements belges; autant que possible, on envoie la dynamite par trains spéciaux.

(3) L'épreuve d'Abel, telle qu'on la pratique en Espagne, est décrite dans la note relative aux cotons et aux poudres; pour les dynamites, on suit à la lettre le règlement anglais; mais on emploie un papier très sensible au chloroiodure de zinc.

et on s'assure, par des pesées à intervalles réguliers de 2 à 3 grammes de nitrocellulose chauffée à 140°, que le produit est très voisin d'un type de stabilité bien connue établi une fois pour toute.

Les nitrocelluloses employées pour les gommes et les gélatinisations, doivent donner une gomme longue, élastique et compacte dans la proportion de 94.5 de nitroglycérine pour 5.5 de collodion. Cet essai, abandonné sans encartouchage dans une atmosphère humide pendant huit jours, ne doit pas présenter de traces d'exsudation.

Les dynamites et les gommes diverses, dont on fait une grande consommation, sont examinées régulièrement toutes les semaines; on s'assure qu'il n'y a aucune tendance à l'exsudation; d'ailleurs, pour éviter ce danger, le plus grave qui puisse se présenter pour les manipulations ultérieures, on ne met en fabrication continue que des lots dont un essai industriel a été fait un mois auparavant (1).

De plus, on s'arrange pour que les magasins contenant les explosifs employés dans les diverses régions soient renouvelés aussi fréquemment que possible; en d'autres termes, pour que les explosifs soient consommés au fur et à mesure de leur arrivée dans les dépôts. Cette tâche est d'ailleurs facilitée par la grande consommation qui se fait dans les régions minières.

Pour les mines grisouteuses, on a préféré jusqu'ici les explosifs des types grisoutines, carbonites et permonites aux diverses « nitramites » (dérivés nitrés de la série aromatique avec nitrate d'ammoniaque). Ces dernières donnent quelquefois lieu à des ratés de détonation *si justement* redoutés des mineurs; ceux-ci exigent des explosifs qui

(1) Malgré une fabrication intense de plus de 3,000 tonnes de nitroglycérine et de 100 à 150 tonnes de nitrocelluloses par an, il y a près de quinze ans que l'on n'a pas eu à déplorer d'accidents sérieux.

partent franchement et ne nécessitent pas de détonateurs spéciaux.

Il est nécessaire, pour assurer la stabilité et la bonne conservation de ce genre de produits, d'attacher la plus grande importance à l'encartouchage et au paraffinage. Au bout d'un certain temps, ces explosifs tendent à devenir acides, surtout si les matières employées ne sont pas parfaitement sèches au moment de l'encartouchage.

Etant donnée la faible proportion de nitroglycérine et de collodion qui entre dans ces mélanges, il est fort improbable que ce développement d'acidité présente le moindre danger. Dans tous les cas, les épreuves habituelles sont bientôt diminuées et il vaut mieux ne fabriquer ce genre d'explosifs qu'au fur et à mesure des demandes, qui sont peu abondantes.

Nous sommes arrivés d'ailleurs dans ces derniers temps à fabriquer des explosifs à base de nitrate de soude et de dérivés oxydés des nitronaphtalines qui, tout en restant bien sensibles aux capsules n° 5, supportent des épreuves de choc et d'inflammation qui permettent de les considérer comme des explosifs de *sécurité* pour le transport et l'emmagasinage.

Mais il ne faut pas se dissimuler que le mineur de ce pays, accoutumé depuis longtemps à des types de dynamites qu'il connaît bien, est peu porté à changer en quoi que ce soit ses vieilles habitudes.

## II. — Cotons-poudres, collodions et poudres de guerre et de chasse.

Les règlements espagnols sont actuellement en voie de transformation. L'épreuve d'Abel (à 80°), avec papier au chloroiodure de zinc, à laquelle on attribuait une importance exagérée, est encore en vigueur; mais c'est cependant

l'épreuve de résistance à des températures *variables suivant la nature du produit* qui tend à prendre le premier rang dans les épreuves de réception des celluloses nitrées diverses et des poudres de guerre et de chasse.

Avec juste raison, les commissions de réception ont le devoir de vérifier l'état des matières premières qui entrent dans la composition ou qui servent d'auxiliaires dans la fabrication des poudres et explosifs destinés au service de l'Etat. Elles peuvent inspecter à toute heure les ateliers, séchoirs, magasins, etc., utilisés pour la fabrication et s'assurer que celle-ci est correctement menée. (Art. I et II du règlement d'inspection, 1007). Les matières premières employées doivent être, autant que possible, de fabrication espagnole ; elles doivent répondre aux exigences de pureté exigées par les règlements (art. 14). — En particulier, il est interdit d'employer le séchage direct du coton pour la fabrication des poudres ; la déshydratation doit se faire par des lavages à l'alcool, et le dissolvant de la poudre doit être enlevé par des lavages à l'eau à une température comprise entre 50° et 60°. Le séchage doit se faire à aussi basse température que possible et cette dernière ne doit pas dépasser 60° sous aucun prétexte.

Les règlements relatifs à la pureté des acides, de la cellulose hydrophile, des éthers, alcools, etc., sont très précis : on a tenu compte de l'importance qu'il y a, pour la stabilité des produits fabriqués, de ne pas introduire, dès l'origine, des impuretés dont l'élimination est toujours incomplète. — On exige que les nitrocelluloses soient finement pulpées, et, pour qu'elles soient admises à la fabrication des poudres ou des explosifs, le refus de la nitrocellulose sèche passée au tamis de 0.8 <sup>m</sup>/<sub>m</sub>, examiné sur la platine d'un microscope muni d'un oculaire micrométrique, ne doit donner *aucune* fibre dépassant un millimètre.

Voici quels sont les conditions d'admission et de vérification des cotons-poudres (*Real orden du 7 mars 1906*) :

ART. 1, 2, 3, 4. — Ces articles déterminent quels sont les services de la flotte qui doivent procéder à l'examen des produits, les formalités en cas douteux, les époques régulières des épreuves (15 mars, 15 juin, 15 septembre, 15 décembre) et enfin les règles d'enregistrement de ces épreuves.

ART. 5. — Quelle que soit la nature des enveloppes qui contiennent le coton-poudre, on les ouvrira toutes et on prendra les échantillons avec tous les soins de propreté possibles, les uns au centre, les autres à la superficie et au fond, de façon que chaque 100 kilogrammes d'explosif soit représenté par 1 gramme environ ; on réunit au fur et à mesure ces petites quantités dans un flacon de verre, bouché, de façon à faire au moins 25 grammes d'échantillon pour les épreuves de stabilité chimique.

On prendra au hasard les disques, les cylindres, les carreaux que l'on jugera nécessaires pour les autres épreuves.

ART. 6, 7, 8. — Ces articles ont trait à l'examen des conditions physiques, défauts d'homogénéité, état des enveloppes, humidité insuffisante, etc.

ART. 9. — Epreuve Abel, dite *Prueba de acidez*.

On séchera le coton à l'étuve, sur un papier filtre ; après quoi on le tamisera en prenant les soins voulus pour qu'il ne soit souillé par aucune matière étrangère ; le séchage se fera entre 45 et 50° et durera le temps nécessaire pour que le poids ne varie plus entre deux pesées effectuées à 4 heures d'intervalle. On entourera ensuite le produit d'un papier filtre et on l'abandonnera à l'air libre pendant 24 heures. Après s'être lavé les mains avec une eau légèrement alcaline, puis à l'eau distillée, l'opérateur les séchera soigneusement avant de faire passer la nitrocellulose au tamis d'un 1/2 millimètre. Après tamisage, le produit sera gardé dans un flacon bien propre et sec.

ART. 10. — Le papier d'épreuves sera *exclusivement* fourni par le Comité d'artillerie.

Il se prépare de la manière suivante : on dissout 5 grammes d'amidon pur et 20 grammes de Zn Cl<sup>2</sup> cristallisé, soigneusement purifié, dans 100 grammes d'eau distillée bouillante ; on maintient la

dissolution à l'ébullition tranquille, en remplaçant fréquemment l'eau évaporée, jusqu'à ce que les pellicules d'amidon aient complètement disparu; on ajoute alors 2 grammes d'iodure de zinc pur, sec, et parfaitement incolore; après solution, on étend d'eau distillée et on laisse refroidir; on amène la solution à 1 litre et on laisse reposer dans l'obscurité pendant 24 heures. Les feuilles de papier à filtrer, soigneusement lavées à l'eau distillée à plusieurs reprises, sont suspendues dans un séchoir à basse température (35 à 40°) en présence de  $\text{Ca Cl}^2$  et loin des vapeurs et des poussières des laboratoires et des usines. Le liquide clair sensibilisateur, reposé, est décanté dans une cuvette photographique et on a soin de ne pas verser les portions gélatineuses qui se trouvent au fond du flacon.

Ceci fait, on introduit dans la cuvette une feuille de papier préparé comme il a été dit et on fait osciller le liquide de manière qu'il ne reste aucune bulle d'air adhérente au papier; de cette façon l'imprégnation de chloroiodure d'amidon se fait régulièrement en 20 ou 30 secondes et on peut procéder à l'immersion d'une nouvelle feuille et ainsi de suite *l'une après l'autre*. Les feuillets retirés avec des pinces en ivoire au fur et à mesure de leur imbibition sont mis à sécher dans la chambre obscure, où on les suspend verticalement avec des crochets de verre. Une fois secs, on enlève les bords des feuillets et on les découpe, avec des ciseaux qui ne servent qu'à cet usage, aux dimensions de  $6 \text{ m/m} \times 20 \text{ m/m}$ . On conserve les papiers réactifs à l'abri de l'humidité et de la lumière, dans des flacons noirs bouchés à l'éméri et on admet qu'ils sont utilisables pendant trois mois au bout de huit jours de fabrication (1).

ART. 11, 12, 13, 14. — Décrivent la disposition classique du bain-marie, du régulateur de température, des tubes de 16 centimètres de haut et 16 millimètres de diamètre, du thermomètre, dont le réservoir doit se trouver à 50 millimètres du fond du bain-marie.

ART. 15. — On pèse quatre échantillons de 1 gramme chacun, et à cet effet on se sert de deux morceaux de papier glacé, de poids égaux; une fois la pesée effectuée, on enroule longitudinalement le papier qui contient le coton-poudre, de façon à ce que le cylindre ainsi formé ait un diamètre un peu inférieur à celui du tube à essai; on l'introduit dans ce dernier et on fait glisser le coton en donnant des petits coups

(1) Les papiers réactifs ainsi préparés sont encore plus sensibles que les nouveaux papiers anglais.

secs sur une rondelle de caoutchouc; de cette façon les poussières de coton ne restent pas adhérentes aux parois du tube.

ART. 16. — Cet article a trait aux petits crochets de verre qui, traversant le bouchon (renouvelé pour chaque épreuve), doivent maintenir le papier à la hauteur voulue. — Les dimensions du papier sont 20 millimètres de long sur 6 de large. On ne devra le toucher qu'avec des pinces *ad hoc*.

ART. 17. — Préparation de la liqueur glycérineuse: 10 grammes d'eau distillée par gramme de glycérine blanche pure.

ART. 18 et 19. — Ils ont trait à la manière de chauffer le bain-marie, de mouiller le bord inférieur du papier. Ce dernier ne devra pas toucher aux parois du tube et devra se trouver à 6 millimètres de la surface du coton.

ART. 20. — Cet article détermine la position des tubes dans le bain-marie, leur extrémité devant se trouver à 50 millimètres du fond; la température doit être maintenue à  $80^\circ \pm 1$ . Les papiers du Comité d'artillerie, au chloroiodure de zinc amidonné, sont très sensibles et la trace est bien nette.

ART. 21. — L'explosif est considéré comme excellent si la trace bleue ne se manifeste qu'après une heure au moins d'immersion; il est utilisable (*de servicio*), si la durée de l'épreuve dépasse 30 minutes, de consommation immédiate si la durée, sans atteindre les 30 minutes, dépasse 10 minutes. Enfin, l'explosif ne peut être utilisé si l'épreuve dure moins de 10 minutes.

ART. 22, 23, et 24. — Ces articles indiquent qu'il ne faudrait pas cependant se hâter de juger définitivement le produit par une seule épreuve; il faut d'ailleurs la répéter tant que l'on a des doutes et malgré tout, recourir à l'épreuve de stabilité avant de se prononcer. Cependant, dans le cas où l'épreuve ne dure pas 10 minutes, le produit doit toujours être rejeté.

#### Epreuve de stabilité (à 135°)

ART. 25. — Recommandations de propreté au sujet de cette épreuve, qui est considérée comme la plus importante.

ART. 26. — Le récipient métallique est en cuivre d'un demi-millimètre d'épaisseur; c'est un cylindre de  $0^m20$  de diamètre et  $0^m20$  de haut, fermé à la partie supérieure par un couvercle soudé et muni de sept orifices. Celui du centre a 15 millimètres de diamètre, les

autres 23 millimètres; ils sont disposés de façon que l'observateur puisse voir distinctement tous les tubes à la fois. Les orifices sont destinés à recevoir des tubes en cuivre, que l'on a soudés à la partie supérieure et qui descendent jusqu'à 55 millimètres du fond. Autour des orifices, des languettes permettent de maintenir les tubes à essais et le thermomètre à la hauteur voulue. Le septième orifice sert à verser de la paraffine fondue (1) (ou mieux encore, de l'huile lourde recouverte d'une couche de paraffine fondue), qui remplit l'appareil jusqu'à 40 millimètres du couvercle; un coude tubulaire conique de 50 millimètres de diamètre, où l'on fait pénétrer un autre tube de 40 centimètres de haut, permet le dégagement des vapeurs qui pourraient gêner l'observation nette des tubes.

On peut encore employer, pour cette épreuve, des appareils à acétate d'amyle ou à xylène dont le point d'ébullition est voisin de 135°.

ART. 27. — Cet article a trait au thermomètre, dont le réservoir doit se trouver à 60 millimètres du fond et dont la marque rouge 135 doit dépasser très peu le niveau du couvercle.

ART. 28 — Les tubes à essai seront de 35 centimètres de long et de 16 millimètres de diamètre; ils auront une faible épaisseur, afin que les vapeurs soient bien visibles dès qu'elles se produisent.

ART. 29. — Le poids d'explosif employé est de 2 1/2 grammes par tube; les bouchons de liège seront neufs et seront simplement posés sur le tube sans les enfoncer.

ART. 30. — Tout l'appareil est disposé sur un pied que l'on place sur une table de 50 centimètres de haut. Derrière l'appareil, à 30 centimètres du centre, un écran carré de papier blanc, de 50 centimètres de côté, est soutenu dans un cadre; il est destiné à faire ressortir la légère teinte jaunâtre qui marque la fin de l'essai.

Le reste de l'article a trait à la disposition défensive contre les explosions possibles; on emploie à cet effet un grillage métallique et un carreau de verre épais, mais bien transparent, qui permet d'observer commodément la projection du tube et du thermomètre sur l'écran.

Pour bien apprécier la couleur des vapeurs rouges qui déterminent la fin de l'épreuve, on les compare avec celle d'une solution type

(1) M. Jacqué emploie un xylène, de point d'ébullition 135°.

(de 0gr. 015 de bichromate de potasse et de 0gr.5 de sulfate de cobalt dissous dans un litre d'eau) contenue dans un tube semblable aux tubes de l'essai et examinée de la même manière.

On prend les moyennes de l'observation; si elles dépassent 30 minutes le produit est déclaré excellent. Il est utilisable si l'épreuve dure 30 minutes. Si elle est inférieure à 30 minutes et supérieure à 10, l'explosif est déclaré de consommation immédiate; si la durée de l'épreuve est inférieure à 10 minutes, l'explosif doit être immédiatement détruit.

#### Epreuve à 135° au papier de tournesol.

Cette épreuve ne diffère de la précédente que par l'introduction dans le tube d'un papier de tournesol de 78 × 18<sup>m/m</sup> qui est fourni par la maison Eimer et Amend de New-York; le papier, maintenu par un long crochet de verre à une distance de 2 centimètres de l'explosif, ne doit pas prendre la teinte rouge fixée par un type établi avant une demi-heure au moins.

#### Epreuve d'explosion.

Cette épreuve ne diffère pas sensiblement de celle qui est pratiquée en Allemagne.

Le bain de paraffine (huile lourde surmontée de paraffine) est agité pendant toute la durée de l'épreuve. La température doit monter à raison de 5° par minute (à partir de 100°) depuis le moment où on introduit les tubes dans le récipient; ces tubes ont 16 centimètres de haut et 16 millimètres de diamètre. On les introduit dans l'appareil de façon à ce que leur partie inférieure se trouve à 30 millimètres du fond.

Il est plus commode de se servir (fig. 20 et 21) d'une barre de cuivre *a* portant à son extrémité élargie cinq cavités, l'une centrale, *F*, remplie de mercure, où l'on submerge la cuvette d'un thermomètre, les quatre autres destinées à recevoir chacune 1 décigramme d'explosif. Autour de chaque cavité,

un rebord permet d'ajuster un tube en cuivre qui empêche l'explosion de se communiquer d'une cavité à l'autre.

La barre de cuivre est supportée par un pied qui permet

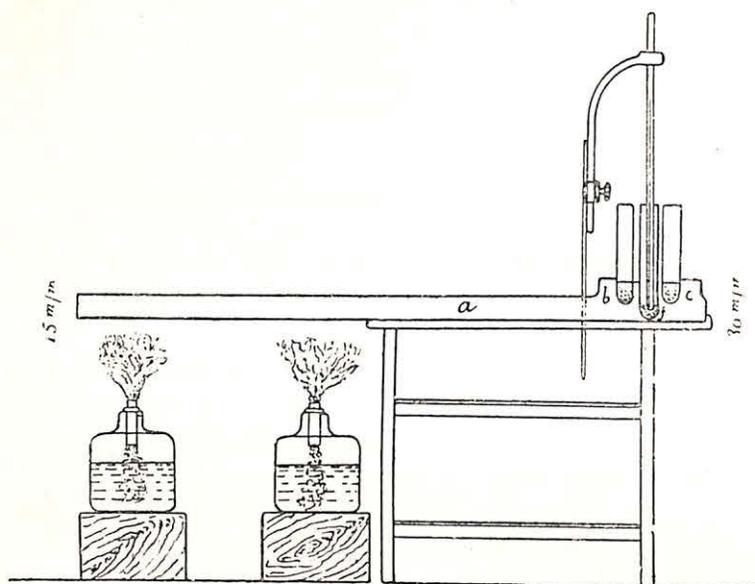


FIG. 20

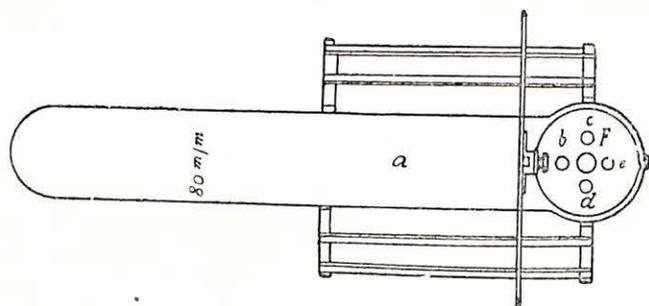


FIG. 21

de faire mouvoir au-dessous d'elle une source de chaleur que l'on fait avancer dans la direction de l'explosif au fur et à mesure que la température s'élève; avec ce simple appareil, il est très facile de régler la marche de la tempé-

rature au gré de l'observateur. Un écran empêche le gaz des lampes d'arriver jusqu'à l'explosif.

La première explosion se produit en *b*, presque immédiatement après en *c* et *d*, puis seulement en *e*. Les températures différant très peu l'une de l'autre, on admet que la température d'explosion est égale à leur moyenne. Pour ne pas se tromper, il est commode de recouvrir les tubes d'un petit chapeau en papier, qui est projeté par l'explosion. En général, les deux explosions en *c* et *d* sont concomitantes.

Si la moyenne des températures d'explosion dépasse  $180^{\circ}$ , l'explosif est supérieur à ce point de vue; si elle est inférieure à  $180$  mais supérieure à  $178^{\circ}$ , il est utilisable; entre  $176$  et  $178^{\circ}$ , il est de consommation immédiate; au dessous de  $176^{\circ}$ , il doit être détruit.

Les *cotons-poudre* ou *collodions* dits « de consommation immédiate », devront être examinés tous les mois; on s'assurera que leur stabilité ne diminue en aucune façon.

Les règlements de réception des *collodions* sont encore plus sévères; leur point d'explosion doit toujours être supérieur à  $180^{\circ}$ ; en général il varie entre  $183^{\circ}$  et  $185^{\circ}$ .

Quant aux *poudres de guerre et de chasse*, on a exigé jusqu'à présent 1 heure de test Abel (à  $80^{\circ}$ ) pour les poudres de guerre, 10 minutes pour les poudres de chasse; les poudres de guerre ne doivent donner aucune *trace* de vapeurs jaunâtres avant 1 heure (au minimum); l'épreuve se fait sur  $2^{\text{e}}$  5 de poudre *finement moulue*; on écarte cependant ce qui passe au tamis de 1 millimètre, mais la partie essayée doit passer par le tamis de 2 millimètres.

Elles doivent aussi supporter l'épreuve à  $135^{\circ}$  au papier de tournesol pendant une demi-heure au moins.

La température d'explosion doit être supérieure à  $175^{\circ}$  et les mêmes épreuves répétées, après huit jours de séchage à  $65^{\circ}$ , à raison de huit heures par jour, ne doivent pas être sensiblement altérées. (Epreuve de résistance.)

En résumé, si l'épreuve d'Abel est encore employée, on a du moins renoncé à considérer la marque jaunâtre douteuse, qui se présente tout d'abord, comme déterminant la fin de l'épreuve, la petite ligne de démarcation doit être franchement bleuâtre.

Ce sont les épreuves de résistance et les procédés quantitatifs qui tendent actuellement à servir de base aux nouveaux règlements : la surveillance des matières premières et de la bonne fabrication des produits connus est la meilleure garantie contre les surprises douloureuses ; c'est elle seule d'ailleurs qui permet de déterminer ce que l'on peut pratiquement demander aux explosifs actuellement en usage.

#### ITALIE (1).

En Italie, depuis quelques années, au Ministère de l'Intérieur, il y a une Commission consultative pour les explosifs, qui bientôt aura à sa disposition un laboratoire chimique central pour les études ; mais jusqu'ici aucune prescription officielle n'a été donnée pour l'épreuve de stabilité des substances explosives qu'on trouve dans le commerce.

Pour les explosifs militaires, c'est à dire le coton-poudre et les poudres de guerre sans fumée, à base de nitroglycérine, l'épreuve de stabilité employée est encore celle donnée par Abel, en usage en Angleterre depuis 1875.

Il y a lieu de faire remarquer : que la température du bain-marie doit être maintenue constante à 66°-67° C. pour les épreuves sur le coton-poudre et à 71° C. pour les épreuves sur les poudres sans fumée ; que le temps nécessaire pour obtenir la faible coloration brune sur la ligne de démarcation, entre la partie sèche et la partie mouillée du papier réactif, ne doit pas être inférieur à 15 minutes

(1) D'après M. G. SPICA.

pour le coton-poudre, à 12 minutes pour les poudres, et enfin que, tandis que pour le coton-poudre on emploie, pour chaque épreuve, 1<sup>er</sup>3 de l'échantillon tamisé (préalablement séché sur le chlorure de calcium et puis exposé à l'air pendant deux heures, de façon à absorber une légère humidité), pour les poudres à base de nitroglycérine, le poids d'explosif finement râpé (qui passe au tamis de 0<sup>mm</sup>5, mais pas au tamis de 0<sup>mm</sup>4), est de 3<sup>er</sup>25.

Pour la Solénite, qui contient de l'acétone, le contrôle à l'épreuve d'Abel est fait par la méthode G. Spica, fondée sur l'emploi du papier réactif au chlorhydrate de métaphénylendiamine.

#### AUTRICHE.

L'Autriche n'étant pas représentée au sein de la Commission internationale, nous nous sommes adressés à M. PH. HESS, Inspecteur général de l'artillerie à Vienne, qui a bien voulu nous renseigner par la lettre dont nous donnons ci-dessous la partie la plus importante :

« En ce qui concerne l'essai des explosifs destinés à des usages industriels ou commerciaux, et tout en souhaitant le succès aux efforts de la Commission internationale, je ne puis m'empêcher de douter que l'on puisse trouver un procédé admis par tous et ce, abstraction faite de toute controverse scientifique, étant donné la diversité des méthodes d'essai en vigueur dans les différents pays, la diversité des prescriptions et des lois relatives au manie-ment des explosifs. Jusqu'ici, et il continuera sans doute à en être ainsi, le fabricant adaptera ses exigences, d'une façon générale, aux propriétés de sa marchandise, et spécialement aussi à ses qualités de sûreté, aux désirs des consommateurs ou des transporteurs et des autorités chargées de les surveiller, et, en général, ces exigences ne

pourront pas être unifiées, ne fût-ce qu'en tenant compte des conditions variables des différents marchés commerciaux.

» En ce qui concerne les exigences militaires, relatives à la stabilité des explosifs et les méthodes employées pour la reconnaître, ces deux questions ont de tels rapports de causalité avec la valeur de ses engins de guerre et avec le pouvoir combatif des armées qui y recourent, qu'une publicité claire et concrète à ce sujet irait précisément à l'encontre des intérêts militaires de l'Etat qui la ferait sans arrière-pensée.

» Tenant compte de ces considérations préliminaires, ce que je peux donner est un aperçu des méthodes d'essais, connues par des publications, dont on fait usage chez nous, variables d'après la nature des explosifs, et qui ont été décrites assez complètement dans les *Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens*, depuis leur apparition en 1870.

» D'ailleurs, le cahier 136 du « Manuel des lois et ordonnances autrichiennes » (Vienne, imp. et édition K. K. Hof und Staatsdruckerei, 1902), donne des renseignements complets sur toutes les prescriptions relatives aux explosifs, spécialement sur celles qui ont trait à la sûreté, et je crois pouvoir me borner à ne signaler que ce qui suit, au sujet de quelques-unes de prescriptions relatives à la stabilité des explosifs. Les épreuves mentionnées au chapitre 3 du titre V, aux pages 147 et 148, sub. litt. *a* et *b*, sont faites quantitativement, par observation, pendant huit jours, des variations de poids de l'échantillon; l'épreuve *c*, si elle paraît nécessaire pour ce qui concerne la composition chimique de l'explosif, est faite avec l'épreuve suivante, par immersion de l'échantillon.

» L'épreuve *d* est faite en soumettant pendant huit jours l'échantillon à 70° sur un verre de montre ouvert, et dans

des éprouvettes en verre fermées par bouchons, avec des échantillons de stabilité connue et pratiquement suffisante.

» L'épreuve *e* est faite en soumettant, si la nature de l'explosif le comporte, l'échantillon à des températures aussi basses que le comportent les conditions climatériques.

» En ce qui concerne les épreuves 4, 5 et 6, on trouvera des explications détaillées dans mon étude : *Contributions à la connaissance des nouveaux explosifs*, publiée dans les *Mitteilungen über gegenstände des Artillerie und Geniewesens*, publié par le K. und K. technischen Militärkomitee, à Vienne, en 1876, grande édition, pages 93 et suivantes.

» Je tiens à faire remarquer ici que ces épreuves mécaniques et chimiques de stabilité et les prescriptions réglementaires y relatives, à mieux dire l'exécution de ces prescriptions, ont suffi pour empêcher, quasi complètement, de grands accidents depuis plus d'une génération, de telle sorte qu'on peut, jusqu'à un certain point, les considérer comme sanctionnées par l'expérience.

» En ce qui concerne les méthodes d'essais reprises dans votre « premier rapport », elles se sont généralement bien comportées dans les autres pays depuis plus ou moins longtemps, de telle sorte qu'il ne serait pas juste de les critiquer.

» Pour les explosifs commerciaux, les méthodes anglaises me paraissent spécialement remarquables, parce qu'elles ont les bases les plus larges; cependant la méthode d'Abel, dans ses diverses modalités, pourrait utilement être complétée par un essai de stabilité de plus grande durée, comme il en est cité plusieurs, également utilisables, dans le « premier rapport ».

» La méthode, citée à plusieurs places de ce rapport, et consistant à mêler aux gélatines dynamites, notamment à la gélatine explosive de la poudre fine de talc comme préparation pour l'épreuve de stabilité de ces explosifs, permet d'espérer qu'on pourra arriver aussi, pour les poudres sans

fumée à base de nitroglycérine, à une préparation uniforme pour la détermination de la stabilité, dans des conditions les plus constantes possibles. Lorsque ces explosifs seront réduits en poudre impalpable, par mouture ou rapage, et seront additionnées d'un excès correspondant de talc fin, ils seront dans un état de division uniforme qui permettra l'épreuve de leur stabilité chimique dans des conditions uniformes.

» Enfin, je terminerai en faisant remarquer que, dans l'emploi de méthodes plus ou moins appropriées à l'essai mécanique ou chimique de la stabilité des explosifs, il est très utile de conduire l'épreuve comparativement avec celle d'un échantillon irréprochable, reconnu comme stable. Les qualités de cet explosif doivent être bien définies, et il faut s'en procurer un nouvel échantillon, dès que varie la façon dont se comporte l'échantillon primitif ».

#### ÉTATS-UNIS.

Les nitrocelluloses y subissent l'essai suivant, qui porte sur quatre échantillons :

Ceux-ci sont pesés sur un verre de montre et chauffés pendant 8 heures, dans une étuve réglée à la température de  $115^{\circ} \pm 1/2^{\circ}$  C. L'échantillon est ensuite enlevé, mis à refroidir dans un dessécheur et pesé.

Cette opération est renouvelée pendant six jours consécutifs. A la fin de cette période, la perte de poids ne doit pas dépasser 8 %. Le bain de chauffe de l'étuve est constitué par un mélange de xylène et de toluène, en proportion telle que l'ébullition du liquide maintienne l'intérieur de l'étuve à la température de  $115^{\circ}$ .

#### BELGIQUE (1).

Les essais d'explosifs effectués par le Service d'inspection ont pour objet, soit le contrôle des produits fabriqués

(1) Extraits d'une note de M. LEVARLET, Inspecteur des explosifs.

ou importés en Belgique, soit l'examen des produits nouveaux dont on sollicite la reconnaissance officielle et le classement.

#### Classification des explosifs.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler l'origine de la classification actuelle des explosifs en Belgique.

Il y a une cinquantaine d'années, il n'était guère question, dans nos règlements de police administrative, que de deux sortes d'explosifs industriels : la *poudre à tirer* et les *fulminates*. (Arrêté royal du 21 mars 1815, sur le mode de vente, de circulation et de transport de la poudre à tirer; — arrêté royal du 18 septembre 1815, concernant les fabriques de poudre à tirer; — arrêté royal du 21 juillet 1858 concernant l'emmagasinage des poudres; — arrêté royal du 27 septembre 1858 relatif à la fabrication des fulminates.)

En 1866, l'usage de la *nitroglycérine* commença à se répandre dans le pays; ce « produit chimique, doué d'une très grande force explosive », ne tombait pas sous l'application des règlements antérieurs; il était question d'en réglementer le transport lorsque survint, le 24 juin 1868, la catastrophe de Quenast; immédiatement, la fabrication, l'emmagasinage, le transport et l'emploi de la nitroglycérine furent interdits (arrêté royal du 13 juillet 1868).

Des discussions nouvelles surgirent à l'apparition de la *dynamite*, les uns estimant qu'elle devait être proscrite comme la nitroglycérine, les autres affirmant qu'elle présentait moins de danger que la poudre. Comme conclusion, un arrêté royal du 4 novembre 1869 appliqua à la dynamite les règlements relatifs au transport de la poudre, sauf les modifications au mode d'emballage.

Les arrêtés royaux du 21 mars 1815 et du 4 novembre 1869 furent rapportés par celui du 26 octobre 1881

relatif aux dépôts, au débit et au transport des substances explosives. Le nouvel arrêté réglementait séparément la *poudre ordinaire* et la *poudre à base de nitroglycérine, dynamite*; il portait que tout autre substance explosive ne pourrait être admise dans la circulation qu'après avoir été reconnue officiellement et assimilée *soit à la poudre, soit à la dynamite*.

La réglementation relative aux explosifs fut modifiée en 1891; le 1<sup>er</sup> décembre de cette année, fut publié le premier règlement *général*, réglant à la fois la reconnaissance, la fabrication, l'emballage, le transport, l'emmagasinage, la vente, la détention de l'emploi des produits explosifs.

La nouveau règlement répartissait les explosifs en huit catégories :

- 1<sup>re</sup> catégorie. — Mélanges de nitrates à base minérale et de matières combustibles;
- 2<sup>e</sup> catégorie. — Nitrocelluloses diverses non comprimées;  
Nitrocelluloses pulpées et comprimées, mélangées ou non avec des nitrates;  
(Les poudres de tir ou de chasse de cette catégorie, en grains, suivent en tout le régime des poudres de la 1<sup>re</sup> catégorie);
- 3<sup>e</sup> catégorie. — Explosifs contenant de la nitroglycérine;
- 4<sup>e</sup> catégorie. — Explosifs à base d'acide picrique ou de picrates;
- 5<sup>e</sup> catégorie. — Mélanges de nitrates avec des dérivés nitrés de la benzine, de la naphthaline, etc.;
- 6<sup>e</sup> catégorie. — Explosifs à base de chlorates;
- 7<sup>e</sup> catégorie. — Poudres fulminantes servant à la confection d'amorces, de détonateurs, etc.;
- 8<sup>e</sup> catégorie. — Artifices et munitions notamment :
  - a) Détonateurs; amorces électriques à détonateurs; pétards pour signaux de chemin de fer;
  - b) Artifices de joie ou de signaux; mèches de sûreté, etc.;
  - c) Munitions de sûreté, pour armes à feu portatives.

Cette classification était imitée de la classification anglaise; elle donna lieu, lors de la revision du règlement de 1891, aux observations suivantes :

Le règlement avait créé dix groupes distincts de produits explosifs, groupes désignés par des numéros ou des lettres et non par des dénominations concrètes. Sans qu'aucun changement du fond fût apporté au règlement, le nombre de groupes pourrait être réduit à six, qu'il conviendrait de désigner par les dénominations génériques que les produits portent dans le commerce.

Aucun explosif des catégories 4 et 6 n'était reconnu en Belgique et, par conséquent, on ne pouvait prévoir quelles seraient les propriétés des explosifs de ces catégories. Il était donc rationnel de ne plus les laisser figurer au règlement.

Quant aux produits de la 7<sup>e</sup> catégorie, ils ne pouvaient sortir de fabriques que sous forme de produits de la 8<sup>e</sup> catégorie; il était donc inutile de prévoir une 7<sup>e</sup> catégorie.

D'autre part, les produits de la 2<sup>e</sup> catégorie qui sont en grains suivaient toujours le régime des produits de la 1<sup>re</sup> catégorie, et les autres produits de la 2<sup>e</sup> catégorie suivaient toujours le régime des produits de la 3<sup>e</sup> catégorie; il était donc inutile de prévoir une 2<sup>e</sup> catégorie de produits explosifs.

Les catégories 2, 4, 6 et 7 pouvaient donc être supprimées sans entraîner d'autres conséquences qu'une numérotation nouvelle des groupes et l'adoption de dénominations nouvelles aisément comprises par n'importe qui.

Au lieu de :	On proposait :
1 <sup>re</sup> catégorie . . . . .	Classe I : Poudres.
2 <sup>e</sup> catégorie { en grains . . .	Classe II : Dynamites { a) Nitrocelluloses. b) Dynamites proprement dites.
{ non en grains.	
3 <sup>e</sup> catégorie . . . . .	
(4 <sup>e</sup> catégorie-supprimée) . .	
5 <sup>e</sup> catégorie . . . . .	Classe III : Explosifs difficilement inflammables.
(6 <sup>e</sup> catégorie-supprimée) . .	
(7 <sup>e</sup> catégorie-supprimée) . .	
8 <sup>e</sup> catégorie : a . . . . .	Classe IV : Détonateurs.
b . . . . .	Classe V : Artifices.
c . . . . .	Classe VI : Munitions de sûreté.

Le nouveau classement fut adopté lors de l'élaboration du règlement général actuel, du 29 octobre 1894.

Comme exemple des conséquences bizarres qu'entraînait la classification *chimique* du règlement de 1901, citons comme devant être rangés dans les mêmes catégories : la tonite et les poudres pyroxyliées de chasse ; la gélatine explosive et les cordites ; tous les explosifs chloratés indistinctement, qu'ils fussent déflagrants, brisants, fulminants ou destinés à des compositions d'artifices.

REMARQUE 1. — Les termes *explosifs difficilement inflammables*, sous lesquels nous comprenons les explosifs au nitrate ammonique et ceux doués de propriétés analogues, ne sont pas des plus heureux ; l'expression est longue ; de plus, elle est incomplète, en ce sens qu'elle n'indique qu'une des propriétés essentielles de cette catégorie de

produits ; encore certains de ceux-ci s'enflamment-ils facilement et continuent-ils à brûler sans que leur combustibilité puisse être considérée comme une cause de danger. Cette rubrique, à laquelle il ne faut donc attacher qu'un sens conventionnel, témoigne de la difficulté qu'il y eut d'adopter une expression suffisamment concise et générale, telle que les mots : *poudre* et *dynamite* ; pour l'une ou l'autre raison, il fallut écarter des expressions apparemment plus propres, comme *explosifs genre Favier*, *explosifs de sûreté*, *explosifs résistants*.

REMARQUE 2. — A l'apparition des explosifs Street, dénommés depuis *Cheddites*, la question s'est posée de savoir dans quelle classe il y avait lieu de les ranger ; la 6<sup>e</sup> catégorie : explosifs à base de chlorates, du règlement de 1891 avait, en effet, été supprimée en 1894, faute de représentants.

Les cheddites étant des explosifs brisants détonant à l'air libre, devaient être assimilées aux dynamites ou aux explosifs facilement inflammables ; par leur degré de sensibilité au feu et aux chocs, elles étaient intermédiaires entre les unes et les autres, tout en s'approchant beaucoup plus des dynamites. Il fut donc décidé de les classer parmi les dynamites, sous une rubrique nouvelle : « Explosifs divers ».

La même décision a été prise en ce qui concerne deux autres explosifs chloratés examinés ultérieurement : Le Prométhée et l'Arendonckite.

Le classement des cheddites paraît avoir embarrassé également les Administrations étrangères ; dans certains pays, elles sont classées parmi les poudres ; dans d'autres, parmi les explosifs de sûreté ; ailleurs, après les avoir assimilées aux explosifs de sûreté, on a jugé devoir les soumettre au régime des dynamites.

Notre classification pratique actuelle permet de ranger

les compositions chloratées, d'après leurs propriétés et leur destination, dans n'importe laquelle des six classes. Nul doute que des produits de l'espèce ne puissent être admis parmi les *poudres* ou parmi les *explosifs difficilement inflammables*, si pareil classement se justifiait.

**Essais relatifs à la reconnaissance et au classement.**

Les essais effectués à l'occasion de la reconnaissance des explosifs nouveaux établissent si les produits présentent les garanties voulues pour être admis et à quelle catégorie de la classification officielle ils appartiennent.

On ne se préoccupe que des propriétés *générales* des explosifs, c'est-à-dire de celles qui ont un rapport plus ou moins direct avec le degré de danger que présentent leur fabrication, leur transport, leur emmagasinage et leur emploi.

D'autres organismes, privés ou publics, attirés et outillés à cet effet, vérifient les propriétés *spéciales* attribuées aux explosifs : leurs caractères balistiques, leur puissance relative, leur aptitude au chargement des projectiles, leur sécurité en présence du grisou (1), etc.

Le plus fréquemment, les explosifs nouveaux peuvent être appréciés *a priori*; ils se rapprochent généralement de types bien connus, quand ils n'en sont pas la reproduction à peine démarquée. Les innovations réelles, exigeant un examen approfondi, sont relativement rares : citons, dans ces derniers temps, les explosifs chloratés qui ont fini par faire une trouée, l'emploi du perchlorate d'ammoniaque et du trinitrotoluène.

La *stabilité chimique* des explosifs se vérifie, théoriquement, par l'étude de leur composition, et pratiquement, par les épreuves de chaleur. Les épreuves de stabilité que

(1) Cette dernière vérification se fait, comme on sait, par les soins du *Service des Accidents miniers et du Grisou* au *Siège d'Expériences de Frameries*.

doivent supporter les dynamites et les nitrocelluloses sont déterminées par l'arrêté ministériel du 31 octobre 1894, reproduction presque textuelle des prescriptions officielles anglaises sur la matière. En pratique, nous nous guidons par les instructions anglaises elles-mêmes, qui ont, à différentes reprises, été revues et complétées.

La *stabilité mécanique*, ou degré de résistance aux chocs et aux frictions, s'apprécie sur l'enclume, ou sur un sol en carreaux de ciment, à l'aide de marteaux de diverses grosseurs et du maillet. Lorsque les circonstances le permettent, nous avons recours à l'emploi du mouton, qui permet de comparer la sensibilité d'un produit à celle d'un explosif type.

Incidemment, nous déterminons la puissance relative des explosifs par des essais comparatifs effectués, soit sur des plaques en fer ou en plomb (perforation), soit sur des cylindres massifs en plomb (écrasement), soit dans des blocs de plomb (augmentation de creux), soit encore au mortier (projection d'un boulet).

Il nous arrive enfin de vérifier l'aptitude des produits à la détonation à l'air libre, par l'emploi de détonateurs de divers numéros.

Parfois doit s'établir la distinction entre poudres vives et poudres fusant simplement à l'air libre, par suite des facilités que le règlement accorde à ces dernières à certains égards.

**POUDRES.** — Signalons quelques particularités auxquelles a donné lieu la reconnaissance des poudres.

Une poudre sans fumée, étrangère, dont la composition ne donnait lieu cependant à aucune critique, a été écartée parce que les trois échantillons successifs qui en avaient été soumis donnèrent des résultats peu satisfaisants à l'essai de chaleur.

Une poudre chloratée, pompeusement dénommée : *Pou-*

dre du XX<sup>me</sup> siècle, a dû être écartée de même pour cause d'excès de sensibilité au choc : une pincée de cette poudre, déposée sur un seuil en pierre, déflagrait sous le choc d'une petite masse de fer. Pareille poudre ne pouvait être introduite dans les mines et les carrières : elle aurait éclaté prématurément à tout coup, lors du chargement et du bourrage des trous de mine.

DYNAMITES. — Sous la dénomination générale de dynamites, le règlement comprend :

a) Les dynamites proprement dites (c'est-à-dire les explosifs brisants à base de nitroglycérine) ;

b) Les nitrocelluloses ;

c) Des explosifs divers.

De même que tous les explosifs contenant de la nitroglycérine ne doivent pas être rangés parmi les dynamites, il n'y a rien d'irrationnel à soumettre au même régime administratif que les dynamites, des explosifs sans nitroglycérine qui leur sont comparables par leurs propriétés générales et leurs usages.

Nous avons exposé plus haut les raisons qui en avaient fait décider ainsi à propos de certains explosifs chloratés.

EXPLOSIFS DIFFICILEMENT INFLAMMABLES. — La qualité d'explosifs difficilement inflammables, avec tous les avantages que les règlements et la pratique administrative y attachent au point de vue des facilités de fabrication, de transport et d'emmagasinage, ne peut être reconnue qu'à des explosifs suffisamment résistants au feu et au choc.

Comme résistance au choc, il est exigé qu'une trainée de matière, déposée sur une enclume et soumise au choc du marteau à main, ne détone que difficilement, c'est-à-dire de temps en temps et au point frappé seulement.

L'insensibilité au feu s'apprécie commodément comme il suit : la matière, débarrassée de toute enveloppe, ne peut

détoner au contact du fer rouge, mais doit tout au plus fuser à l'endroit touché et pendant la durée du contact ; si la combustion continue après le retrait du fer, elle doit se propager avec lenteur et sans fusement.

Certes, il s'agit ici d'une question d'appréciation, mais l'expérience a fait reconnaître la nécessité de réagir contre la tendance des fabricants d'explosifs difficilement inflammables à substituer à leurs explosifs originels, dont la sécurité était indiscutable, des produits plus puissants, partant plus sensibles et plus dangereux (diminution ou suppression totale de l'emploi du nitrate d'ammoniaque, emploi de chlorate, perchlorates, trinitrotoluol, nitroglycérine, etc.).

Si l'Administration n'y prenait garde, elle se laisserait entraîner insensiblement à des décisions imprudentes, sur lesquelles elle pourrait malaisément revenir.

DÉTONATEURS. — Précédemment, les détonateurs simples et les détonateurs électriques étaient admis d'une façon générale.

En 1889, à la suite d'une série d'accidents survenus dans l'emploi des détonateurs électriques et dûs très probablement à la constitution défectueuse de ces engins (1), l'Administration a exigé la reconnaissance préalable des amorces électriques avec détonateur. L'examen des types présentés porte principalement sur la parfaite solidarité de leurs parties constitutives ; pour que la simple manipulation de ces engins ne puisse donner lieu à des accidents, on exige que les conducteurs électriques ne puissent se déplacer dans l'amorce, ni l'amorce par rapport au détonateur.

(1) Voir dans les *Annales des mines de Belgique*, t. XIV, 1<sup>re</sup> liv., pp. 181 et suiv., des détails sur ces accidents, donnés par MM. WATTEYNE et BREYRE dans un travail sur *Les accidents dûs à l'emploi des explosifs*.

Enfin, à dater de 1903, les *détonateurs simples* autres que ceux à base de fulminate, pur ou mélangé de chlorates, nitrates, etc., sont soumis à la reconnaissance officielle. Une suite de substances ont été utilisées, dans ces derniers temps, au chargement des détonateurs, en remplacement du fulminate de mercure : citons l'acide picrique, le trinitrotoluol, etc. Il était prudent de se réserver le moyen d'examiner la puissance et la qualité des nouveaux détonateurs.

#### Essais ayant pour objet le contrôle des explosifs reconnus

Le contrôle des explosifs couramment fabriqués ou importés porte sur leur composition et sur leur stabilité chimique.

Rien de spécial n'est à signaler à ce sujet.

La *composition* doit être identique à celle fixée par l'arrêté de reconnaissance; elle se vérifie par les procédés ordinaires d'analyse.

Indépendamment de cette constance dans la composition, les explosifs doivent encore présenter une *stabilité chimique* suffisante, qui se détermine conformément aux instructions officielles citées dans la présente note.

M. le professeur GODY nous a donné de son côté les renseignements suivants sur les épreuves qu'ont à subir les explosifs employés dans l'armée :

Le Génie militaire fait exclusivement usage de la *Tonite*, mélange de nitro-coton et de nitrates de potassium et de baryum (1).

La seule épreuve qu'on lui fait subir est l'épreuve *Guttman* : chauffe en tube d'essai à 70° C., avec papier d'épreuve humecté de *diphénylamine* (2).

(1) Pour plus de détails, voir L. GODY, *Traité théorique et pratique des matières explosives* (Art militaire, Industrie), 3<sup>me</sup> édit., 1907, p. 465. — Wesmael-Charlier à Namur.

(2) *Ibid.*, pp. 482 à 485.

La nitrocellulose extraite de la tonite doit résister pendant 15 minutes.

Pour l'artillerie on ne fait usage que du coton-poudre.

Pour les essais de stabilité, on emploie la méthode *Spica*, qui est la méthode Guttman modifiée par l'emploi du chlorhydrate de métaphénylènediamine, en vue d'un résultat plus net et d'un temps plus court pour l'obtention de la couleur jaunâtre marquant la mise en liberté de NO<sup>2</sup>. — Durée de l'épreuve : 15 minutes.

Le contrôle se fait par la méthode Bergmann et Junk (1) : Dégagement nitreux par chauffe à 132° et dosage de gaz pendant un intervalle de temps déterminé.

On fait aussi l'épreuve d'inflammation. Celle-ci doit ne pas avoir lieu en dessous de 170° C.

#### II<sup>me</sup> PARTIE. — Quelques appréciations et propositions en vue de l'unification des méthodes.

##### a) NOTE DE M. Barthelemy.

Dans ce qui va suivre, nous nous occuperons exclusivement des explosifs industriels actuellement usités en France, savoir :

- 1° Explosifs à base de nitroglycérine;
- 2° Explosifs à base de nitrate d'ammoniaque;
- 3° Explosifs à base de chlorate de potasse;
- 4° Détonateurs.

Pour pouvoir donner un avis autorisé, nous avons réuni les représentants techniques des principales sociétés françaises d'explosifs, savoir :

Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques ;

(1) *Ibid.*, p. 492, et *Zeitschrift für Angewandte Chemie*, 1904, p. 982.

Société centrale de Dynamite ;  
 Société Davey Bickford Smith et C<sup>ie</sup> ;  
 Société française des Explosifs ;  
 Société française des Poudres de sûreté ;  
 Société générale de Dynamite,  
 auxquels le « premier rapport » de notre Commission internationale a été communiqué.

Ces Messieurs ont étudié la question, soit de concert, soit séparément, et se sont mis d'accord sur les points suivants :

#### Considérations générales

1° Plutôt que de chercher à unifier les méthodes d'épreuves sur la stabilité des explosifs, il serait peut-être préférable de faire en sorte que ces épreuves fussent confiées à des personnes compétentes et complètement indépendantes qui aurait toute liberté pour employer les modes d'épreuves qu'elles jugeraient les meilleurs ;

2° Il est désirable que les compagnies de transport et les consommateurs connaissent toujours exactement la composition des explosifs et des détonateurs qu'ils emploient, au moyen d'une étiquette de composition collée soit sur les caisses, soit sur les cartouches.

#### Explosifs à base de nitroglycérine.

Nous considérons qu'un explosif de ce genre, qui est destiné à une consommation rapide, c'est-à-dire qui doit n'être conservé que très rarement au delà de deux ans, présente des garanties suffisantes pour que l'emploi et le transport en soient relativement peu dangereux, lorsqu'on s'est assuré des qualités suivantes :

- 1° Insensibilité relative au choc, considération prise du mode d'emballage ;
- 2° Résistance suffisante à l'exsudation ;
- 3° Stabilité chimique permettant de résister aux varia-

tions de température auxquelles il pourra être exposé pendant son emmagasinement et son transport sans présenter de danger d'inflammation spontanée.

Nous ne perdrons pas de vue qu'un explosif doit toujours être traité avec des précautions spéciales eu égard aux propriétés qui sont sa raison d'être.

Nous pourrions ajouter que l'explosif doit présenter des garanties d'insensibilité relative à la friction, mais nous ne pouvons que signaler l'empirisme des méthodes proposées pour la recherche de ce coefficient, la part très grande pour laquelle rentre l'observateur dans le chiffre trouvé, et il nous paraît très difficile d'obtenir une unification de méthode tant que des procédés plus scientifiques que ceux employés actuellement n'auront pas été trouvés.

SENSIBILITÉ AU CHOC DIRECT. — La méthode anglaise décrite par M. Lundholm nous paraît rationnelle, mais resterait à déterminer d'une façon précise le poids de l'explosif sur lequel on devrait opérer ; il devrait être précisé que le cylindre d'acier qui repose sur l'explosif pour recevoir le choc de la boule devra être parfaitement dressé et ne servir que peu de fois, car les érosions produites par les détonations successives sont de nature à modifier singulièrement les résultats. De même, l'enclume doit être régulièrement rafraîchie à la lime douce afin d'assurer une portée convenable du cylindre.

Pour se rapprocher le plus possible des conditions de la pratique, nous pensons que cet essai doit toujours se faire sur l'explosif nu, quel que soit le genre d'explosif. Si, en effet, une poussière quelconque peut modifier cette sensibilité, cette circonstance aura beaucoup plus de chances de se présenter dans la pratique des mines que dans le laboratoire et l'interposition, souvent faite, de papier d'étain protégeant l'explosif du contact de l'enclume et du marteau,

n'a, suivant nous, d'autre résultat que de fausser l'épreuve au profit de certaines classes d'explosifs et de leur attribuer le renom d'une sécurité qui n'est qu'apparente.

Enfin, il doit rester bien entendu qu'aucun chiffre ne peut être pris en considération s'il n'est le résultat moyen de dix essais au moins, faits consécutivement.

RÉSISTANCE A L'EXSUDATION.—Seule la Grande-Bretagne semble posséder des épreuves officielles de résistance à l'exsudation : la méthode de chauffage à 29 ou 30° pendant 144 heures, au bout desquelles le cylindre de gélatine ne doit pas être déformé et ne pas avoir diminué de plus d'un quart de sa hauteur.

Cette méthode nous semble longue, imprécise, et nous avons de fortes raisons de douter de la concordance de ses résultats avec les essais pratiques de conservation.

Nous considérons qu'une gélatine encartouchée à un diamètre et une dimension déterminée dans une enveloppe de papier sulfurisée et non collée, qui aura été congelée puis dégelée lentement par exposition à une atmosphère tempérée et laissée quelques heures après son dégel complet dans une atmosphère plus chaude, n'aura pas laissé échapper de son enveloppe de traces d'explosif ou de nitroglycérine libre, présente une consistance et une résistance à l'exsudation suffisante pour voyager et être manipulée sans danger. Toutefois cet essai devrait être complété par une expérience dans laquelle on s'assurera que l'explosif est ou n'est pas déliquescant, et, dans le premier cas, un encartouchage étanche devra être prescrit, en même temps que la durée de conservation possible sera diminuée.

Pour les dynamites pulvérulentes, les essais précédents pourraient être appliqués, mais, pendant la période de dégel et d'exposition dans une atmosphère chaude, les cartouches devraient être tenues dans leur axe vertical, et on examinerait la partie inférieure de la cartouche pour

se rendre compte que l'écoulement de la nitroglycérine vers la partie inférieure n'a pas été trop marqué.

STABILITÉ CHIMIQUE. — Nous constatons l'accord de plusieurs rapporteurs et la tendance de plusieurs nations à n'accorder qu'une confiance limitée à l'épreuve anglaise du *heat test*. Cette épreuve, d'une sensibilité extrême dans certains cas, dans d'autres complètement masquée par l'addition à l'explosif d'une trace de certains réactifs, peut en vérité rendre de grands services dans le contrôle incessant d'une fabrication, mais en ce qui concerne la comparaison des explosifs entre eux, leur résistance réelle aux différentes températures et à l'action du temps, sa délicatesse est trompeuse et ses résultats incertains. Bien des fabricants ont injustement supporté les rigueurs de ces tests, alors que d'autres, sous son couvert, ont écoulé des produits de stabilité douteuse. Le moindre détail dans sa préparation, la différence d'épaisseur ou de porosité du papier d'iodure d'amidon, la différence de vision chez des opérateurs également de bonne foi et aussi soigneux les uns que les autres, peuvent amener des différences de temps très sensibles. En admettant donc que les résultats de ce test soient bien d'accord avec la stabilité réelle de l'explosif, ces résultats ne seraient comparables que si les épreuves sont toutes faites par la même personne, avec les mêmes produits et dans des conditions toujours identiques.

A ce délicat et incertain essai, nous préférons une épreuve plus longue, mais dont la fin serait marquée par un phénomène plus net que la fugace apparition de la teinte jaune du papier d'iodure d'amidon.

L'épreuve de chauffage pratiquée aux Pays-Bas sur les poudres sans fumée, à base ou non de nitroglycérine, et qui consiste à exposer ces poudres à une température de 94-96° jusqu'à émission bien constatée de vapeurs hypoazotiques, l'épreuve espagnole à 135° décrite par M. Jacqué, limitée,

elle aussi, à l'émission de vapeurs jaunes, nous semblent beaucoup plus rationnelles et nous pensons qu'il serait plus facile de déterminer une température à laquelle une dynamite, ou un explosif nitré quelconque, devrait résister quelques heures sans qu'il se produise un commencement de décomposition bien caractérisée, et on pourrait admettre que, ayant satisfait à cette épreuve, un explosif pourrait, pendant un temps limité, être emmagasiné, transporté et manipulé sans crainte de décomposition ou d'inflammation spontanée.

Dans tout ce qui précède, nous nous sommes abstenus de préciser les chiffres (poids, hauteur de chute, températures, etc.), estimant qu'il y avait lieu avant tout de poser les principes sur lesquels seraient basées les différentes épreuves, et que l'adoption des détails de manipulation ne pourrait se faire que lorsque tous les intéressés seraient d'accord sur ces dits principes.

Nous limitons donc les épreuves à :

Un essai de choc au mouton ;

Un essai de stabilité physique et de consistance ;

Un essai de stabilité chimique à une température et pendant un temps limité à une décomposition manifeste du produit.

#### **Explosifs à base de nitrate d'ammoniaque.**

Malgré la sécurité à peu près absolue de la plupart de ces produits, mais, étant donné que les substances additionnées au nitrate d'ammoniaque peuvent varier à l'infini, il y a lieu de leur imposer les mêmes épreuves que pour les explosifs à base de nitroglycérine.

#### **Explosifs à base de chlorate de potasse.**

Ces explosifs sont ceux qui se conservent le moins bien. En effet, étant donnée l'action oxydante du chlorate de

potasse sur les substances qui lui sont ajoutées, de même que sur l'enveloppe des cartouches, ces explosifs sont au moins aussi dangereux au point de vue de la conservation que les explosifs nitrés. Les épreuves de choc, de stabilité physique, etc., doivent donc être les mêmes que pour les autres explosifs, mais on doit insister sur les essais de stabilité chimique.

#### **Détonateurs.**

C'est surtout pour les détonateurs qu'il serait nécessaire d'obliger les fabricants à indiquer la composition sur chaque caisse.

De même que pour les explosifs chloratés, c'est sur les essais de stabilité chimique qu'il faudrait insister.

#### *b) NOTE DE M. G. Spica.*

Les différents essais chimiques, adoptés actuellement dans les divers pays pour la vérification de la stabilité des explosifs, peuvent se grouper en deux catégories :

A la première appartiennent l'essai d'Abel et tous les autres, plus ou moins modifiés, c'est-à-dire effectués avec l'emploi de papiers réactifs différemment préparés et à des températures plus ou moins variables, mais toujours relativement basses, comme plusieurs auteurs l'ont proposé.

Ces essais sont généralement reconnus insuffisants parce qu'ils servent seulement à faire relever des commencements de décompositions, lesquelles, dans la plupart des cas, doivent être considérées comme des accélérations limitées de celles qui, constamment, dans les conditions ordinaires, se manifestent dans la plupart des explosifs modernes, même bien préparés, en des proportions minimales. Cependant, lorsque ces essais sont appliqués dans les conditions les plus convenables et avec le sens de l'opportunité, quoiqu'ils ne soient pas suffisants à eux seuls, ils peuvent

servir à donner, pour certains explosifs, une première idée sur leur état de conservation.

A la seconde catégorie d'essais, plus rationnels et sur lesquels on peut dire que l'unanimité des techniciens se base aujourd'hui pour contrôler la stabilité des explosifs modernes, appartiennent tous les autres essais qui se basent sur l'action de températures plus élevées que celles qui sont atteintes dans les essais du type Abel et dans la constatation de la durée de la résistance opposée par chaque explosif, avant de donner un indice de décomposition très prononcée se manifestant avec des accélérations progressives, indiquant avec évidence une rapide désagrégation moléculaire.

Les essais de cette seconde catégorie ont sans doute le plus de valeur, et entre eux, on donnera la préférence à ceux qui, pouvant être effectués rapidement dans la pratique, offrent le moyen de faire constater le commencement d'une décomposition irrégulièrement accélérée.

De l'examen de tous les essais de stabilité, appartenant aux deux catégories ci-dessus et qui ont été proposés ces dernières années, on peut déduire que plusieurs n'ont pas été adoptés parce qu'ils ne répondent pas pratiquement au but et qu'un petit nombre seulement ont trouvé application et ont été adoptés régulièrement dans les divers pays.

Ainsi, en voulant arriver à l'unification des méthodes d'essai sur la stabilité des explosifs, il est raisonnable de fixer l'attention seulement sur ceux qui ont été adoptés jusqu'ici et pour lesquels l'expérience faite ailleurs par des techniciens compétents, offre une sûre garantie.

Les essais appartenant à la première catégorie, qui ont été adoptés tels quels, ou avec de petites variations, en ce qui concerne la quantité d'explosifs employés dans les essais, les températures ou les temps limités de durée prescrits, sont : celui d'Abel, les essais modifiés par l'emploi du papier d'amidon à l'iodure de zinc ou au chloroiodure

de zinc, celui proposé par Guttman et celui suggéré par G. Spica. Sur ces essais on peut dire ce qui suit :

Le premier, quoique encore en usage aujourd'hui, ne répond plus aux besoins, pour les raisons qui ont été déjà amplement discutées, et on pourrait seulement le laisser en vigueur pour la vérification de la nitroglycérine.

Les essais avec le papier d'amidon à l'iodure de zinc et au chloroiodure de zinc évitent seulement quelques causes d'erreurs et, pour le reste, ils tombent sous les mêmes reproches que l'essai d'Abel.

L'essai de Guttman, quoique rationnel, ne donne de bons résultats que lorsque, pour humecter le papier, on emploie une solution sulfurique concentrée de diphénylamine ; il offre l'inconvénient de nécessiter l'emploi d'un réactif très acide.

A l'essai de G. Spica, basé sur les mêmes idées que celui de Guttman, on peut objecter sa sensibilité dans le cas où il est mis en pratique pour des explosifs résistants ; il convient d'autre part pour ceux qui résistent plus longtemps à l'échauffement, tels que les nitrocelluloses.

Or, ne pouvant pas généraliser les premiers essais, il ne resterait qu'à discuter les deux derniers, et si l'on considère que pour l'essai de Spica on peut atténuer la sensibilité, en augmentant la dilution du chlorhydrate de métaphénylènediamine pour préparer le papier, et en baissant convenablement la température de l'essai, on voit bien tout de suite que cet essai offre, dans l'exécution, une meilleure garantie que celui de Guttman.

En conclusion, devant choisir des essais à adopter pour la vérification préliminaire des explosifs, je crois pouvoir proposer : de laisser l'essai d'Abel seulement pour le contrôle de la nitroglycérine et d'appliquer à tous les autres explosifs l'essai de G. Spica, tel qu'il fut suggéré, ou plus ou moins modifié, dans le sens ci-dessus exposé, selon l'explosif que l'on doit examiner.

Parmi les méthodes d'essai de la stabilité appartenant à la seconde catégorie, c'est-à-dire basées sur l'action de températures plus élevées, ceux qui ont eu application pour les explosifs, exception faite pour la nitroglycérine et pour les dynamites, sont les suivantes :

1° *Essai de stabilité à 135° C.* — Cet essai a pour limite l'apparition des vapeurs rouges dans le tube où l'on fait l'essai, et, comme base de jugement, le temps de l'échauffement.

2° *Essai à 135° C. avec papier bleu de tournesol.* — Cet essai est semblable au précédent, mais on suspend dans l'intérieur du tube, au-dessus de l'explosif, une petite bande de papier bleu de tournesol. En cet essai, la limite est déterminée par le brunissement du petit papier, et le jugement de stabilité est donné par le temps qui s'est écoulé avant de voir roussir le papier réactif.

3° *Essai de Vieille.* — L'essai de Vieille est analogue à l'essai précédent, mais on le répète plusieurs jours de suite à la température de 110° C., en remplaçant chaque jour le papier rouge par un nouveau papier bleu.

L'essai peut être considéré comme terminé le jour où le rougissement du papier bleu de tournesol se manifeste en moins d'une heure, et l'état de l'explosif est estimé par l'addition des temps des échauffements que l'essai a subis, pendant les divers jours qu'on a employés pour arriver à faire roussir les petits papiers bleus.

4° *Essai de Thomas.* — Cet essai est fondé sur les principes du premier, d'après lequel les explosifs, selon leur nature, sont échauffés dans des tubes fermés, à partir de 94° jusqu'à 96° C. ou de 99° jusqu'à 101° C., pendant plusieurs jours et huit heures par jour, jusqu'à la manifestation des vapeurs rouges. Le jugement sur la stabilité est en fonction du nombre de jours d'échauffement subis par l'explosif avant de développer les vapeurs rouges.

5° *Essai de Bergmann et Yunk.* — Cet essai s'approche du premier, mais on l'effectue à 132° C.; il permet de doser quantitativement l'oxyde d'azote qui se dégage de l'explosif dans un temps d'échauffement fixé.

6° *Essai adopté dans les États-Unis d'Amérique.* — Dans cet essai, l'explosif, en des quantités pesées sur des verres de montre, est échauffé en des étuves maintenues à 115° C., pendant six jours de suite et pendant huit heures par jour. De la perte de poids, laquelle, pour les bons produits, ne doit pas dépasser une limite fixée, on juge de l'état de l'explosif.

7° *Essai de la détermination du point d'explosion.* — La plupart de ces méthodes d'essai sont plus ou moins suivies pour la vérification des nitrocelluloses; toutes pourraient servir pour le contrôle des explosifs modernes, quand elles sont appliquées à températures convenablement choisies.

De la revue des susdits essais, exception faite du dernier, valable pour tous les explosifs, il résulte que le plus grand nombre d'entre eux est basé seulement sur deux données pas tout-à-fait suffisantes pour juger sainement l'état de conservation d'un explosif.

En effet, quand on considère ce que l'expérience nous a appris, c'est-à-dire que l'apparition des vapeurs rouges dans un explosif échauffé n'est pas une constante manifestation de son état de décomposition et que le développement des produits gazeux acides, capables de rougir un papier bleu de tournesol, peut se manifester par effet de décompositions limitées et transitoires, on comprend qu'on ne puisse baser un jugement certain sur ces seuls éléments.

Pour cette raison, devant choisir, parmi les méthodes d'essai en usage pour la vérification de stabilité, celles qui, dans l'investigation, offrent des données plus sûres concer-

nant la marche des décompositions, il me paraît convenable d'attirer l'attention sur celles basées sur les évaluations pondérales des produits gazeux éliminés pendant les échauffements appropriés; ces méthodes sont les plus rationnelles.

Ces méthodes, dans notre cas, seraient au nombre de deux, c'est-à-dire : celle de Bergmann et Yunck et celle adoptée dans les Etats-Unis, et l'une et l'autre, exécutées à températures convenables, pourraient servir pour faire évaluer la limite de résistance et ainsi la stabilité d'un explosif.

De ce qui précède il est permis de déduire les propositions suivantes :

Pour la vérification de la stabilité de la nitroglycérine, on continuerait à employer l'essai d'Abel.

Pour la vérification de la stabilité de tous les autres explosifs, on emploierait les essais suivants :

1° Essai préliminaire à température basse, variable selon la nature de l'explosif de 50° à 60° C., à exécuter par la méthode de G. Spica ;

2° Essai de résistance à températures plus élevées, variables selon la nature de l'explosif et à déterminer suivant les expériences, à exécuter par la méthode de Bergmann et Yunck et par la méthode américaine ;

3° Essai de la détermination du point d'explosion, à effectuer par le procédé adopté généralement.

c) NOTE DE M. Gey van Pittius.

Afin de rechercher lesquelles des méthodes d'épreuves chimiques pour contrôler la stabilité des explosifs pourront être recommandées pour l'unification, nous commencerons par classifier et examiner ces méthodes.

Les méthodes actuellement en usage peuvent être réparties dans les groupes suivants :

a) Celles qui permettent de constater les moindres traces de vapeurs nitreuses et, ainsi, la décomposition dès le début; ce sont les épreuves d'après Abel, Spica et Guttmann; l'explosif est chauffé à des températures de 65° à 80°;

b) Celles qui font indiquer la réaction quand une assez grande quantité de vapeurs nitreuses s'est formée; ce sont les épreuves d'après Vieille à 119°, les deux épreuves espagnoles à 135°, et les épreuves hollandaises à des températures de 94 à 101° et de 135°;

c) Celles qui permettent de déterminer la quantité de poudre décomposée après le chauffage pendant un certain temps; ce sont les méthodes de Sy des Etats-Unis (110°) et de Bergmann et Yunck à 132° (Belgique et Pays-Bas);

d) Pour compléter les groupes, nous faisons encore mention de l'épreuve Will (135°) qui donne des résultats magnifiques, mais qui est trop compliquée pour les cas ordinaires. Elle donne un diagramme des quantités d'azote, se formant dans un certain temps.

Ces groupes donnent lieu aux observations suivantes :

*ad. a)* Vu qu'il arrive souvent qu'une poudre commence à montrer plus vite qu'une autre poudre les premières traces de décomposition, tandis que la décomposition avancée est moins importante, on ne peut se fier à ce groupe de méthodes sans les compléter par celles des autres groupes.

La présence, dans l'explosif, de matières ajoutées, qui peuvent entraver la réaction, tel que le mercure, les sels mercuriels, le carbonate de soude, etc ..., est un inconvénient de ce groupe de méthodes. Il est difficile de découvrir toute trace de corps influençant les résultats, d'autant plus que l'addition, comme ingrédient, de certaines matières, tel le sublimé, peut être permise. Pour cette raison,

ce groupe de méthodes aura plus de valeur pour le fabricant qui connaît la manière dont il a fabriqué l'explosif, et qui connaît, par conséquent, toutes les additions faites, que pour l'acheteur de la poudre.

*ad. b)* La décomposition de la poudre ne se trahit que quand elle est assez avancée, c'est-à-dire quand le papier de tournesol se colore en une heure par l'épreuve Vieille, ou quand les vapeurs rouges deviennent visibles dans les éprouvettes, dans les autres épreuves.

La présence de matières ajoutées exerce aussi une influence sur les résultats; les mêmes observations peuvent donc être faites, quoique à un moindre degré, puisque les méthodes ne sont pas aussi sensibles que celles du groupe mentionné sous *a*.

Ici également, le fabricant attachera une plus grande valeur au résultat de l'essai que l'acheteur.

Un autre inconvénient des méthodes *b*, c'est la plus longue durée de l'épreuve en employant un chauffage de 95 à 110°; d'autre part, les températures de 135 et de 140°, qui donnent les résultats plus promptement, sont considérées être trop près du point d'inflammation pour pouvoir être recommandées.

La poudre à base de nitroglycérine ne permet pas le chauffage à ces températures de 135 et de 140° à cause de la volatilité de la nitroglycérine.

*ad. c.)* Ces méthodes dépendent dans un moindre degré de l'appréciation personnelle que les précédentes; seulement elles sont beaucoup plus laborieuses. En outre, l'épreuve Sy (Etats-Unis) dure environ huit jours. Bien que les matières ajoutées modifient les résultats, leur influence est pourtant moins grande que dans les précédentes méthodes; par exemple la présence de carbonate de soude entrave la formation des vapeurs rouges, mais

n'empêche pas que le poids de l'explosif chauffé diminue sensiblement.

*ad. d.)* L'épreuve Will permettant, comme l'épreuve Sy, de dresser un diagramme, est scientifiquement d'une haute valeur, malheureusement elle est trop laborieuse pour la pratique journalière; sans augmenter trop les frais de laboratoire, il serait difficile d'examiner journallement une soixantaine d'échantillons de coton-poudre. Puis, cette épreuve ne peut être employée pour la poudre à base de nitrocellulose gélatinisée. Toutefois, en cas de doute sur la qualité d'un coton-poudre, une commission de réexamination pourra en profiter.

L'impossibilité de juger d'un coton-poudre ou d'une poudre d'après une seule méthode a été cause que la plupart des Commissions d'essai font usage de plusieurs méthodes d'examen et, quoique chaque méthode soit imparfaite, la combinaison de plusieurs qui se complètent donne des résultats pratiques qui permettent de classer la poudre au point de vue de sa conservation. S'il est possible de préparer, au moyen de coton-poudre instable, une poudre donnant en apparence de bons résultats de stabilité d'après une des méthodes nommées, cela n'est plus possible si les méthodes sont appliquées l'une après l'autre. La plupart des Gouvernements et des fabricants suivent ces idées et les cahiers des charges en général prescrivent, en effet, plusieurs méthodes pour l'examen de la stabilité.

Provisoirement, il y aurait donc lieu de déterminer, pour l'examen du coton-poudre et de la poudre, trois méthodes, savoir :

*a)* Une méthode simple et pratique qui marque le temps nécessaire pour faire commencer la décomposition de l'explosif chauffé ;

*b)* Une méthode simple et pratique qui marque le temps nécessaire pour faire avancer jusqu'à une certaine limite la décomposition de l'explosif chauffé ;

c) Une méthode plus compliquée que les précédentes qui peut donner des résultats décisifs en cas de doute.

Pour l'unification des méthodes d'épreuves, on pourrait recommander de chaque groupe une des méthodes employées avec plus ou moins de succès, ce qui pourrait ramener ces épreuves au nombre de trois. Un tel résultat rendrait évidemment possible la comparaison entre eux des résultats d'explosifs de diverses provenances. Seulement, si cette recommandation avait un succès imprévu, je craindrais que la qualité des explosifs ne devienne pas meilleure pour ne pas dire inférieure à celle d'aujourd'hui.

Les méthodes d'épreuves toutefois, quelque méritoires et quelque ingénieuses qu'elles soient, sont loin d'être parfaites et une telle unification pourrait avoir ce résultat : que les fabricants, au lieu de travailler à améliorer leur produit par l'emploi de matières pures et par une manipulation nette, travailleraient surtout à satisfaire aux méthodes unifiées.

A ce point de vue, il m'est donc impossible de recommander, pour l'unification, une des méthodes connues. En outre, aucune des méthodes généralement en usage ne permet d'examiner la poudre avec l'humidité qu'elle contient; or, on ne peut nier que cette humidité ne soit pas sans influence sur la conservation. Plus la méthode d'épreuve s'applique à une température plus élevée, plus l'eau, dans l'explosif, s'évapore rapidement et cesse d'influencer sur les résultats. En outre, il n'est nullement certain que cette influence soupçonnée de l'humidité soit la même pour toutes les sortes de poudre.

*Conclusion.* — Le *Premier rapport* a fait connaître les principales épreuves en usage; nous avons pu ainsi les étudier, de façon à permettre de choisir celles qui conviennent le mieux; mais nos recherches ne sont pas, à mon avis, assez avancées pour que l'on puisse dès à présent unifier les

méthodes. D'autre part, toute nouvelle méthode d'épreuve doit être accueillie et étudiée avec grand intérêt; nous pourrions ainsi contribuer à l'amélioration des explosifs mieux que par une unification prématurée.

d) MISE AU POINT DE LA QUESTION ET NOTRE AVANT-PROJET  
DE CONCLUSIONS.

Le problème à résoudre présente de nombreuses difficultés qu'expliquent suffisamment les différences de composition, de fabrication, d'emploi des divers explosifs, ainsi que la multiplicité même des méthodes employées. De là à conclure que le problème est actuellement insoluble, il y a de la marge; semblable détermination ne pourrait être prise qu'après une discussion, au cours de laquelle les divergences pourraient s'atténuer, si pas se supprimer.

Il convient, nous semble-t-il, en vue de faciliter la solution, d'enserrer la question posée dans des limites qu'elle ne doit pas franchir.

Disons tout d'abord qu'à notre avis, doivent rester seuls en cause les explosifs industriels, et non ceux utilisés dans l'art militaire.

Pour ce qui concerne ces derniers, les méthodes de mesure peuvent être trop liées avec la composition même des explosifs, et celle-ci est trop en rapport avec la valeur des engins de guerre pour que la publicité d'un congrès puisse convenir à la réserve que commandent les intérêts militaires des divers pays.

Il est à remarquer, en ordre subsidiaire, que la durée des explosifs industriels est notablement moindre que celle des explosifs de guerre et que, la stabilité étant fonction de la durée, les méthodes, ou tout au moins les valeurs caractéristiques de celles-ci peuvent être différentes dans l'un ou dans l'autre cas.

Un mot des objections présentées contre l'unification des méthodes de mesure.

La première est que cette unification pourrait inciter les fabricants à travailler exclusivement pour que leurs produits satisfassent aux essais, quitte à ne pas améliorer leurs fabricats. Il semble que l'adoption, non d'un essai isolé, mais d'une série d'essais variés, permettrait d'éviter cet abus, pour autant que celui-ci tendrait à se créer.

Une deuxième objection est qu'aucune méthode, prise isolément, n'est parfaite et que même la combinaison de plusieurs méthodes n'offre pas, dans l'état actuel, toute garantie de sécurité.

Il appartient précisément à la Commission de se prononcer sur ce point.

Nous passons rapidement en revue les diverses méthodes proposées, en les groupant autant que possible.

#### **Épreuves physiques et mécaniques.**

Les méthodes employées peuvent être groupées en quatre classes, en tant qu'elles mesurent :

- 1° La résistance au choc;
- 2° Id. à la friction;
- 3° Id. aux variations normales de température et d'humidité;
- 4° Id. aux effets calorifiques plus prononcés.

Certains des essais de la quatrième classe, entraînant une décomposition de l'explosif, pourraient être aussi bien reportés dans les épreuves chimiques.

#### **PREMIÈRE CLASSE. — Les épreuves par choc.**

Les méthodes par choc sont celles :

- 1° Du marteau;
- 2° Du tir;
- 3° Du mouton.

Les deux premières méthodes possèdent en elles-mêmes des causes d'erreur : la vitesse imprimée au marteau est trop variable pour qu'on puisse considérer cette méthode comme satisfaisante. Le tir présente aussi trop de causes de variation pour que les résultats puissent être tenus comme comparables.

La troisième méthode celle du mouton, peut atteindre un haut degré d'exactitude par l'emploi d'appareils bien construits, mis en œuvre par des personnes expertes.

Les moutons peuvent être guidés ou non.

Pour ce qui concerne les premiers, nous renvoyons aux notes de MM. Lenze et A. Kast (1) et aussi aux notices de M. Bichel.

Le dispositif employé en Angleterre et consistant en un mouton sphérique à suspension électro-magnétique, rentre dans la dernière catégorie. M. Lundholm, dans son premier rapport, nous donne les caractéristiques de cette méthode.

M. Barthélemy, parlant au nom de six des principaux fabricants d'explosifs de France, se rallie à cette méthode, en préconisant diverses mesures destinées à rendre les essais comparables : dressage parfait des surfaces métalliques, emploi de l'échantillon à l'état nu, résultat donné par la moyenne d'essais multiples dont le nombre serait de dix au minimum.

#### **DEUXIÈME CLASSE. — Méthodes par friction.**

Ces méthodes sont celles :

- 1° Du maillet, avec frappe oblique;
- 2° Du mortier et du pilon avec ou sans intervention d'une substance rugueuse en mélange avec l'explosif;
- 3° De l'appareil à secousses.

(1) *Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen*, 1906, p. 289, et *Atti del VI Congresso internazionale di Chimica applicata*.

*Méthode du maillet.* — M. Lundholm, dans son premier rapport, nous a décrit les appareils et ustensiles que l'on met en œuvre : maillet en peau verte, maillet en hêtre, manche à balai, table de support en pierre, en bois dur, en bois tendre. Il relate également la façon de mettre en usage ces différents engins.

*Méthode du mortier.* — On se sert d'un mortier et d'un pilon en biscuit.

M. Heise se contente de signaler cette méthode comme étant employée en Allemagne, l'explosif étant mélangé ou non avec du sable quartzeux.

*Méthode de l'appareil à secousses.* — Cette méthode qui pourrait se classer aussi dans les essais par choc, consiste à placer l'échantillon dans un récipient soumis à des secousses rapides, qui tendent à désagréger le produit. Elle est utilisée en Allemagne.

Les trois méthodes précédentes possèdent-elles la qualité, si désirable pour une méthode d'application générale, de pouvoir être reproduite, aussi identiquement que possible, en tous lieux et par tout opérateur? Il est permis d'en douter.

**TROISIÈME CLASSE. — Méthodes de mesure de la résistance aux variations normales de température et d'humidité.**

Ces méthodes peuvent se diviser en deux catégories : dans celles de la première catégorie, on constate les modifications physiques produites sous l'action des causes précitées, soit par des variations survenues dans la forme des cartouches, soit par des dosages de la teneur en nitroglycérine, qui établissent éventuellement la répartition non uniforme de celle-ci.

Dans les méthodes de la deuxième catégorie se rangent celles qui consistent à déterminer si la stabilité chimique d'un explosif a changé après qu'il a été soumis à des variations de température et d'humidité.

**1<sup>re</sup> CATÉGORIE.** — En ce qui concerne les méthodes de la première catégorie, M. Lundholm nous renseigne sur les procédés suivis en Angleterre, procédés qui varient suivant que l'on a affaire à un explosif à nitroglycérine libre ou gélatinisée.

Dans le premier cas, la méthode consiste à analyser les tranches supérieures et inférieures de quelques cartouches, placées verticalement et ayant subi respectivement des alternatives de sécheresse et d'humidité, ainsi que des variations de température.

M. Barthélemy se rallie d'une façon générale à cette méthode.

Dans le second cas, c'est-à-dire pour les dynamites gélatinisées, le procédé consiste :

1° à maintenir, pendant une période assez longue, une cartouche, placée verticalement, dans une atmosphère chauffée et à mesurer sa réduction de hauteur, laquelle ne doit pas dépasser un pourcentage donné :

2° à soumettre une cartouche à une série de gels et de dégels et à constater qu'il n'y a pas tendance à séparation de la nitroglycérine.

M. Barthélemy trouve ces procédés assez longs, sans leur reconnaître une exactitude bien démontrée. Il croit que l'essai peut se restreindre à congeler, puis à dégeler l'explosif dans une atmosphère tempérée, à le maintenir ensuite pendant quelques heures dans une atmosphère plus chaude. Si la cartouche ne laisse échapper de son enveloppe ni fragment, ni nitroglycérine libre, si, en plus, le produit n'est pas déliquescant, l'explosif sera considéré comme ayant satisfait à l'essai.

**2<sup>me</sup> CATÉGORIE.** — Ces procédés rentrent dans les méthodes de mesure de la stabilité chimique (*voir plus loin*).

QUATRIÈME CLASSE. — Méthodes de mesure de la résistance  
aux effets calorifiques.

Ces méthodes peuvent avoir pour but : soit de rechercher le point d'inflammation, soit de déterminer la résistance de l'explosif à l'action de divers effets calorifiques.

1. DÉTERMINATION DU POINT D'INFLAMMATION. — Elle peut se faire par la méthode de la barre et par celle du bain à chauffe progressive.

a) *Méthode de la barre.* — M. Lundholm a décrit cette méthode, suivie en Angleterre. On détermine la température d'inflammation de l'échantillon considéré, par comparaison avec celles de deux explosifs étalons, qui sont la poudre noire et le fulmi-coton.

b) *Méthode du bain avec chauffe progressive.* — M. Gey van Pittius nous a signalé la méthode, suivie en Hollande, qui consiste à déterminer le point d'inflammation au moyen d'un bain dont la température augmente progressivement et qui baigne un tube éprouvette contenant l'échantillon.

Cette méthode est également suivie en Allemagne.

M. Jacqué nous décrit une méthode analogue, suivie en Espagne, et dans laquelle une disposition ingénieuse permet de régler facilement la marche de l'échauffement.

2. LES MÉTHODES DESTINÉES A MESURER LA RÉSISTANCE DE L'EXPLOSIF SOUS DIVERSES ACTIONS CALORIFIQUES consistent :

a) Soit à projeter des fragments d'explosifs dans une flamme, sur une plaque ou dans une capsule, préalablement chauffées au rouge, et à constater s'il y a inflammation simple ou explosion ;

b) Soit à échauffer progressivement un tube-éprouvette dans lequel on a versé une faible quantité de l'explosif ;

c) Soit à placer sur un bûcher une assez grande quantité d'explosifs, renfermée dans une caisse. Celle-ci peut être

laissée en contact avec les flammes pendant un temps très limité et ne doit pas donner lieu à inflammation, ou bien être laissée sur le bûcher jusqu'à inflammation ou explosion ;

d) Soit à appliquer sur l'échantillon une tige de fer portée au rouge.

Les trois premiers procédés sont utilisés en Allemagne et en Hollande, nous disent MM. Heise et Gey van Pittius ; le dernier est employé en Belgique.

Il est désirable que les méthodes générales dont l'usage serait à préconiser soient aussi peu nombreuses que possible ; dans ces conditions, il est permis de se demander si la détermination du point d'inflammation, quoique très utile pour le classement, est bien nécessaire et si même l'une quelconque des méthodes de la 4<sup>e</sup> classe devrait être retenue comme méthode internationale.

**Épreuves chimiques.**

Les méthodes de détermination de la stabilité chimique peuvent se grouper en quatre classes.

1<sup>re</sup> CLASSE. — Ces méthodes décèlent la décomposition dès son début, ou tout au moins quand elle est peu prononcée encore, a) soit en accusant les moindres traces de vapeurs nitreuses dégagées ; b) soit par une surélévation de température du produit chauffé modérément ou par absorption d'oxygène.

a) *La première catégorie* comprend les épreuves d'Abel, de Spica, de Guttmann.

M. G. Spica nous a fait parvenir les caractéristiques des tests Abel et Spica, tels qu'ils sont employés couramment en Italie.

On peut y rattacher la méthode allemande à 75°.

b) Dans la *deuxième catégorie* rentrent les méthodes

décrites par M. Lundholm dans sa seconde note et qui nécessitent une certaine prolongation du phénomène.

Ces méthodes sont applicables aux explosifs dont un ou plusieurs éléments peuvent tendre à réagir l'un sur l'autre ou qui sont facilement oxydables, tels les explosifs contenant des huiles végétales ou de fines poussières métalliques.

Enfin, on peut rattacher à ce groupe, pour éviter trop de subdivisions :

c) La méthode, également signalée par M. Lundholm, basée sur l'absorption d'oxygène par les explosifs ayant des éléments facilement oxydables.

2<sup>e</sup> CLASSE. — Ces méthodes dénotent un état de décomposition plus avancé, la fin de l'expérience se marquant par l'émission de vapeurs nitreuses bien caractérisées.

Parmi ces méthodes, notons :

L'épreuve française de Vieille, à phases multiples, à 110°;

Les deux épreuves espagnoles, à 135°, signalées par M. Jacqué ;

Les épreuves hollandaises à 95, 100, 135°.

3<sup>e</sup> CLASSE. — Les méthodes de cette classe sont basées sur des pertes en poids de l'échantillon soumis à une ou plusieurs chauffes, à température déterminée.

Elles comprennent :

a) *La méthode de Sy*, à 115°, en usage aux Etats-Unis, et dans laquelle on détermine, par pesées, les pertes totales de l'échantillon soumis à une série de chauffes ;

b) *La méthode de Jacqué*, analogue à la précédente, mais dans laquelle, pour augmenter la rapidité des opérations, la température est portée à une valeur plus élevée ; de 130° à 140°. De plus, l'épreuve se fait, non seulement à l'air libre, mais elle est répétée en vase clos.

c) *La méthode de Bergmann et Yunck*, à 132°, en usage en Hollande et en Belgique et dans laquelle on

détermine la quantité de NO dégagée par une chauffe unique d'une durée déterminée.

4<sup>e</sup> CLASSE. — L'épreuve de Will dans laquelle on mesure la régularité plus ou moins grande de la décomposition de l'échantillon, chauffé à 135°, par l'enlèvement continu des produits dégagés et par la détermination périodique de leurs valeurs quantitatives.

#### Classification des explosifs.

Certaines des méthodes citées dans les pages précédentes conviennent à tous les explosifs ; quelques-unes ne s'appliquent qu'à certains d'entre eux.

Il est donc nécessaire de ranger les divers explosifs en quelques classes, à chacune desquelles correspondraient une ou plusieurs méthodes déterminées.

Il semble qu'il y a lieu de ne tenir compte que des explosifs industriels d'un emploi courant.

Dans ces conditions, les explosifs pourraient être rangés dans les classes suivantes, à la plupart desquelles d'ailleurs les mêmes méthodes seraient applicables :

- 1° Nitrocelluloses ;
- 2° Dynamites ;
- 3° Explosifs au nitrate d'ammoniaque ;
- 4° » aux chlorates et perchlorates ;
- 5° Poudres noires.

#### Conclusions.

Des avis qui nous sont parvenus, il semble se dégager cette conclusion que les essais physiques et mécaniques pourraient se limiter :

- 1° A un essai au choc par le mouton ;
- 2° A un essai de résistance aux variations normales de chaleur et d'humidité ;
- 3° Peut-être, à un essai de résistance à une action calorifique plus accentuée.

En ce qui concerne les essais chimiques, les mesures se restreindraient soit à deux essais : l'un basé sur le temps au bout duquel la réaction commence à s'amorcer, l'autre correspondant à une décomposition bien caractérisée; soit uniquement à cette dernière épreuve, ainsi que le préconise un des membres de la Commission.

### III<sup>me</sup> PARTIE. — Les travaux de la Commission allemande.

L'exposé qui termine la deuxième partie, donne l'état de la question avant le Congrès de Londres. Mais, comme nous l'avons déjà dit plus haut, de nouveaux et importants éléments d'appréciation sont donnés par les travaux de la Commission nommée par le Gouvernement allemand pour rechercher les épreuves les plus rationnelles à faire subir aux explosifs pour l'admission de ceux-ci au transport par chemin de fer.

Ce sont ces travaux et le règlement en cours d'élaboration qui ont motivé l'abstention relative des membres allemands de la Commission internationale, dans les travaux de celle-ci.

Ici nous laisserons la parole à MM. WILL et LENZE, qui ont exposé, le dernier par l'organe du D<sup>r</sup> KAST, devant le Congrès de Londres, les principes de la réglementation nouvelle dont nous donnons, à la suite, le texte complet (annexe II).

Mais auparavant, nous intercalerons ici quelques mots sur une communication présentée au Congrès par M. le D<sup>r</sup> Kast et ayant trait à l'épreuve au mouton qui fait partie intégrante des épreuves mécaniques de stabilité.

#### NOTE DE M. KAST.

M. Kast rappelle la note présentée au Congrès de Rome par M. Lenze. Il fait ressortir de nouveau combien il

importe, pour l'épreuve au mouton, que la masse percutante ne tombe pas directement sur l'explosif, car, les résultats dépendant de l'épaisseur de la couche et de l'étendue de la surface heurtée, il est impossible d'avoir l'uniformité d'effet par choc direct.

Il s'en réfère à la description donnée par M. Lenze, de l'appareil en usage à Berlin pour les essais et insiste sur les conditions auxquelles doit satisfaire l'épreuve, pour avoir son plus haut degré d'exactitude.

Il met en garde contre les dispositifs qui amèneraient en même temps du frottement, car dit-il, les explosifs ne se classent pas dans le même ordre pour la résistance au frottement que pour la résistance au choc.

Il importe aussi que, lors du choc, l'explosif ne puisse s'échapper latéralement et reçoive le choc bien nettement sur toute la surface de l'échantillon.

Voici maintenant, quelque peu résumées et condensées, les notes de MM. Will et Lenze.

#### NOTE DE M. Will.

Le fait qu'une nouvelle réglementation était en cours d'élaboration en Allemagne, élaboration dans laquelle j'étais personnellement engagé, ne m'a pas permis jusqu'ici de donner suite à l'invitation de M. le Président de la Commission internationale et de prendre une part effective aux travaux de celle-ci.

Cette nouvelle réglementation est actuellement chose faite.

Dans son élaboration, nous avons cherché à nous conformer aux principes exposés par moi au Congrès de Rome, à savoir qu'il y a lieu de faire dépendre les conditions, sous lesquelles les explosifs peuvent être admis au transport, du résultat d'une série de recherches. Pour

celles-ci sont prescrites des méthodes déterminées qui visent les propriétés ayant de l'importance au point de vue des dangers du transport.

Telles sont : la composition chimique, la stabilité pendant l'emmagasinage, la résistance à l'inflammation, la sensibilité vis-à-vis des actions mécaniques, la possibilité de séparation des parties constitutives du mélange, etc. Il y a aussi à envisager la possibilité de l'influence d'autres matières empaquetées et transportées en même temps.

Les explosifs appartiennent, d'après le règlement de transport par chemin de fer, aux substances présentant des dangers d'explosion, et qui ne sont admises au transport que conditionnellement.

Ces substances comprennent toutes les matières susceptibles d'explosion, à l'exception de celles ne servant ni pour le tir ni pour le minage, qui ne peuvent être portées à l'explosion par une flamme et sont aussi peu sensible aux chocs que l'est le *Dinitrobenzol*.

On a divisé les explosifs, d'abord en deux grandes divisions : les explosifs servant au minage et ceux servant au tir et à d'autres usages.

Les explosifs de minage (*Sprengmittel*) se subdivisent comme suit :

- 1° Les explosifs au nitrate d'ammoniaque ;
- 2° Les composés organiques nitrés ;
- 3° La chlorhydrine nitrée ;
- 4° Les nitrocelluloses ;
- 5° Les chlorates et les perchlorates ;
- 6° Les poudres noires et autres explosifs analogues ;
- 7° Les dynamites.

Les explosifs de tir (*Schiessmittel*) se subdivisent de leur côté comme suit :

- 1° Les poudres sans fumée, sans nitroglycérine ;
- 2° Id. avec id.
- 3° Les poudres noires.

D'après les résultats des essais, les explosifs sont rangés, pour les conditions de transport, en trois groupes :

Le groupe I comprend les explosifs de sûreté (au point de vue des manipulations) qui peuvent être admis, en quantité illimitée, comme simples marchandises, à savoir notamment :

- Les explosifs au nitrate d'ammoniaque ;
- Les substances nitrées non dangereuses ;
- Les nitrocelluloses humides ;
- Certains explosifs analogues à la poudre noire.

Le groupe II comprend les explosifs qui peuvent être admis comme simples marchandises, mais en quantités ne dépassant pas 200 kilogrammes.

Se trouvent dans ce groupe :

- Les chlorates et perchlorates insensibilisés ;
- Les composés organiques nitrés humides, plus dangereux que ceux du groupe précédent, tels l'acide picrique ;
- Les chlorhydrines nitrées.

Les explosifs du groupe III ne peuvent être transportés que dans des wagons spéciaux.

Appartiennent à ce groupe :

- Les dynamites ;
- Les poudres noires les plus dangereuses ;
- Les cotons-poudres et les cotons collodions ;
- Les chlorates et les perchlorates.

Parmi les explosifs de tir, les uns peuvent être expédiés comme ceux du groupe I ; tels sont : les poudres sans fumée à la nitrocellulose, avec ou sans nitroglycérine, qui sont bien gélatinisées et possèdent une grande stabilité.

Les autres (tels les nitrocelluloses et les poudres noires) ne peuvent être expédiés que dans des wagons spéciaux à moins qu'ils ne soient emballés dans des conditions déterminées, auquel cas ils peuvent être expédiés comme marchandises, mais en quantités inférieures à 200 kilog.

Le classement dans un des groupes mentionnés ci-dessus dépendra de la façon dont se comportera l'explosif aux épreuves prescrites.

On a jugé opportun de choisir, dans chacun des groupes, un EXPLOSIF DE COMPARAISON, les explosifs étant classés suivant qu'ils se montreront aux épreuves, aussi sûrs que l'explosif de comparaison.

M. Will laisse à son *Correferent* M. Lenze, le soin de faire connaître les méthodes d'épreuves. Il fait remarquer toutefois que celles-ci doivent être appliquées plus rigoureusement quand il s'agit d'explosifs à admettre comme marchandises ordinaires, tandis qu'on peut être plus tolérant quand il s'agit d'explosifs qui seront expédiés dans des wagons spéciaux.

M. Will dit, en terminant, que ce règlement est susceptible sans doute de subir diverses modifications que l'expérience indiquera; mais il croit que, tel qu'il est, ce règlement constitue sur les manières de faire antérieures un progrès réel, tant pour l'augmentation de la sécurité des transports que pour la facilité des fabricants qui sauront maintenant à quoi s'en tenir sur les épreuves que devront subir leurs produits et qui pourront même s'installer eux-mêmes pour s'assurer si leurs explosifs se trouvent dans les conditions requises. Il croit aussi que ce règlement, appuyé sur un travail expérimental sérieux, est de nature à faire avancer la question des transports internationaux.

#### NOTE DE M. Lenze.

Les essais qui ont été récemment prescrits en Allemagne pour décider de l'admissibilité des explosifs au transport par chemin de fer ont, comme l'a dit M. Will, pour premier but, la détermination des propriétés influant sur la sécurité des explosifs au point de vue de leur transport et conséquemment sur la sécurité du transport lui-même.

Ces propriétés sont :

La stabilité pendant l'emmagasinage ou l'exposition à la chaleur;

La sensibilité à l'action mécanique (choc et frottement);

L'inflammabilité et la propriété de faire explosion dans le feu ainsi que sous l'action d'une haute température.

De ces propriétés, la plus importante, pour la question qui nous occupe, semble être la propriété d'exploser dans le feu et sous l'action d'une haute température. En effet, il est, en général, de l'intérêt du fabricant d'explosifs de veiller à ce que ses produits soient suffisamment stables et résistent au choc et au frottement. Ces propriétés sont donc pour nous d'un intérêt secondaire, car le règlement des chemins de fer exige, pour le transport des explosifs, un emballage soigné et, sans conteste, un emballage conforme au règlement constitue pour l'explosif une bonne protection contre les chocs et les frottements. On en a pour preuve des essais qui ont été effectués à grande échelle (chûte de 10 mètres de hauteur sur un sol pavé, de caisses ordinaires de dynamite et explosifs au chlorate; chute de la même hauteur d'un poids de 50 kilog. sur les dites caisses).

Pour ce qui regarde les *explosifs de minage* (*Sprengmittel*), à l'exception de la nitrochlorydrine et des nitrocelluloses contenant de l'eau et de l'alcool, on doit aussi considérer leur composition, leur réaction vis-à-vis du papier de tournesol, leur pouvoir de former des sels, et d'autres propriétés encore, ainsi que leur aptitude à se décomposer.

On doit examiner, dans les explosifs au nitrate d'ammoniaque contenant de la nitroglycérine, leur aptitude à l'exsudation de la nitroglycérine, lorsqu'on y ajoute de l'eau; dans les corps nitrés simples, la tendance à former des sels (par exemple du picrate); dans les nitrocelluloses la teneur en eau et en alcool, l'effet produit par l'adjonction

de corps tels que le nitrate de baryte et la stabilité au moyen d'un essai de déflagration à 145°; dans les explosifs au chlorate, l'aptitude de leurs éléments constitutifs à se disassocier ou à se séparer (comme pour les explosifs au nitrate d'ammoniaque) et la manière dont ces explosifs se comportent quand on les fait séjourner alternativement dans un endroit humide, puis dans un endroit sec, et enfin, dans les dynamites, l'aptitude à exsuder de la nitroglycérine, quand on expose ces explosifs à la chaleur (30°).

Dans presque tous ces essais, on fait usage, ainsi que l'a déjà dit M. Will, d'un « explosif de comparaison » dont les propriétés sont parfaitement connues et qui est introduit dans la pratique depuis des années.

Il ne s'agit donc point d'obtenir des résultats ayant une valeur absolue, mais bien des résultats comparatifs.

Quant aux *explosifs de tir*, on les expérimente d'abord comme tels, c'est-à-dire à l'état de produits finis, puis, on examine leurs composants, par exemple la nitrocellulose et la nitroglycérine au point de vue de leur composition chimique, suivant une méthode spéciale, et au point de vue de leur pureté. L'examen de la poudre fabriquée porte sur la stabilité et l'aptitude à exploser comparativement à une poudre de composition connue.

De même que pour les explosifs de minage, cette dernière propriété (aptitude à l'explosion) est la plus importante pour la détermination du plus au moins de danger que présentent les explosifs de tir au point de vue de leur transport.

Le règlement ne prescrit pas d'expérimenter spécialement ces explosifs au point de vue de leur aptitude à supporter un long emmagasinage; cette expérience est remplacée par une épreuve de stabilité à 132° et à 120°, des produits constituants (nitrocellulose et nitroglycérine) et de la poudre fabriquée et aussi par la détermination de leur température de déflagration.

Quant aux autres substances susceptibles d'exploser qui, quoique ne faisant pas partie des deux grandes catégories citées, sont cependant également visées par le règlement en ce qui concerne leur transport par chemin de fer, on les expérimente au point de vue de leur sensibilité aux actions mécaniques, ainsi qu'au point de vue de leur aptitude à exploser, de la même manière qu'on expérimente les corps nitrés de la série aromatique. L'explosif de comparaison employé pour ces expériences est l'acide picrique.

La plupart de ces méthodes sont déjà employées depuis des années par l'administration des chemins de fer.

Il ne nous est pas possible de décrire ici dans tous leurs détails toutes les épreuves prescrites. D'ailleurs, ces méthodes sont relatées plus ou moins complètement dans le règlement qui forme l'annexe *Cla* du Règlement des chemins de fer (1). Nous ne décrivons donc ici, brièvement, que les méthodes qui sont d'une importance toute spéciale pour la détermination du danger que présentent les explosifs au point de vue de leur transport; ce sont :

- a) La détermination de la stabilité des explosifs pendant une exposition ou un emmagasinage à une température de 75°;
- b) La détermination de la sensibilité vis-à-vis du choc du mouton;
- c) L'essai des explosifs au point de vue de leur aptitude à exploser.

a) L'examen des explosifs de minage au point de vue de leur résistance à l'emmagasinage s'effectue de la manière suivante : on place 10 grammes d'explosif dans des verres fermés qu'on expose à une température d'environ 75° dans un thermostat, ou mieux dans un four chauffé au

(1) Le texte de ce règlement est donné plus loin (annexe III).

moyen de carbure tétrachloré (température de fusion : 76 à 77°). L'explosif doit pouvoir supporter un emmagasinement de cette sorte pendant 48 heures, sans subir d'altérations notables. Ces altérations se manifestent entr'autres par un dégagement de vapeurs nitreuses, par une odeur particulière, des colorations et une grande diminution de poids. En fait, tous les explosifs au nitrate d'ammoniaque, corps nitrés, explosifs au chlorate, poudres noires et explosifs du genre dynamites autorisés jusqu'à présent, peuvent supporter cette épreuve pendant plus de huit jours; même les explosifs des cinq premiers groupes nommés peuvent souvent subir l'épreuve pendant plusieurs semaines.

L'épreuve d'emmagasinement dans un milieu chauffé à 75° accompagnée de l'épreuve, dans les mêmes conditions, d'un explosif de comparaison, est à notre avis très rationnelle, l'épreuve s'effectuant à une température relativement basse, durant un temps suffisamment long et se rapprochant davantage des conditions de la pratique que l'épreuve dite de chaleur, qui se fait à une température bien plus élevée (100°).

Cette haute température constitue une exigence excessive par suite de la présence de la nitroglycérine et d'autres constituants peu stables.

Les « tests » (par exemple : test Abel) dans lesquels le commencement de l'altération est annoncé par la coloration d'un papier d'épreuve ou d'une façon analogue, ne semble pas non plus convenir au cas qui nous occupe, étant donné l'énorme variété d'explosifs, étant donné également qu'il entre dans leur composition une quantité de corps qui peuvent masquer les manifestations de l'altération. Un autre motif encore pour rejeter cette méthode, c'est que l'on fait usage, pour la fabrication des explosifs de mines, de produits industriels, tels le Dinitrotoluol et le Trinitrotoluol, dont les fabricants ne garantissent pas l'ab-

solue pureté. Une dernière raison, c'est que les explosifs de minage contiennent parfois des matières exsudant facilement de l'acide ou aussi des matières aisément sublimes, qui influencent la réaction. Ces produits étrangers et bien d'autres encore que contiennent éventuellement les explosifs peuvent avoir pour effet que l'échantillon soumis au « test » manifeste des signes d'une altération qui n'aurait absolument rien d'une décomposition réelle. Cette méthode est, en général, à notre avis, beaucoup trop sensible.

La méthode par chauffage à 75° demande naturellement un peu plus de temps, mais aussi, dans la plupart des cas, elle donnera des résultats plus probants que l'autre méthode. A la condition que cette épreuve soit organisée rationnellement, elle peut même encore parfaitement convenir comme épreuve normale pour la détermination de la stabilité des explosifs.

b) Pour ce qui regarde la méthode usuelle de détermination de la sensibilité au choc des explosifs au moyen du mouton, méthode prévue également par le règlement des chemins de fer, je me réfère à mon travail présenté au VI<sup>e</sup> Congrès international à Rome, en 1906, sur les épreuves de sensibilité et la méthode du mouton. Celle-ci ayant fait le sujet d'un travail spécial par M. le D<sup>r</sup> Kast, je me contenterai de mentionner que l'appareil d'épreuve construit par le D<sup>r</sup> Kast et déjà décrit par moi dans un travail antérieur, a été employé par l'Administration militaire d'essais, à laquelle il a donné toute satisfaction.

c) Les essais des explosifs pour la détermination de leur aptitude à l'explosion est, comme je disais au commencement de ce travail, de la plus grande importance pour l'appréciation du danger qu'offre le transport de ces explosifs. Ces essais ont pour but de faire connaître si, dans le cas où, durant le transport en chemin de fer, une

grande quantité d'explosifs se mettrait à brûler, ces explosifs détoneraient, en d'autres termes, si, dans le cas d'un tel incendie, une explosion en masse serait à craindre. Pour les *explosifs de minage*, on ne connaît jusqu'à présent aucune méthode pouvant servir à déterminer exactement cette propriété et force est bien de se contenter de méthodes empiriques.

Pour obtenir une idée exacte de cette propriété des explosifs, on a fait choix de diverses méthodes d'épreuve ayant toutes pour principe la manière dont se comporte l'explosif lorsqu'on l'allume. On s'est efforcé, pour ces épreuves, de choisir des conditions aussi différentes que possible les unes des autres. Les méthodes en question sont les suivantes :

1. Action des jets d'étincelles produits par la combustion d'une mèche Bickford sur des échantillons d'explosifs (3 grammes), afin de déterminer le degré d'inflammabilité de l'explosif ;

2. Échauffement de petites parties de 0<sup>g</sup>1 à 0<sup>g</sup>5 d'explosifs jusqu'à leur déflagration ou leur décomposition complète, dans le but de constater les manifestations de la décomposition de l'explosif par l'échauffement lent.

3. Projection de parties de 5 grammes d'explosif dans des capsules de fer pour permettre d'observer la combustion ou éventuellement l'explosion de l'explosif brusquement surchauffé.

4. Combustion, dans un feu de bois, de parties d'explosif enfermées dans des boîtes en fer blanc. Les quantités contenues dans ces boîtes varient suivant le poids spécifique de l'explosif, de 500 à 1000 grammes. Cette expérience a pour but de permettre de se rendre compte de l'influence d'un feu violent sur un explosif enfermé.

Dans toutes ces méthodes, on se sert d'un explosif de comparaison dont de nombreux essais effectués au cours des années ont fait connaître à fond les propriétés.

De toutes ces données sur les diverses méthodes de détermination de l'explosibilité des explosifs, on peut immédiatement conclure que le choix de ces méthodes a été toujours guidé par l'idée de tenir compte autant que possible des circonstances pouvant accompagner, le cas échéant, l'inflammation des explosifs. L'expérience a démontré que l'emploi simultané de toutes ces méthodes peut donner une bonne idée du degré plus ou moins élevé d'explosibilité de l'explosif et ainsi de sa plus ou moins grande tendance à exploser dans le feu.

Pour la détermination de l'explosibilité des *explosifs de tir*, on fait exploser, au moyen de détonateurs, des charges de 0<sup>g</sup>54 dans le bloc de plomb de Trauzl et on examine comment ils se comportent. L'explosif de comparaison employé ici est une poudre à la nitroglycérine de force moyenne et dont la composition est bien connue. Cette méthode a déjà été proposée il y a de longues années au Bureau militaire d'essais pour l'essai des diverses poudres sans fumée de guerre et de chasse au point de vue de leur force, point qui une fois connu permet de déterminer l'aptitude de la poudre à faire explosion lorsqu'elle est emballée.

Nous avons ainsi brièvement décrit les méthodes les plus importantes employées actuellement en Allemagne pour l'essai des explosifs, afin de pouvoir admettre ceux-ci au transport par chemin de fer. Lorsqu'il y a doute sur le point de savoir si tel explosif de mine doit être classé dans tel ou tel groupe pour le transport, il y a lieu de compléter les épreuves décrites ci-dessus par des essais à grande échelle.

Pour terminer, qu'on me permette de remarquer que les prescriptions pour les épreuves d'explosifs à admettre au transport par chemin de fer, ont été établies après qu'une

grande partie des explosifs existants eurent déjà été expérimentés à très grande échelle, en deux endroits différents, suivant les méthodes anciennes que l'on avait employées jusqu'alors et suivant les nouvelles méthodes qui venaient d'y être ajoutées. Ce sont ces expériences entreprises, d'une part, à la station centrale pour les expériences scientifiques et techniques à Neubabelsberg, par M. Will, et, d'autre part, dans la station d'essais de l'armée, par moi-même avec la collaboration de M. le D<sup>r</sup> Kast, qui ont constitué la base du règlement actuel.

## ANNEXES

### ANNEXE I

#### Recherches sur les poussières de charbon à la galerie d'essais du district minier de Rossitz (1).

#### RAPPORT

*du Commissaire supérieur des mines, Directeur CZAPLINSKI  
et du Directeur des travaux JICINSKY.*

En 1908, le Comité permanent, de Vienne, pour l'étude des questions relatives au grisou, a décidé de continuer les essais sur les poussières de charbon des districts d'Ostrau et de Rossitz.

L'exécution de cette décision fut confiée aux auteurs du présent rapport.

MM. l'Administrateur Schulz et l'Ingénieur en chef Panek, membres du Comité, collaborèrent à ces travaux.

Comme galerie d'essais, on fit choix d'une galerie située à Babitz, près de Segengottes.

Les résultats des expériences, qui ne sont pas encore terminées, seront relatés dans les publications du Comité permanent; mais il est opportun, et ceci intéressera les mineurs, de donner dès maintenant quelques indications sur les résultats obtenus jusqu'à présent.

#### I. — But des essais.

Les essais ont pour but de continuer les recherches antérieures et notamment de déterminer les conditions dans lesquelles les poussières de charbon de Rossitz peuvent exploser, même en l'absence de grisou, de rechercher l'efficacité et l'application possible des moyens employés ou proposés soit pour atténuer, soit pour empêcher les explosions de poussières. Il s'agit plus particulièrement de rechercher l'action de rideaux d'eau, de zones humides ou sèches, exemptes de poussières, et aussi de zones schistifiées.

D'autres essais seront effectués sur les poussières en présence de gaz explosibles.

(1) Traduit de l'*Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*, 1909, nos 35 et 36.

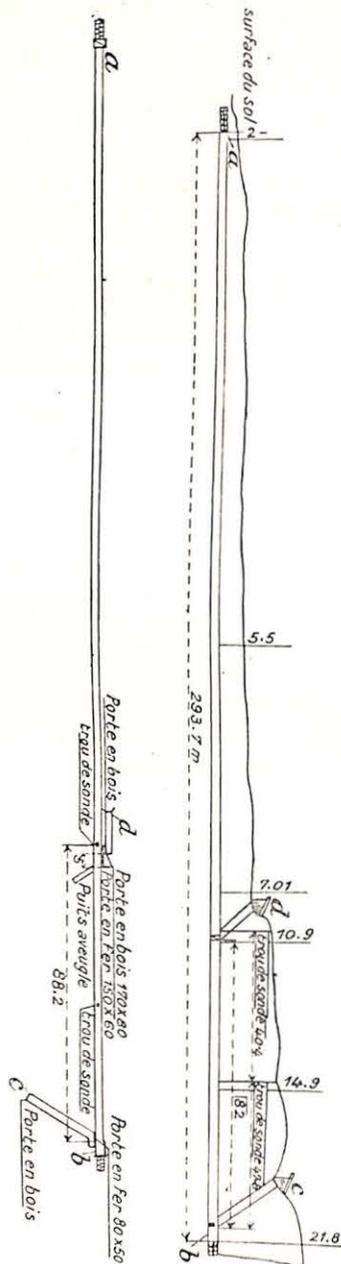


Fig. 1-2. — Galerie d'essais (1 : 2000).

Fig. 1. — Profil.

Fig. 2. — Plan.

### 11. — Description de la galerie d'essais et des installations annexes.

La galerie, longue de 293<sup>m</sup>70 (fig. 1 et 2), est pourvue d'un puits *a*, de 4<sup>m</sup>50 de profondeur, non loin de son orifice, qui a été obturé; elle possède à son autre extrémité une chambre d'explosion *b*.

A 76<sup>m</sup>30 de celle-ci, est branché sur la galerie principale un cul-de-sac de 7<sup>m</sup>60 de longueur.

Le puits d'entrée *a* de la galerie et les deux puits *c* et *d*, dont le premier se trouve immédiatement en amont de la chambre d'explosion et le second à 12 mètres de distance de celle-ci, assurent la ventilation, donnent accès dans la galerie et permettent d'observer les phénomènes concomitants ou subséquents à l'explosion.

Le recouvrement de terres varie de 2 mètres à 21<sup>m</sup>60 et on peut se rendre compte de son profil par l'examen de la figure 1.

A la distance de 47<sup>m</sup>80 et à celle de 88<sup>m</sup>20 de la chambre d'explosion, aboutissent dans la galerie deux tuyaux juxtaposés placés dans un trou de sonde; l'un d'eux permet l'introduction de la poussière dans la galerie, le second contient les arbres de transmission du dispositif de mise en suspension de ces mêmes poussières.

La galerie dont le ciel est en forme de voûte, est revêtue, partie au moyen de moëllons de 0<sup>m</sup>45 d'équarrissage, partie par de la maçonnerie de 0<sup>m</sup>06 d'épaisseur; à la chambre d'explosion, elle a une largeur de 1<sup>m</sup>30 à l'aire de voie, 1<sup>m</sup>44 à la naissance de la voûte et une hauteur de 1<sup>m</sup>74. La hauteur des impostes, à partir de l'aire de voie, est de 1<sup>m</sup>22. La section est de 2<sup>m</sup>22.

La hauteur de la galerie augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la chambre d'explosion; elle atteint 2<sup>m</sup>08 près du puits de circulation *d*, la section y est de 2<sup>m</sup>60. Plus loin, à l'entrée, la hauteur atteint 2<sup>m</sup>40 et la section 3<sup>m</sup>40.

La chambre d'explosion (fig. 3 à 5), située à l'extrémité de la galerie, est revêtue en béton; le plafond est arqué sur 0<sup>m</sup>06 de flèche. Elle a 9<sup>m</sup>30 de longueur, 1<sup>m</sup>70 de profondeur et 1<sup>m</sup>82 de hauteur maximum. Elle peut être séparée de la galerie proprement dite par une cloison de papier fixée à un cadre en bois *h*.

Dans la chambre, aboutissent par le puits de circulation *C* deux tuyaux *i* et *k* de 0<sup>m</sup>065 de diamètre et de 0<sup>m</sup>035 de diamètre intérieur, par lesquels on peut introduire à partir du jour des poussières et éventuellement du gaz.

Le puits de circulation *c* a 22<sup>m</sup>50 de longueur suivant la projection horizontale, 21 mètres suivant la verticale. Il est revêtu en bois et a une section utile de 1<sup>m</sup>30 sur 1<sup>m</sup>90. Il est pourvu, sur une partie de sa longueur, d'escaliers, sur le restant, d'échelles. Il peut être isolé, à la partie supérieure, par une porte en bois et, à la partie inférieure, par une porte en fer de 0<sup>m</sup>82 de hauteur, 0<sup>m</sup>50 de largeur et 0<sup>m</sup>01 d'épaisseur. Cette porte s'ouvre vers la galerie et, quand elle est fermée, elle se trouve dans le même plan que la paroi de la galerie.

C'est dans le puits de circulation que sont placés les deux tuyaux mentionnés précédemment et la canalisation électrique amenant le

Fig. 3-5. — Chambre d'explosion (1 : 100).

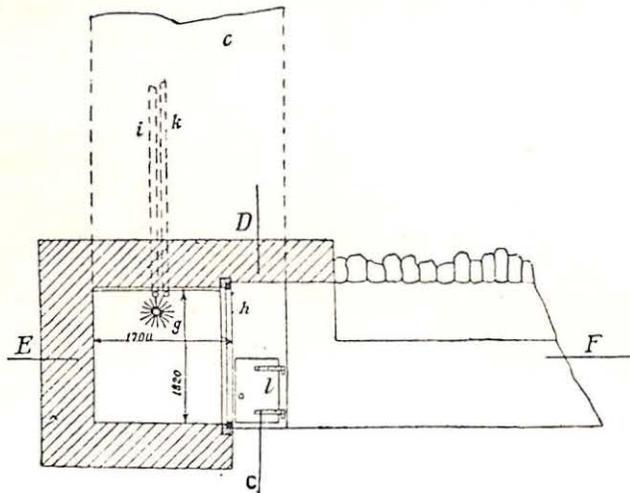


Fig. 3. — Coupe verticale.

courant au moteur *m*, installé au pied du puits et actionnant la moulinet-disperseur *g* de la chambre d'explosion.

À l'orifice du puits de circulation se trouve, abritée par une baraque en bois, la station d'approvisionnement de gaz (fig. 6), consistant en deux réservoirs jaugés, construits en tôle de fer : l'un contenant l'eau, le second le gaz. On peut ainsi envoyer dans la chambre d'explosion un mélange gazeux à teneur déterminée.

Le puits *d* (fig. 1 et 2) a une longueur de 13<sup>m</sup>50 suivant la projection horizontale et de 9<sup>m</sup>9 suivant la verticale. Il est également revêtu en bois et pourvu d'échelles; il peut être isolé de la galerie,

aussi bien en haut qu'en bas, par des portes en madriers qui s'ouvrent vers l'extérieur, la porte du bas se trouve dans le prolon-

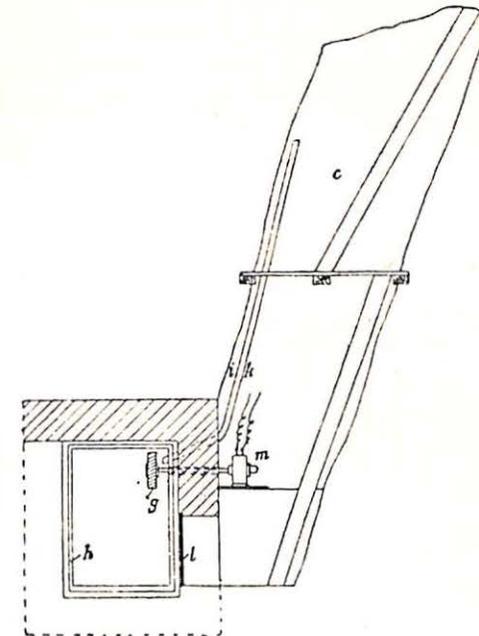


Fig. 4. — Coupe CD.

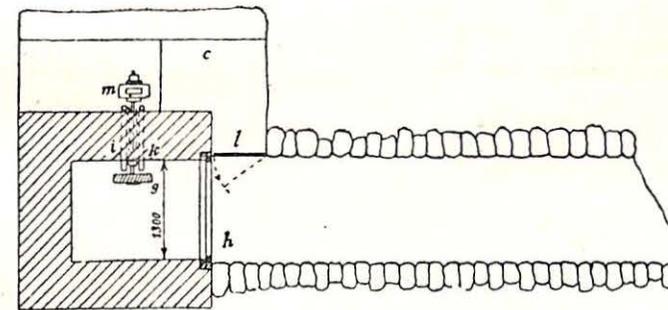


Fig. 5. — Coupe EF.

gement des parois de la galerie. La hauteur libre de ce puits est de 1<sup>m</sup>80, sa largeur de 1<sup>m</sup>20. En vue d'essais ultérieurs, la porte inférieure en bois a été remplacée par une porte en fer, de moindres dimensions, de 1<sup>m</sup>50 de hauteur, 0<sup>m</sup>60 de largeur et 0<sup>m</sup>01 d'épais-

seur. Cette porte s'ouvre vers la galerie et peut être fermée par un verrou.

Le puits *a* qui se trouve à l'entrée de la galerie a une section de 1<sup>m</sup>70 sur 1<sup>m</sup>85 (fig. 7 et 9); il est muni d'échelles, il est couvert par des planches et il sert de puits de sortie. L'éclairage de la galerie est fourni par de petites lampes à incandescence, avec manchons protec-

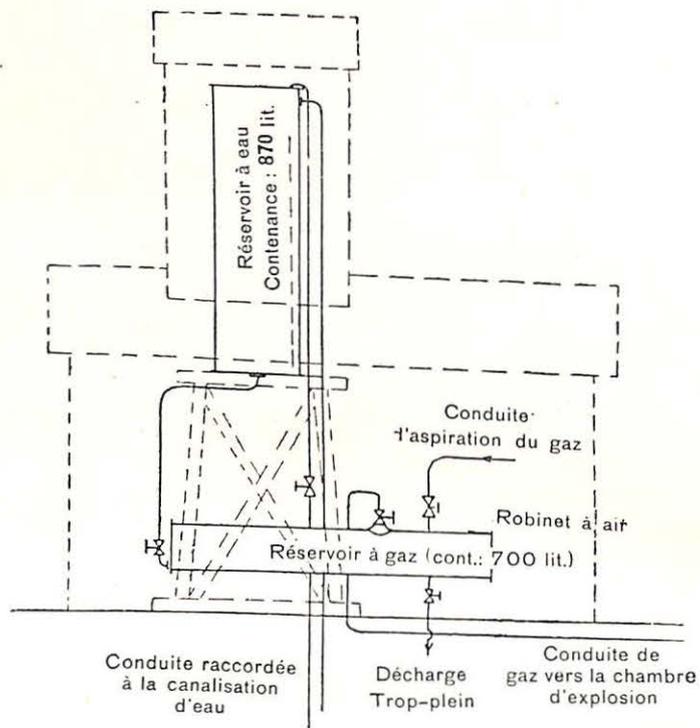


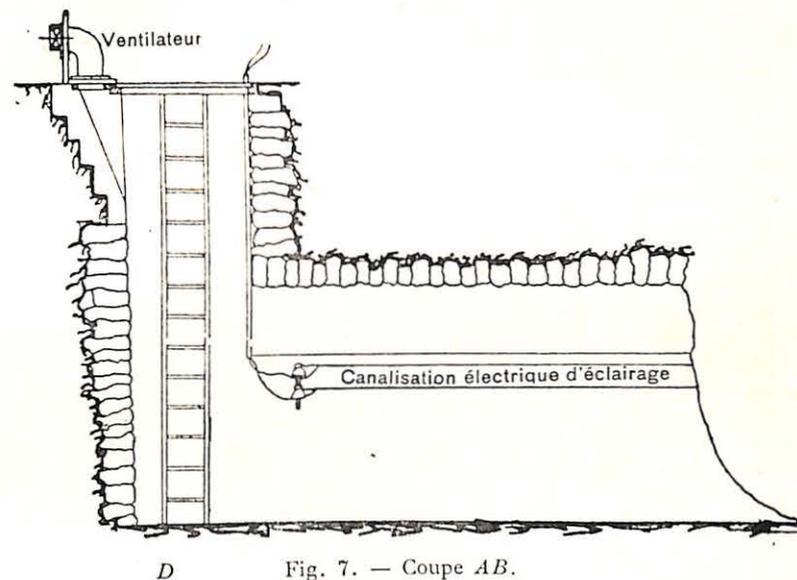
Fig. 6. — Station à gaz. (1 : 7.5). — Vue.

teurs, suspendues dans de petites niches ménagées dans les parois.

La ventilation est réalisée, en été, par un ventilateur en relation avec le puits situé à l'entrée de la galerie. Cet appareil est activé électriquement et peut aspirer 20 mètres cubes par minute. Il sera remplacé par un ventilateur plus puissant. En hiver, l'aérage naturel crée un courant qui atteint jusque 90 mètres cubes à la minute et est suffisant pour que les essais se fassent sans le secours du ventilateur.

Les poussières peuvent être mises en suspension de diverses façons. Le dépôt de poussières au repos est réalisé en suspendant à des crochets fixés de 5 à 5 mètres dans la galerie, des treillis en bois

C Fig. 7-9 — Puits de sortie.



D Fig. 7. — Coupe AB.

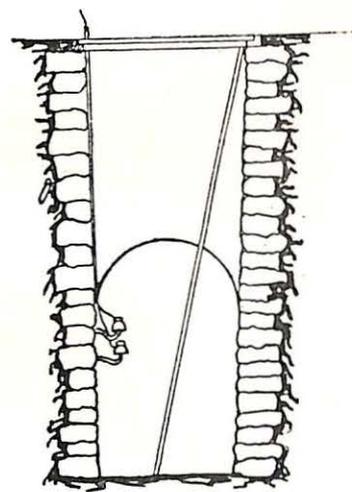


Fig. 8. — Coupe CD.

(fig. 10), analogues à des jalousies, dont les planchettes sont recouvertes, avant le coup de mine, d'une quantité convenable de poussières; en outre, on peut déposer des poussières sur des planchettes fixées obliquement aux parois de la galerie.

La poussière peut aussi être mise en suspension par un dispositif spécial (fig. 11). Celui-ci consiste en un moulinet en bois *g*, animé d'un mouvement rotatif et sur lequel on déverse les poussières par un tuyau spécial *i*. On obtient ainsi un brassage énergique des

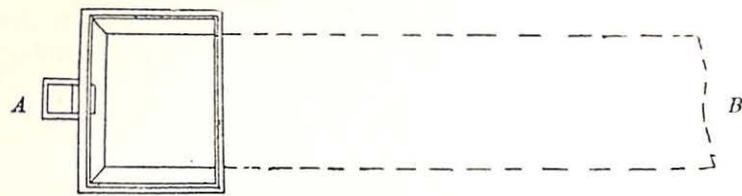


Fig. 9. — Plan.

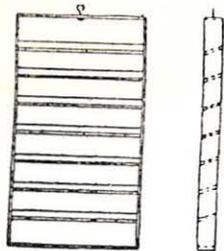


Fig. 10. — Treillage à poussières.

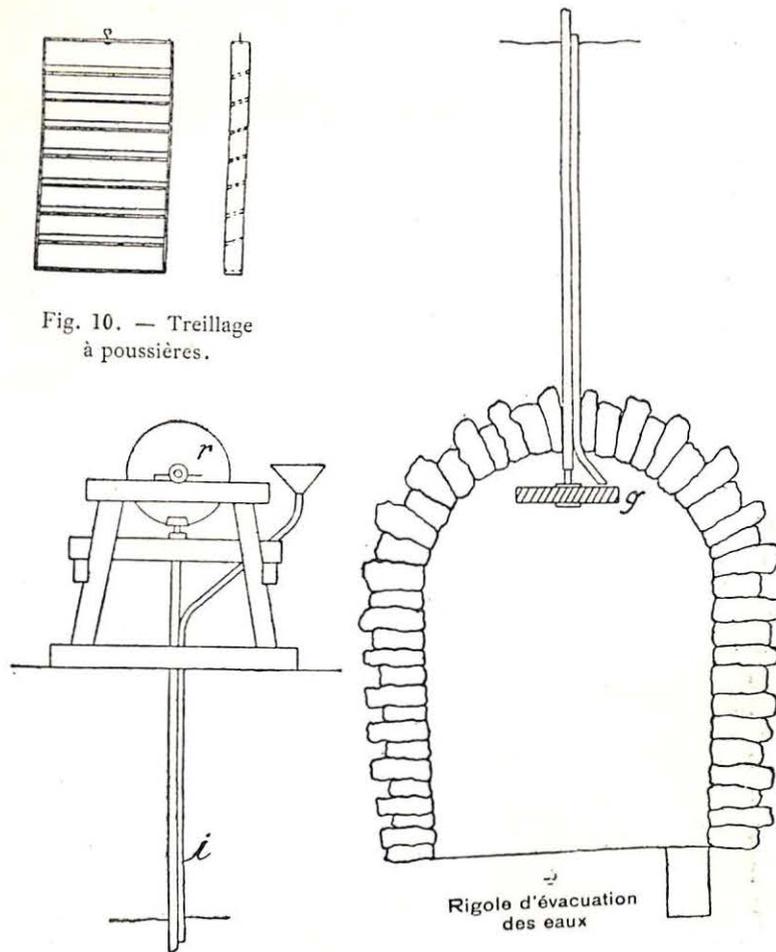


Fig. 11. — Moulinet disperseur des poussières (1 : 15).

poussières qui restent longtemps en suspension dans un état très divisé.

Un moulinet-disperseur, mû électriquement, se trouve dans la chambre d'explosion; un deuxième existe à 47<sup>m</sup>80 de distance; il est mû à la main avec renvoi d'engrenages; un troisième, ayant aussi une commande à la main, se trouve à 88<sup>m</sup>20.

L'eau nécessaire aux zones humides et aux rideaux d'eau est fournie par une canalisation de 0<sup>m</sup>06 de diamètre, placée dans la galerie et dans le puits *c*. Cette conduite porte des dérivations auxquelles on peut raccorder des tuyaux de longueur appropriée, de façon à réaliser un arrosage parfait en très peu de temps.

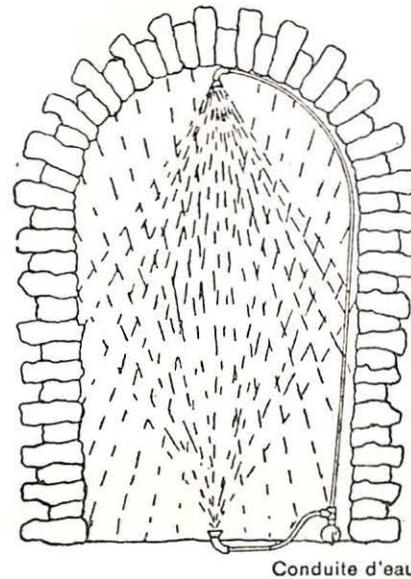


Fig. 12. — Rideau d'eau conique (1 : 15).

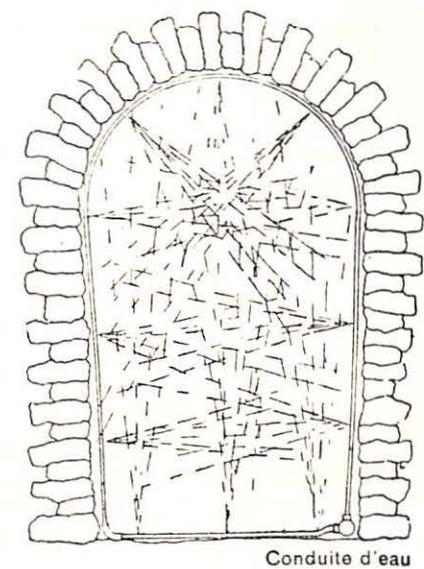


Fig. 13. — Rideau d'eau plan (1 : 15).

Les rideaux d'eau sont employés sous deux formes : rideaux coniques ou rideaux plans. Les premiers (fig. 12) sont obtenus par deux cônes d'eau qui jaillissent l'un au ciel, l'autre à l'aire de voie de la galerie et qui remplissent entièrement la section de gouttelettes d'eau. Dans le rideau plan, l'eau s'échappe d'un tuyau épousant la forme de la section transversale de la galerie et percé de trous d'environ 112 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre, distants les uns des autres de 0<sup>m</sup>35. Les jets d'eau sortant de ces ouvertures, se rencontrent et forment un rideau parfait (fig. 13).

La pression de l'eau est de 4 1/2 atmosphères, la consommation de 11 litres par minute pour le rideau conique, de 60 litres pour le rideau plan.

La pression produite par l'explosion peut être mesurée par un manomètre et par un indicateur à ressort. Ces instruments se trouvent au pied du puits *c*, en dehors de la chambre d'explosion, à laquelle ils sont reliés par de courts tuyaux. L'indicateur à ressort est pourvu d'un tambour de 0<sup>m</sup>15 de diamètre, mû électriquement. Le diagramme représente la suite des pressions existant dans la chambre. Le manomètre possède une aiguille libre qui, entraînée par l'aiguille propre de l'appareil, indique le maximum de pression atteinte. L'observation des longueurs de flammes s'obtient au moyen de petites allumettes soufrées, fixées avant chaque essai dans des chevilles cylindriques en bois, placées de mètre en mètre dans la galerie.

Les distances sont inscrites sur des plaques de tôle, distantes l'une de l'autre de 5 mètres. Après chaque essai, les allumettes sont recueillies et déposées dans une boîte, munie de casiers numérotés, donnant directement la distance du point de fixation de l'allumette à la chambre d'explosion.

Le repérage des allumettes non brûlées permet de déterminer la longueur des flammes.

Lors de fortes explosions, la flamme est quelquefois refoulée jusqu'au jour par le puits *d* et ceci se produit quand la porte en fer qui ferme ce puits à la partie inférieure est dépendue.

Un échantillon des gaz, libérés par l'explosion, est pris immédiatement après celle-ci, à fin d'analyse. Dans ce but, on place dans la première niche pour lampe, située à 10 mètres de la chambre d'explosion, une éprouvette remplie d'eau fermée à la partie inférieure par un bouchon à frottement très doux. Ce bouchon est relié par une ficelle au treillage le plus voisin; l'explosion arrache le treillage, enlève le bouchon, la bouteille se vide d'eau et se remplit de gaz.

L'analyse chimique comporte la détermination: de CO<sup>2</sup>, par l'appareil d'Orsat, au moyen d'une solution de KOH; de CO, par l'appareil de Nowitzky, en utilisant l'acide iodhydrique et une solution de baryte; de CO, par l'appareil d'Orsat, contenant une solution alcaline d'acide pyrogallique.

Les différentes analyses des gaz de l'explosion ont donné:

Anhydride carbonique . . . . .	0.8 %	jusque	6.45 %
Oxyde de carbone . . . . .	0.3 %	—	3.2 %
Oxygène . . . . .	10.95 %	—	18.8 %

### III. — Explosifs employés et modes d'amorçage utilisés. Poussières essayées.

On s'est servi comme explosif de la gélatine-dynamite de la firme Nobel ou de la poudre noire en grains.

Pour la mise à feu de la gélatine-dynamite, on employait des détonateurs de 1 gramme et le courant électrique.

La plupart du temps, les cartouches étaient simplement suspendues dans la chambre. La poudre noire était versée dans le mortier, bourrée avec du papier sur une faible longueur et amorcée à la mèche.

Le fourneau du mortier a une longueur de 0<sup>m</sup>450 et un diamètre de 0<sup>m</sup>027. Une charge de poudre de 300 grammes remplit le fourneau sur une longueur de 0<sup>m</sup>370 et on bourre sur 3<sup>m</sup>/<sup>m</sup> environ. De cette façon, la dynamite explosionne librement dans l'atmosphère, tandis que la poudre noire donne un coup faisant canon.

Les poussières essayées jusqu'à présent proviennent des installations de triage ou bien elles ont été recueillies dans la mine.

Dans les deux cas, on choisit la poussière la plus fine, ce que l'on peut appeler la « folle poussière ». C'est celle qui se produit lors du déversement du charbon sur les grilles ou dans les dépôts; elle se recueille dans les salles de triage ou sur les boisages dans les travaux souterrains.

Nous n'avons pas voulu employer des poussières provenant de la pulvérisation du charbon, ainsi qu'il en est, par exemple, à Altofts, parce que nos essais doivent se rapprocher autant que possible des conditions mêmes de la mine.

Le plus souvent, la teneur des poussières en humidité, cendres, matières volatiles, ainsi que le degré de finesse, ont été déterminés. La ténuité se mesure en faisant passer les poussières à travers des tamis en soie, ayant respectivement 900, 1,160, 1,850 et 3,480 mailles par centimètre carré.

L'humidité est déterminée par la perte de poids à la suite d'un séchage à 100°-110°, pendant une heure.

La teneur en cendres, par calcination d'une durée de 1 1/2 heure.

La teneur en matières volatiles, par une chauffe légère pendant 3 1/2 minutes, puis une calcination à fond de même temps, pendant laquelle on empêche tout accès d'air sur l'échantillon desséché.

Les poussières, essayées jusqu'à ce jour, avaient une teneur:

en humidité, de 0.58 à 4.50 %,
en cendres, de 9 à 17 %,
en matières volatiles, de 19.20 à 22.80 %.

La poussière la plus fine laissait un résidu de 3.80 % sur le tamis de 3,480 mailles, la poussière la plus grosse, un déchet de 19.5 % sur le tamis de 1,160 mailles.

#### IV. — Mode de procéder.

La suite des diverses opérations, lors d'un essai, est la suivante :  
Placement d'allumettes soufrées fraîches dans les chevilles en bois, fixées à la paroi de la galerie ;

Dépôts des poussières sur les lattes obliques contre les parois et sur les treillis ;

Placement de l'éprouvette de prise de gaz ;

Ajustement du manomètre et de l'indicateur ;

Etablissement d'une zone humide ou de rideaux d'eau ;

Chargement du mortier, ou bien suspension des cartouches à une ficelle, ou bien placement des dites cartouches sur un support fixe ;

Suspension des lampes à incandescence dans leurs niches respectives ;

Placement du détonateur électrique ou de la mèche de mise à feu ;

Fermeture de la porte du puits *c* et évacuation de la galerie par le puits *d*, après fermeture préalable de la porte située au bas de ce puits ;

Mise en suspension des poussières par les moulinets-disperseurs ;

Inflammation du détonateur au moyen d'un exploseur dynamo-électrique ;

Observation de l'intervalle de temps entre l'explosion et la sortie des fumées du puits ;

Observation éventuelle de l'apparition de flammes à la surface ;

Ventilation de la galerie ;

Visite de la galerie ;

Fermeture de l'éprouvette de prise de gaz ;

Arrêt du fonctionnement des rideaux d'eau ;

Enlèvement des lampes à incandescence ;

Enlèvement des allumettes et placement de celles-ci dans la boîte de contrôle ;

Enlèvement du manomètre et de l'indicateur.

#### V. — Phénomènes concomitants et subséquents à l'explosion

Chaque explosion se manifeste par une détonation qui est suivie d'un choc en retour après peu de temps, généralement 2 secondes. Le coup projette une colonne d'air à l'extérieur ; dans le cas où la

porte en fer, fermant la galerie, est dépendue, elle arrache la porte en bois fermant le puits *d*, entraîne dans celui-ci un nuage de poussières, qui est suivi, lorsque l'explosion est forte, d'une flamme de très courte durée et de plusieurs mètres de longueur. Le choc en retour ouvre la porte de fer située près de la chambre d'explosion, ferme la porte placée près du puits *d*, et l'air extérieur pénètre en grande vitesse par le puits *c* et par l'entrée de la galerie.

En quelques secondes, l'équilibre s'établit et le ventilateur qui se trouve près de l'entrée de la galerie, ou bien éventuellement la ventilation naturelle, entre en action et des fumées épaisses, lourdes, gris-noirâtres, sortent de la galerie.

Quand la ventilation est produite par l'aérage naturel, les fumées arrivent à l'orifice du puits *c*, 10 à 14 secondes après le choc en retour. Les figures 14 et 15 représentent les fumées sortant respectivement des puits *c* et *d*.

L'explosion provoque souvent des effets mécaniques très importants. C'est ainsi qu'une porte en fer qui fermait le puits *c* dans le prolongement de la paroi de la galerie, subit de telles dégradations lors des fortes explosions qu'elle dût être remplacée, dès le début des expériences, par une porte plus solide et de moindres dimensions.

La première porte avait 1<sup>m</sup>70 de hauteur, 0<sup>m</sup>70 de largeur, 0<sup>m</sup>05 d'épaisseur et était consolidée par des cornières de 0<sup>m</sup>080 sur 0<sup>m</sup>045.

Lors d'une très forte explosion, l'encadrement de la porte qui ferme l'orifice du puits *d* fut arraché, bien que la porte fut ouverte et des fragments furent projetés à 30 mètres de distance.

Les planches fermant l'entrée de la galerie ont souvent été projetées à plusieurs mètres. Les claies suspendues à des crochets sont arrachées, projetées à plusieurs mètres et détruites.

En revanche, les conduites placées dans la galerie ne sont pas détériorées ou ne subissent que des dégâts de peu d'importance. Il en est de même des lampes à incandescence, fussent-elles dépourvues de manchons protecteurs, des dispositifs des rideaux d'eau, des planches fixées aux parois pour le dépôt des poussières, des canalisations électriques y compris les isolateurs en porcelaine, des moulinets et des éprouvettes de prise d'essai.

Le choc en retour ferme, la plupart du temps, les portes restées ouvertes aux orifices des puits d'accès, il ouvre les portes s'ouvrant vers la galerie, et également, ainsi qu'il a été dit antérieurement, la porte en fer située près de la chambre d'explosion.

Le choc en retour ne produit pas d'autres effets visibles.



Fig. 14. — Fumées à l'orifice du puits *c*.



Fig. 15. — Fumées à l'orifice du puits *d*.

#### VI. — Résultats des essais exécutés jusqu'à ce jour.

A peu d'exception près, tous les essais ont été effectués dans des atmosphères en repos. Dans les quelques expériences exécutées dans des atmosphères en mouvement, la vitesse du courant d'air n'était que de  $0^m50$ , valeur insignifiante.

Quand le nouveau ventilateur sera établi, il sera possible de réaliser des vitesses plus grandes.

Nous nous contenterons actuellement de donner quelques renseignements succincts, les essais n'étant pas terminés.

##### A. — Explosion d'une charge de dynamite en l'absence d'atmosphère grisouteuse.

Les cartouches de dynamite, librement suspendues en charge atteignant jusque 300 grammes explosonnant dans la chambre sans poussières, ont donné des flammes de moins de 1 mètre, puisqu'aucune allumette ne s'est enflammée.

Un diagramme donné par l'indicateur au cours d'une de ces expériences est représenté fig. 16 ; les secondes sont portées en abscisses, les pressions en ordonnées.

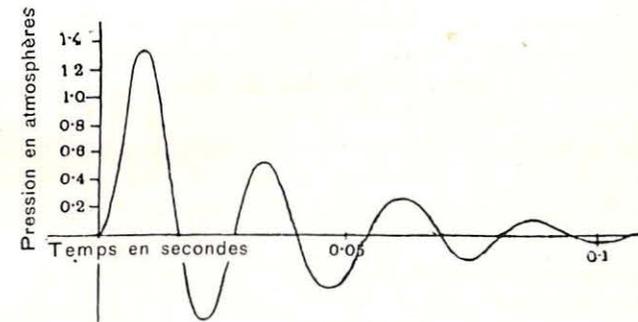


Fig. 16.

La courbe des pressions est très irrégulière, ce qui paraît devoir être attribué aux vibrations du ressort de l'indicateur, produites par l'explosion.

Le piston de l'indicateur est projeté par le choc au dessus de la hauteur correspondante à la pression réelle et il est ramené en dessous de la pression atmosphérique, bien qu'aucun vide ne se soit

produit. La durée de l'explosion est sans aucun doute plus courte que la durée des oscillations de l'indicateur telle que la donne le diagramme. Elle correspond approximativement à la durée de la première ondulation, alors que celles qui suivent seraient dues aux oscillations du ressort. On peut admettre que la pression est d'environ 1.3 atmosphère et la durée d'explosion 15/1000 de seconde.

*L'explosion de charges de dynamites, de 150 à 350 grammes, placées dans le mortier en présence de 6 kilogs de poussières déposées dans la chambre n'a pas provoqué l'inflammation de ces poussières. Celles-ci étaient en réalité assez grenues, donnant 19.6 % de résidu sur le tamis de 1,160 mailles ; de plus, elles étaient assez humides : 4.5 %.*

Les mêmes résultats négatifs ont été obtenus par l'explosion de charges de 200 et 300 grammes de dynamite, suspendues dans la galerie à 47 mètres de distance de la chambre. La quantité de poussières étendue était de 12.5 kilogs. Le degré d'humidité était de 2 %, le résidu de 1.15 % sur le tamis de 1,160 mailles.

*Charges de dynamite explosionnant, librement suspendues dans la chambre remplie de poussières de charbon. — Ces essais ont été effectués la plupart du temps avec des poussières sèches, ne contenant que 0.74 à 1.02 d'humidité et donnant sur le tamis de 1,160 mailles un résidu de 0.74 % à 26.6 %, et sur le tamis à 3,480 mailles un résidu de 25.7 % à 71.8 %.*

Ce n'est qu'en mettant la poussière en suspension et en quantité de 7 kil., qu'on a obtenu des flammes d'une longueur de 16 mètres.

Si on verse, sur une longueur de 10 mètres en dehors de la chambre, 13 kil. de poussières, la flamme s'étend à 37 mètres. 30 kil. de poussières répandues sur le sol jusqu'au deuxième moulinet, soit à 47<sup>m</sup>80 de la chambre, le moulinet tournant, ont donné une flamme de 106 mètres, laquelle est sortie par le puits *d*.

En versant des poussières dans la chambre et dans la galerie sur une longueur de 90 mètres, en actionnant les trois moulinets situés dans la chambre, et respectivement à 47<sup>m</sup>80 et à 88<sup>m</sup>20, de façon à introduire en tout 32 1/2 kil. de charbon, on a obtenu une flamme de 124 mètres et dans le puits *d* une flamme de 24 mètres.

Les résultats d'une explosion correspondant à un épandage sur 90 mètres est représenté fig. 17. Le diagramme des pressions dans la chambre est donné fig. 18. Il ne se différencie pas sensiblement de celui obtenu lors de l'explosion d'une charge de dynamite, sans

poussières. La pression du manomètre est de 1.38 ; la durée 13/1000 de seconde.

La pression enregistrée ne correspond aucunement à la pression exercée par l'explosion des poussières sur les parois, mais bien à celle résultant de l'explosion de la dynamite. L'indicateur se trouve en effet à 1<sup>m</sup>50 de la charge d'explosif dont l'influence est prépondérante en ce qui concerne la pression mesurée. Il n'a pu être déterminé avec certitude si le relèvement de pression constaté sur le diagramme après 2/10 de seconde est causée à distance par l'explosion des poussières ou si elle est attribuable à des causes accidentelles.

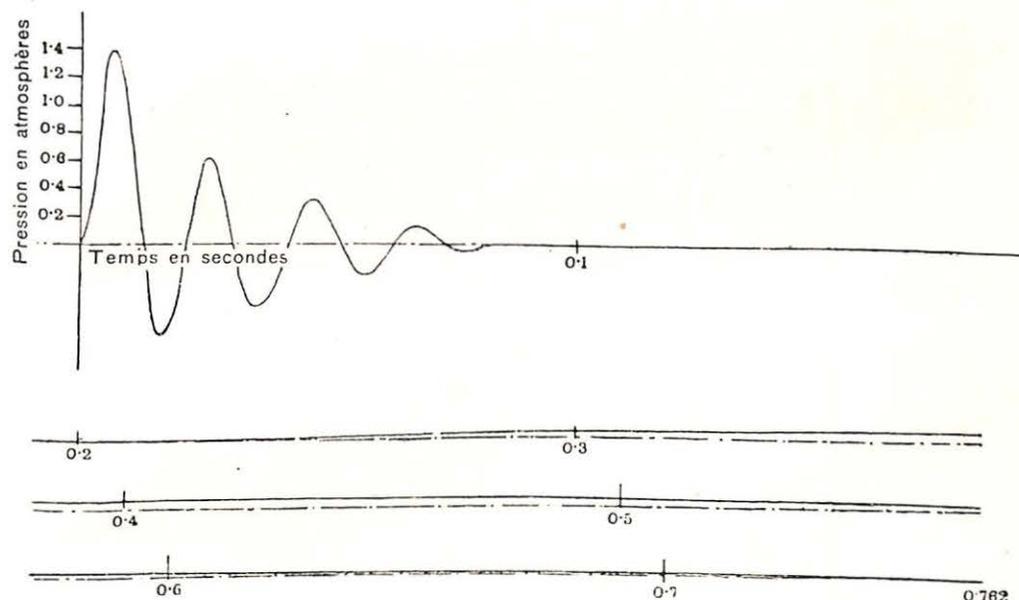


Fig. 18. — Diagramme des pressions lors de l'essai n° 154.  
Longueur totale du diagramme : 760 m/m. — Vitesse de rotation du tambour de l'indicateur : 880 m/m par seconde

La pression propre, produite par une explosion de poussières, ne peut être mesurée exactement qu'à une grande distance de la chambre d'explosion, là où elle n'est plus influencée par l'explosion de la charge.

Cette pression ne correspond qu'à 4/10 d'atmosphères, ainsi qu'il appert de l'examen des diagrammes, dont il sera parlé ultérieure-

ment et correspondant à des inflammations de poussières par la poudre noire.

Le puits *d* a pour effet de raccourcir toutes les flammes qui parviennent jusqu'à lui : en effet, l'explosion a pour effet d'ouvrir la porte séparant la galerie du puits et tandis qu'une partie de la flamme s'engouffre dans la galerie, la seconde partie se dérive dans le puits. Pour éviter cette subdivision de la flamme, lors des essais futurs qui feront l'objet d'un deuxième rapport, la porte qui se trouve à la partie inférieure du puits *d* sera maintenue par un verrou.

Il est particulièrement intéressant de noter que, même dans les fortes explosions, la flamme ne pénètre que de 4 mètres dans la galerie en cul-de-sac, débouchant près du puits *d*, alors qu'elle pénètre dans le puits sur 24 mètres. Ce cul-de-sac agit comme un ressort, parce que l'air qui y est confiné ne peut s'échapper, la flamme de l'explosion y rencontre une résistance, tandis que l'air qui se trouve dans le puits *d* est expulsé sans résistance, en même temps que la flamme.

Le tableau ci-dessous contient les résultats des essais les plus intéressants.

CHARGE		POUSSIÈRES DE CHARBON					LONGUEUR DES FLAMMES		Observations	
DISPOSITION	POIDS gr.	FINESSE		Humidité %	Quantité Kil.	SAUPOUDRAGE m.	Totale m.	Au-delà de la limite de saupoudrage m.		
		mailles par cent. carré	Résidu %							
Dans le mortier placé dans la chambre	150-350	1160	19.4	4.5	6	Seulement dans la chambre	Aucune flamme		Galerie humide.	
Suspendue à 47 mètres de la chambre	200-300	1160	1-15	2	12.5	de 30 mètres jusqu'à 64 mètres	Id.		Id.	
Suspendue dans la chambre	150-300	1160	0.74-26.6	0.74-1.02	30	7	Seulement dans la chambre	16	16	
						13	Dans la chambre et sur 10 mètres dans la galerie.	37	27	
							Dans la chambre et sur 47 <sup>m</sup> 8 dans la galerie.	106	58.2	
		3400	25.7-71.8		32.5	Dans la chambre et sur 90 mètres dans la galerie.	124	34	La longueur de la flamme au-delà de la limite de l'épandage des poussières est plus courte à cause de la dérivation d'une partie de la flamme dans le puits de circulation.	

B. — Explosion de poussières de charbon au moyen de poudre noire, en l'absence de grisou.

Tous les coups ont été tirés au mortier, c'est-à-dire faisant canon; la charge a été de 300 grammes.

Lors des inflammations de poussières, on a constaté les longueurs de flammes ci-après :

En mettant  $2\frac{1}{2}$  en suspension dans la chambre, on a obtenu des flammes de 15 mètres de longueur; celle-ci a été portée à 30 mètres, lorsqu'on épandait 10 kilogrammes de poussières sur 5 mètres dans la galerie;

Lorsqu'on mettait en suspension 14 kilog. de poussières, réparties sur le moulinet de la chambre et sur celui à 47<sup>m</sup>80 de distance, on a constaté des flammes atteignant jusque 92 mètres; quand la quantité de poussières était portée à 30 kilogrammes et mise en suspension par les trois moulinets, on a obtenu des flammes de 147 mètres de longueur.

Dans ces essais, la poussière avait 0.8 à 1.55 % d'humidité, 10 % de cendres et elle donnait un résidu de 5 à 18 % sur le tamis à 3,480 mailles.

Une explosion de poussières, donnant une flamme de 147 mètres de longueur, est représentée figure 19; une autre explosion dans laquelle la longueur des flammes a atteint 118 mètres, se voit figure 20a. La figure 20b donne le diagramme des pressions correspondant à cette dernière explosion.

Ce diagramme, ainsi que tous ceux relevés lorsqu'on fait usage de poudre noire, diffère essentiellement de ceux donnés par l'explosion de cartouches de dynamite suspendues. Dans le premier cas, la courbe de pression atteint rarement 6/10 d'atmosphère et elle ne descend pas en dessous de la ligne correspondant à la pression atmosphérique; la durée de la surpression est plus longue que lors de l'explosion de la dynamite; la durée est, la plupart du temps, de plusieurs dizaines de seconde.

La raison de cette discordance provient de ce que la brisance de ces explosifs n'est nullement la même et que conséquemment l'action de ceux-ci sur le ressort de l'indicateur sera nécessairement différente dans l'un et l'autre cas.

Dans le diagramme de la figure 20b, la hauteur de la première ondulation correspond à la pression produite par l'explosion de la poudre, la hauteur des autres ondulations correspond vraisemblable-

ment à la pression, résultant de l'inflammation des poussières. Lors des essais futurs, on relèvera les diagrammes à différentes distances de la chambre, en des points où la pression ne sera plus influencée par l'onde explosive. Nous espérons ainsi obtenir des résultats irréprochables.

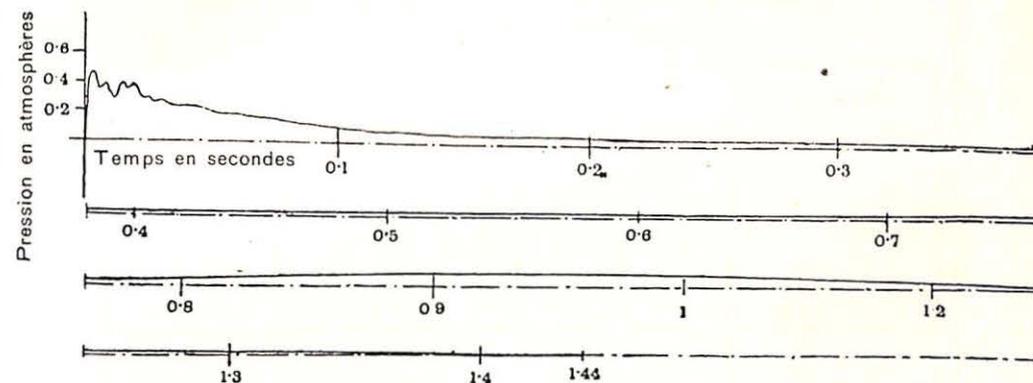


Fig. 20b. — Diagramme des pressions lors de l'essai n° 153. Longueur totale du diagramme : 590 m/m. — Vitesse de rotation du tambour de l'indicateur : 440 m/m par seconde.

Des coups de poudre noire, faisant canon, ont été tirés à 20 mètres de distance de la chambre d'explosion dans un mortier, placé à l'aire de voie. La galerie était saupoudrée de part et d'autre du mortier de poussières mises en suspension par le moulinet à 47<sup>m</sup>80.

13 kilogs avaient ainsi été répandus dans le tronçon compris entre 0 et 54 mètres. Les coups ont donné des flammes différentes suivant qu'ils étaient dirigés vers l'entrée de la galerie ou vers la chambre d'explosion.

Dans le premier cas, la longueur de la flamme était de 27 mètres dans la direction du coup et de 2 mètres en sens inverse. Dans le second cas, la flamme avait 7 mètres de longueur dans le sens du coup et 27 mètres en sens inverse.

Les essais eurent lieu, partie en atmosphère en repos, la porte de la chambre étant fermée, partie en atmosphère en mouvement, la porte étant ouverte.

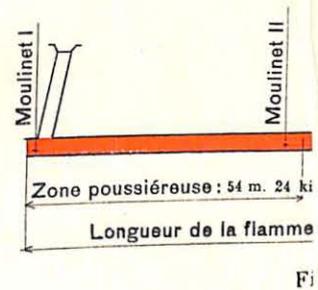
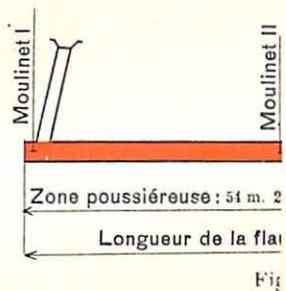
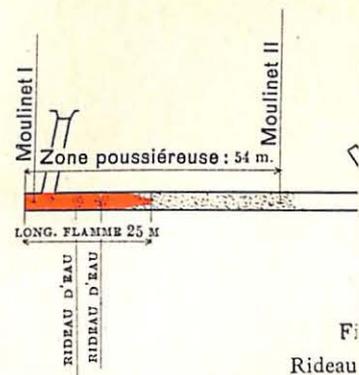
Il s'en suit que l'extension des flammes est toujours plus grande vers le sens de l'ouverture de la galerie que vers l'extrémité en cul-de-sac, sans intervention appréciable du fait que l'explosion se produit dans un milieu en mouvement ou en repos. La figure 21 repré-

sente une explosion de 8 kilogs de poussières, donnant une flamme de 21 mètres de longueur ; cette explosion correspond à l'essai n° 118.

Le tableau suivant comprend un résumé des essais effectués avec de la poudre noire.

Explosions de poussières de charbon par la poudre noire,  
en l'absence de grisou.

CHARGES		POUSSIÈRES DE CHARBON					LONGUEUR DES FLAMMES	
DISPOSITION	POIDS gr.	FINESSE		Humidité %	Quantité Kil.	SAPOUDRAGE m.	Totale m.	Au-delà de la limite de suspension m.
		mailles par cent. carré	Résidu %					
Dans le mortier placé dans la chambre					2.5	Seulement dans la chambre	15	15
					10	0-5	30	25
					14	0-47.8	92	44.2
Dans le mortier placé à 20 mètres de la chambre	300	3480	5-18	0.88- 1.55	30	0-88.2	147	55.8
					13	0-54	31	La flamme ne s'est pas propagée au-delà du dépôt de pous- sières



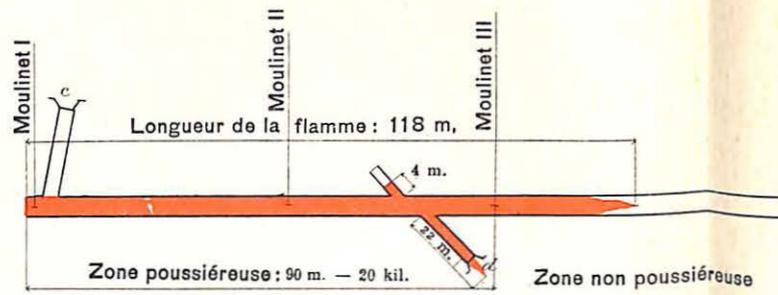


Fig. 17. — Essai n° 154.

Analyse de la poussière de charbon : eau 1.45 %, cendres 15.2 %  
 Sur le tamis de 1160 mailles par cm<sup>2</sup> : 16 % de résidu ;  
 » » 3480. » » 18.5 »  
 Analyse des gaz de l'explosion : CO<sup>2</sup> : 6.45 % ; CO : 3.2 % ; O : 10.95 %.

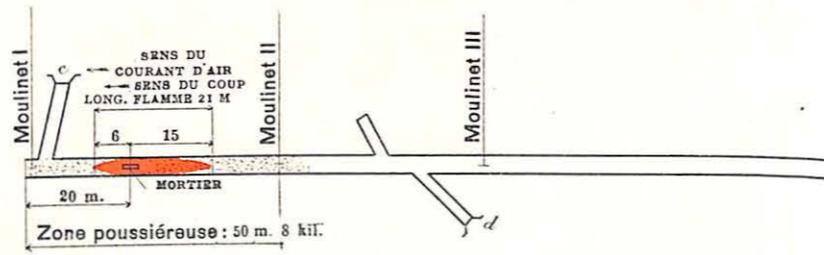


Fig. 21. — Essai n° 118.

Analyse de la poussière de charbon : eau 2 %, cendres 12.9 %  
 Sur le tamis de 1160 mailles par cm<sup>2</sup> : 1.15 % de résidu ;

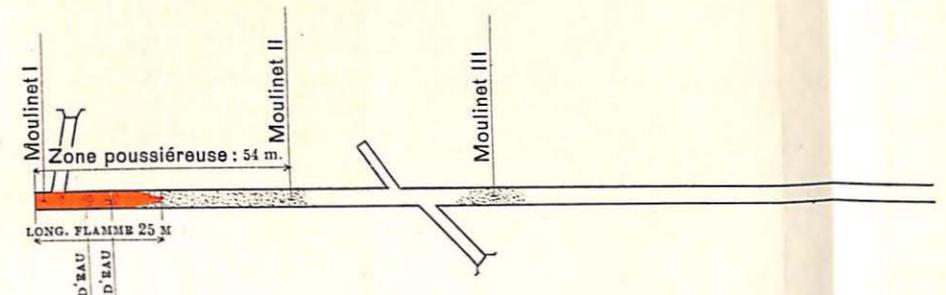


Fig. 23b. — Essai n° 128.  
 Rideaux d'eau à 10 et à 15 mètres.

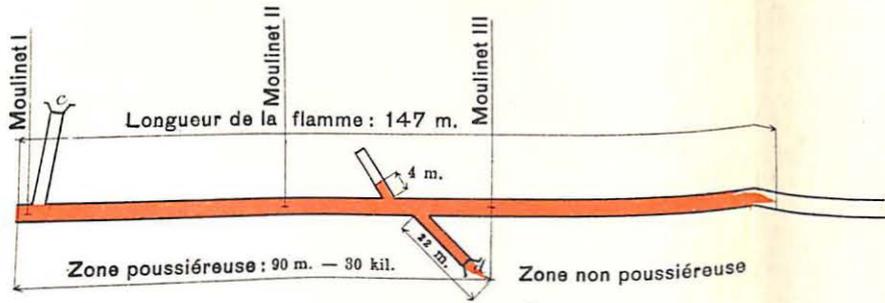


Fig. 19. — Essai n° 157.

Analyse de la poussière de charbon : eau 1.55 %, cendres 9.8 %  
 Sur le tamis de 3480 mailles par cm<sup>2</sup> : 5 % de résidu ;

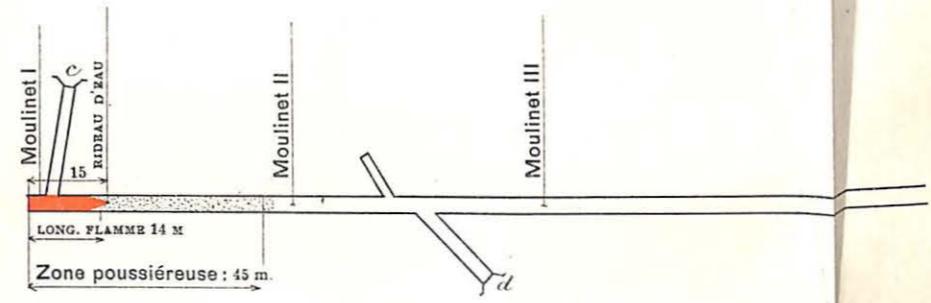


Fig. 22. — Essai n° 39.

Analyse de la poussière de charbon : eau 1.04 %, cendres 11.30 %  
 Sur le tamis de 1160 mailles par cm<sup>2</sup> : 7.85 % de résidu ;

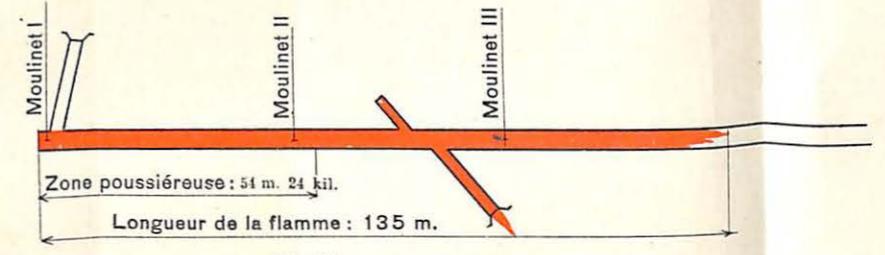


Fig. 24a. — Essai n° 162.

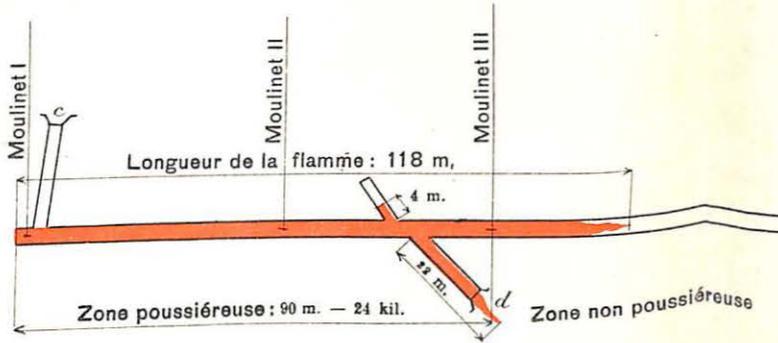


Fig. 20a. — Essai n° 153.

Analyse de la poussière de charbon : eau 1.45 %, cendres 15.2 %  
 Sur le tamis de 1160 mailles par cm<sup>2</sup> : 16 % de résidu ;  
 Analyse des gaz de l'explosion : CO<sup>2</sup> : 5.05 % ; CO : 2.95 % ; O : 12.55 %.

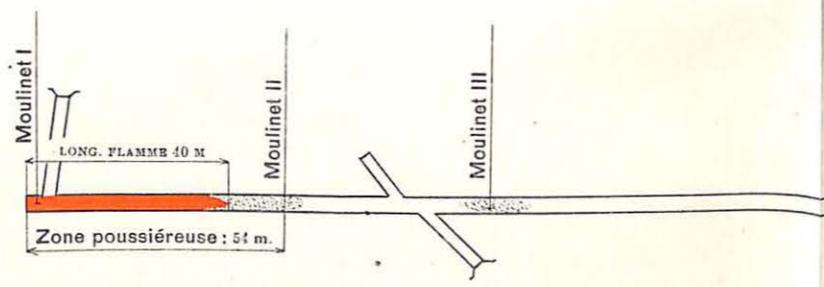


Fig. 23a. — Essai n° 127.

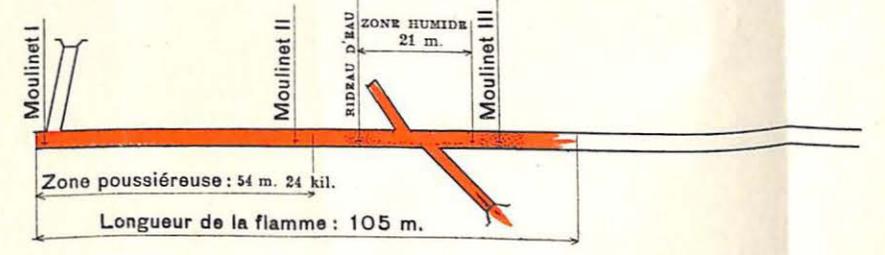


Fig. 24b. — Essai n° 163.

C. — Influence de l'état des poussières de charbon sur l'explosibilité et la longueur de la flamme.

Indépendamment de la quantité de poussières et du mode de les répandre, l'état des poussières influe sur l'explosibilité et la longueur de la flamme. C'est l'humidité qui exerce la plus grande influence ; pour des teneurs de 2.2 à 4.5 % d'humidité, on n'a pu obtenir, même avec des poussières les plus tenues, que de faibles explosions, avec des flammes peu étendues, que l'on se servit de poudre faisant canon, ou de dynamite explosonnant à l'air libre ou dans le mortier.

Au contraire, avec des poussières ne contenant que 0.7 à 1.7 % d'humidité, même si ces poussières sont grenues, on a observé des flammes atteignant 147 mètres, alors que l'épandage des poussières ne s'étendait que sur 88<sup>m</sup>20. On entreprendra, en conséquence, des essais systématiques pour rechercher comment se comporte une même poussière à différents degrés d'humidité, de façon à pouvoir déterminer, autant que possible, l'influence que cette humidité exerce sur l'explosibilité et la longueur de la flamme.

D. — Influence sur l'explosibilité des poussières de charbon des rideaux d'eau, des zones humides et schistifiées.

Les essais dans ce sens ont été exécutés en vue de déterminer la longueur de flamme successivement, sans rideau d'eau, ni zone humide, ensuite, toutes choses égales d'ailleurs, avec rideau d'eau et zones humides.

*Les rideaux d'eau*, placés respectivement à 10 et 35 mètres de distance de la chambre, arrêtaient les petites explosions, d'une longueur inférieure à 24 mètres; pour les fortes explosions dont la flamme atteignait une longueur de 135 mètres, les rideaux avaient pour effet de produire un raccourcissement de la flamme, atteignant souvent 30 mètres.

*Les zones humides* provoquaient aussi des raccourcissements très sensibles de la flamme, ce qui a été démontré par des nombreux essais et en outre par les observations suivantes.

Au printemps 1909, après la fonte des neiges, la galerie entière avait été rendue humide par la pénétration des eaux provenant de la fonte de la neige à la surface. On a étendu 42 kilogrammes de poussières sur une longueur de 90 mètres, en activant les trois moulinets. L'humidité de la poussière n'était que de 0.96 %, le résidu de 1.4 % sur un tamis de 1,160 mailles et de 18 % sur celui de 3,480 mailles.

Par suite de l'humidité naturelle de la galerie, la longueur de la flamme ne fut que de 34 mètres, alors que si la galerie eût été sèche cette longueur eût atteint 147 mètres.

La figure 22 représente les résultats obtenus dans l'essai n° 39. La zone poussiéreuse avait 45 mètres de longueur; le rideau d'eau, de forme conique, se trouvant à 15 mètres de distance de la chambre, arrêta net la flamme qui, sans lui, aurait eu une longueur de 25 mètres.

La figure 23a représente les résultats de l'essai n° 127, dans lequel de la poussière de charbon fut enflammée sans intervention du rideau d'eau, tandis que la figure 23 b correspond à la répétition de cette expérience avec la même poussière, mais en faisant intervenir le rideau d'eau. Dans les deux cas, on répartit 12 kilogrammes de poussières identiques sur 54 mètres de longueur et on activa le moulinet de la chambre et celui à 47<sup>m</sup>80. La flamme, qui avait une longueur de 40 mètres sans rideau d'eau, fut raccourcie à 25 mètres, grâce aux deux rideaux d'eau, placés respectivement aux distances de 10 et 17 mètres.

Les essais n°s 162) et 163, dans lesquels on a fait usage de rideaux d'eau et de zones humides sont représentés sur les figures 24a et 24b.

Dans les deux cas, la longueur de la zone poussiéreuse fut de 54 mètres et en outre on créa des nuages de poussières à 47<sup>m</sup>80 et à 90 mètres de distance de la chambre. La poussière n'avait que 0,91 % d'humidité et laissait un résidu de 3,8 % sur un tamis de 3,480 mailles. Lors du premier essai, sans rideau d'eau, ni zone humide, la flamme atteignit une longueur de 135 mètres, dépassant le second moulinet de 45 mètres. En mettant en action un rideau plan à la distance de 64 mètres de la chambre et en arrosant les parois du tronçon de galerie, compris entre 64 et 85 mètres, la longueur de la flamme n'atteignit que 105 mètres. Celle-ci traversa donc la zone humide de 21 mètres de longueur, mais fut cependant raccourcie de 30 mètres.

Si, lors de cet essai, on avait placé de la poussière au delà du second moulinet, l'explosion se serait propagée et la zone humide aurait été de nul effet.

Dans les essais ultérieurs, les zones humides seront allongées de façon à permettre la détermination de la longueur limite, produisant l'extinction de la flamme.

Pour autant qu'on puisse tirer des conclusions des essais effectués jusqu'à ce jour, les zones humides pour être efficaces doivent avoir

au moins 60 mètres de longueur dans les atmosphères au repos et dans les atmosphères en mouvement une longueur sensiblement plus grande, dépendant de la vitesse du courant d'air. Des essais dans cet ordre d'idées sont actuellement en cours d'exécution.

En ce qui concerne l'influence des poussières de schistes pour arrêter la propagation de l'explosion, nous n'avons effectué jusqu'à présent que quelques essais; nous n'avons pas remarqué que ces poussières schisteuses avaient une action sensible sur la flamme.

Dans un second rapport, nous relaterons les recherches concernant d'autres facteurs des explosions de poussières, sur l'influence des rideaux d'eau et des zones humides et schistifiées.

## ANNEXE II

—  
**Les essais des explosifs en présence des poussières  
 charbonneuses.**  
 —

*Extraits d'un rapport de M. l'Ingénieur principal BOLLE,  
 attaché au Siège d'Expériences de Frameries.*

—

Ces essais ont été exécutés dans des conditions se rapprochant autant qu'il était possible, de celles qui ont été adoptées pour le classement des explosifs antigrisouteux.

C'est ainsi que toutes les expériences dont les résultats seront mentionnés plus loin ont été faites dans la galerie d'essais souvent décrite, galerie dont la *section* est de 2 mètres carrés.

Le mortier en acier avait un *fourneau* creusé au diamètre de 55 m/m ; il s'élargissait assez rapidement au début, et était mis au rebut lorsque son diamètre atteignait 62 m/m environ.

Le diamètre des cartouches et le nombre de files placées dans le trou étaient choisis de façon que la *densité de chargement* (rapport de la section occupée dans le fourneau par la totalité des files de cartouches, à la section du fourneau), se rapproche autant que possible de 0.50 et soit en tout cas, comprise entre 0.40 et 0.60.

Les *charbons* dont il a été fait usage provenaient du puits n° 3 (Grand Trait) des charbonnages réunis de l'Agrappe ; ces charbons ont de 21 à 22 % de matières volatiles, et 4 à 5 % de cendres ; ils étaient broyés, puis passés au tamis de 1280 mailles par cm<sup>2</sup> ; il était fait usage de poussières broyées fraîchement, l'expérience ayant montré que des charbons broyés depuis 15 à 20 jours s'enflamment moins facilement que ceux qui viennent d'être pulvérisés.

Lors des premiers essais, il avait été constaté que les poussières sèches s'enflammaient plus facilement que les autres ; les poussières ont donc été emmagasinées, avant usage, pendant un ou deux jours dans une chambre sèche, chauffée à 30° ; d'après analyses faites par un agent de la Compagnie de charbonnages belges, la teneur en eau de ces charbons est de 0.5 à 2 %.

Primitivement, les charbons étaient mis en *suspension* dans l'air au moyen de moulinets tournant rapidement autour d'un axe vertical.

Puis, on s'est rapproché davantage des conditions de la pratique en étendant simplement les poussières sur l'aire de la galerie ; le choc violent causé par la détonation de l'explosif suffit à mettre ces poussières en suspension.

Après une série de tâtonnements, on s'est arrêté à une *quantité de poussières* épandues de 150 grammes environ par mètre courant, ce qui correspond à 75 grammes de charbon (à 21 % de mat. vol.) par m<sup>3</sup> d'air. C'est la quantité qui paraît donner le plus facilement des inflammations de poussières ; elle est un peu inférieure à la quantité qui serait nécessaire pour combiner tout l'oxygène de l'air ; autrement dit, après combustion complète de cette quantité de charbon, à l'état de CO<sup>2</sup> et de H<sup>2</sup>O, les produits de la combustion renferment un léger excès d'oxygène. Disons cependant que la charge-limite ne paraît pas varier fort si l'on augmente, même dans de grandes proportions, la quantité de poussières épandues.

Les expériences entreprises avaient pour but la révision du classement des explosifs dits de sûreté ; dans ces conditions, il était sans intérêt immédiat de déterminer la charge-limite des explosifs dans les milieux poussiéreux, lorsque cette charge-limite était supérieure à celle qu'on obtient en milieux grisouteux ; je me suis donc contenté alors de vérifier, par une série de dix essais, si l'explosif étudié n'enflammait pas les poussières, à sa charge-limite en milieux grisouteux.

Les autres charges-limites (poussières) ont été déterminées également par dix essais au moins.

Les expériences ont été exécutées, en règle générale, à des *températures* variant entre 20 et 30° C. ; pour chaque explosif, elles ont été faites à des jours différents, de façon que la série des dix essais servant à déterminer la charge-limite comprenne des expériences réalisées sous des conditions hygrométriques différentes.

Des expériences effectuées, il résulte que certains explosifs sont plus dangereux vis-à-vis des poussières que vis-à-vis du grisou.

La liste nouvelle des explosifs à la fois « antigrisouteux » et « antipoussiéreux » serait ainsi réduite et modifiée.

Tout d'abord, il y a cinq explosifs qui ne sont plus fabriqués ou qui n'ont plus été présentés aux essais.

Trois ont été réservés, les essais nouveaux n'ayant pu être effectués encore dans des conditions satisfaisantes par suite, pour l'un d'eux, du retard qu'a subi l'installation de l'usine, et, pour les deux autres, de diverses circonstances.

Pour deux explosifs, la charge-limite vis-à-vis des poussières a été trouvée inférieure à celle équivalant en puissance à 175 grammes de dynamite n° 1.

Enfin trois explosifs ont leur charge limite plus ou moins réduite.

Dix-sept autres ont conservé vis-à-vis des poussières une charge-limite au moins égale à celle déterminée vis-à-vis du grisou.

La nouvelle liste serait ainsi la suivante :

EXPLOSIFS	Atmosphère grisouteuse — Charge-limite — gr.	Atmosphère poussiéreuse — Charge n'en- flammant pas (charge-limite à adopter) gr.	Équivalent de la charge-limite en dynamite n°1 — gr.
Permonite . . . . .	900	900 (1)	577
Densite IV . . . . .	850	850	519
Sécurophore III . . . . .	850	850	548
Antigel de sûreté . . . . .	900	900	524
Kohlencarbonit . . . . .	900	900	501
Colinite antigrisouteuse . . . . .	800	800	497
Colinite antigrisouteuse B. . . . .	800	800	460
Favier IIIbis . . . . .	750	750	452
Fractorite D. . . . .	700	700	420
Minite . . . . .	750	750	405
Flammivore III . . . . .	650	650	382
Dynamite antigrisouteuse V . . . . .	650	650	359
Grisoutine II . . . . .	650	650	339
Poudre blanche Cornil Ibis . . . . .	500	500	305
Yonckite 10 . . . . .	800	500	303
Favier IIbis . . . . .	500	500	293
Fractorite B. . . . .	450	450	286
Minolite antigrisouteuse . . . . .	650	400	236
Ammoncarbonit . . . . .	400	300	191
Grisoutite . . . . .	300	300	179

(1) Pour cet explosif comme pour les seize autres où la charge-limite vis-à-vis du grisou n'a pas enflammé les poussières, les essais n'ayant pas été effectués à une charge supérieure, ces charges ne doivent pas être considérées comme la charge-limite vis-à-vis des poussières, considérées seules; cette charge pourrait être supérieure.

## ANNEXE III

Programme des épreuves à faire subir aux explosifs,  
élaboré par la Commission allemande.

*Extrait de l'annexe C1a du règlement du 23 décembre 1908  
sur les transports par chemin de fer.*

## A. — Explosifs de minage.

## I. — Explosifs au nitrate d'ammoniaque.

L'explosif de comparaison est la **Donarite**, fraîchement et soigneusement préparée et composée comme suit :

Nitrate d'ammoniaque . . . . .	80
Trinitrotoluol . . . . .	12
Farine de seigle . . . . .	4
Nitroglycérine . . . . .	4

Les épreuves doivent comporter :

- 1° L'analyse chimique ;
- 2° L'essai au papier de tournesol ;
- 3° L'exposition à la chaleur ou l'épreuve de l'emmagasinage ;
- 4° L'essai de résistance à la dissociation (2) des éléments du mélange ;
- 5° L'épreuve de l'inflammation ;
- 6° L'essai de résistance aux actions mécaniques (choes, frottements, etc) ;
- 7° L'essai de résistance à l'action de l'eau (séparation de la nitroglycérine).

*Remarque.* — Les échantillons doivent être soigneusement desséchés. La pulvérisation peut se faire dans un mortier.

1. ANALYSE CHIMIQUE. — Elle doit porter principalement sur les proportions des substances dangereuses, telle la nitroglycérine.

(1) Rappelons que les explosifs sont divisés en explosifs de minage (*Sprengmittel*), explosifs de tir (*Schiessmittel*) et autres substances explosives.

(2) Ce terme signifie ici une séparation mécanique des particules.

2. ÉPREUVE AU PAPIER DE TOURNESOL. — 1 gramme de l'explosif est trituré dans 3 centimètres cubes d'eau distillée ; dans cet état, il est soumis à l'action d'un papier bleu de tournesol, très sensible. Cet essai doit avoir lieu avant et après l'exposition à la chaleur dont il sera question au n° 3. On ne devra pas constater de disposition notablement plus grande à la réaction acide après qu'avant.

La *Donarite* accuse dans les deux cas une légère réaction acide.

3. EXPOSITION A LA CHALEUR A 75°. — Deux échantillons, chacun de 10 grammes d'explosif non desséché, sont disposés dans des capsules de verre, librement recouvertes, de 35 millimètres de diamètre et 50 millimètres de hauteur. Ils sont introduits ainsi dans une étuve chauffée à 75°, où ils séjournent pendant 48 heures.

On s'assure ensuite s'il y a eu des modifications dans l'aspect, l'odeur, les réactions ou le poids de la substance.

La *Donarite* perd seulement une partie insignifiante de son poids ; aucune apparence sensible de décomposition ne se manifeste.

4. RÉSISTANCE A LA DISSOCIATION. — 100 grammes de la substance sont introduits dans une bouteille de 150 centimètres cubes de capacité qui, pendant 5 heures durant, est soumise à environ 150 trépidations par minute.

On s'assurera (au besoin par les épreuves indiquées plus loin) si une dissociation a eu lieu.

La *Donarite* résiste à cette épreuve sans modification aucune.

#### 5. INFLAMMATION :

a) *Épreuve au moyen de la mèche de Bickford.* — 3 grammes d'explosif pulvérulent sont versés dans un tube-épreuve en verre. Par de légers chocs, on donne à la substance une surface bien unie. On y introduit alors une mèche de poudre brûlant lentement (1 mèt. par 100 secondes). Cet essai est répété deux fois.

La *Donarite* ne s'allume pas dans ces circonstances.

b) *Épreuve sur une capsule de fer rougie.* — Une capsule hémisphérique de 12 centimètres de diamètre et de 1 millimètre d'épaisseur, est portée au rouge sur un brûleur. On y verse d'abord une petite quantité (1/2 gr.) de la substance pulvérisée, puis, s'il ne survient pas de détonation, on augmente la quantité jusque 5 grammes. L'épreuve est recommencée deux fois.

La *Donarite* n'explosionne pas.

c) *Échauffement dans le bain métallique de Wood* jusqu'au point de déflagration. Une capsule en fer, de 14 centimètres de diamètre et

de 7 centimètres de hauteur, est remplie, jusqu'à 2 centimètres du bord, du métal de Wood. Au milieu du bain, on enfonce, sur une profondeur de 30 millimètres, un thermomètre gradué de 0 à 360°. Autour du thermomètre et à une distance de 50 centimètres de celui-ci, on plonge dans le bain, sur une profondeur de 20 millimètres, trois éprouvettes en verre, de 15 millimètres de diamètre et de 120 millimètres de longueur, contenant chacune 2 à 5 décigrammes de la substance préalablement échauffée à 100°. La température du bain est alors augmentée graduellement de 20° par minute, jusqu'à ce que l'explosion arrive ou que la température de 360° soit atteinte.

La *Donarite* n'explosionne pas avant 250°.

d) *Épreuve au feu*, en plus grandes quantités, dans des caisses en tôle. — De petites caisses cubiques, de 85 millimètres de côté à l'intérieur, en tôle de fer de 1 millimètre d'épaisseur, rivées, pourvues de frettes à l'extérieur et munies d'un couvercle mobile, sont remplies de 1/2 à 1 kilogramme de substance. Le couvercle est alors abaissé et assujéti au moyen de ligatures en fil de fer. On place les caisses sur un feu de bois très vif et on les y laisse pendant 10 minutes au moins.

La *Donarite* n'explosionne pas.

#### 6. RÉSISTANCE AUX ACTIONS MÉCANIQUES :

a) *Épreuve au mouton.* — La prise d'essai doit d'abord être finement divisée et en couche de 1 centimètre au plus de hauteur, desséchée pendant 24 heures dans un dessiccateur au vide, sur du chlorure de calcium.

L'appareil se compose d'un mouton muni d'un dispositif de suspension et guidé, et d'une enclume en acier dur enchassée dans un support en fonte établi sur une maçonnerie solide.

Environ 5 à 10 centigrammes de l'explosif sont étendus en couche mince sur l'enclume et recouverts d'une petite estampe en acier dur.

Au lieu d'étendre la matière directement sur l'enclume, on peut se servir de l'appareil à estampe décrit au Congrès de Rome (1).

L'explosif doit être éprouvé avec un mouton de 2 kilogrammes et un de 10 kilogrammes.

Six épreuves, sur une matière chaque fois renouvelée, doivent être faites à chaque hauteur de chute.

La température doit être de 15° à 20°.

La hauteur de chute à laquelle l'explosif se met à détoner régu-

(1) Voir la communication de M. LENZE déjà signalée.

lièrement (une fois sur six essais) et complètement est considérée comme donnant le degré de sensibilité de l'explosif. — Avant chaque essai, on doit nettoyer soigneusement l'enclume et les estampes.

b) *Epreuve à la friction dans un mortier de porcelaine dépoli.* — 5 centigrammes de substance, préparée comme il est dit plus haut, sont triturés dans un mortier de porcelaine dépoli, avec un pilon également dépoli. L'essai est renouvelé deux fois.

Avec la *Donarite*, on constate un faible crépitement et de légères carbonisations locales.

7. ACTION DE L'EAU. — Un tube de verre, de 20 centimètres de longueur et de 25 millimètres de diamètre, aminci à une extrémité et fermé en cet endroit par de la laine de verre, est posé verticalement. On y entasse 50 grammes d'explosif et on y verse 100 centimètres cubes d'eau distillée. Au fur et à mesure que le liquide s'écoule, on continue à verser de l'eau en maintenant la même hauteur dans le tube jusqu'à ce qu'il se soit écoulé 50 centimètres cubes de liquide. — On ne doit trouver, dans le liquide écoulé, aucune trace de nitroglycérine.

## II. — Composés organiques nitrés.

Les explosifs de comparaison sont l'**Acide picrique**, pour les composés nitrés du groupe I et la **Tétranitro méthylaniline**, pour les composés nitrés des groupes II et III.

Les épreuves consisteront dans ce qui suit :

1. L'analyse chimique et la vérification des propriétés principales (point de fusion, etc.);
2. La solubilité dans l'eau et la tendance à la formation de sels dangereux (manière de se comporter devant le papier de tournesol);
3. L'exposition à la chaleur;
4. L'épreuve de l'inflammation;
5. L'essai de résistance aux actions mécaniques.

Les matières à essayer doivent être finement pulvérisées, soigneusement blutées et desséchées pendant 24 heures au dessiccateur dans le vide, sur du chlorure de calcium.

1. DÉTERMINATION DU POINT DE FUSION. — De petites prises d'essai sont introduites dans un tube étroit et fondus en présence d'un thermomètre.

2. a) SOLUBILITÉ DANS L'EAU. — Un gramme de matière est introduit dans un récipient avec 100 centimètres cubes d'eau distillée, à la température de 15° à 20°. On secoue pendant une demi-heure et l'on recueille le résidu non dissous, qui est séché et pesé ;

b) *ESSAI AU PAPIER DE TOURNESOL.* — La solution obtenue par l'expérience précédente est essayée par un papier bleu de tournesol, très sensible.

c) TENDANCE A LA FORMATION DE SELS DANGEREUX. — 1° La même solution est mise en contact, à la température ordinaire, pendant vingt quatre heures, avec une feuille de plomb bien polie et bien décapée. Celle-ci étant retirée, on y constate, en y injectant de l'eau ou au moyen d'une éponge de ouate humide, si le métal a été attaqué ou s'il y a eu formation de sels ;

2° 5 décigrammes de la substance sont secoués pendant cinq minutes dans une solution de 1 gramme d'hydrate de soude dans 10 centimètres cubes d'eau. La matière filtrée est alors saturée de HCl. S'il y a un précipité, c'est qu'il y a tendance à la formation de sels :

3° La solution dont il est question au paragraphe précédent, est très légèrement acidulée par de l'acide acétique, et alors traitée par de l'acétate de plomb. Le précipité qui peut se former est desséché et soumis aux épreuves du n° 6 décrites plus haut.

3. EXPOSITION A LA CHALEUR. — Cette épreuve a lieu de la manière indiquée pour les explosifs au nitrate d'ammoniaque. Au cas où une modification sensible interviendrait, on procéderait aux épreuves du n° 6 pour s'assurer si la sensibilité vis-à-vis des actions mécaniques s'est modifiée.

Les *explosifs de comparaison* ne subissent, dans ce cas, aucune modification.

4. ÉPREUVE DE L'INFLAMMATION. — a) *Epreuve à la mèche.* — Elle se pratique comme pour les explosifs au nitrate ammonique.

L'*acide picrique* ne s'enflamme pas.

b) *Epreuve sur la capsule de fer rougie.* — Elle se fait de la manière précédemment indiquée.

L'*acide picrique* et la *Tétranitrométhylaniline* n'explosent pas.

c) *Epreuve au bain métallique de Wood.* — Comme précédemment indiqué.

L'*acide picrique* s'allume vers 300°, mais n'explosionne pas. La *Tétranitrométhylaniline* s'enflamme vers 180°, mais sans explosion.

d) *Epreuve au bûcher.* — Comme plus haut.

L'*acide picrique* brûle vivement, mais n'explosionne pas. La *Tétranitrométhylaniline* brûle en explosionnant.

5. RÉSISTANCE AUX ACTIONS MÉCANIQUES. — Mêmes épreuves que celles prescrites pour les explosifs au nitrate.

Dans l'épreuve de frottement dans le mortier, les *explosifs de comparaison* brunissent au point de frottement, sans crépiter.

### III. — Chlorhydrine nitrée.

L'impureté éventuelle de cet explosif est la nitroglycérine.

Pour s'assurer du degré de pureté, on fait des essais comparatifs au mouton et au mortier avec une dinitrochlorhydrine bien pure.

### IV. — Nitrocelluloses.

Les épreuves à faire subir sont les suivantes :

- 1° La constatation des propriétés principales ;
  - a) Teneur en azote ;
  - b) Température d'explosion ;
- 2° La constatation de la teneur en eau et en alcool ;
- 3° La recherche de certains mélanges (paraffines, nitrates de potasse et de baryte) ;
- 4° L'essai de stabilité à 145°.

1. a) La *détermination de l'azote* se fera par le procédé Schulze-Tiemann (Schlösing) ou le procédé Lunge.

b) Pour déterminer la *température d'explosion*, on introduit environ 1 décigramme du fulmicoton dans un tube éprouvette de 125 m/m de hauteur, de 15 m/m de diamètre et 1/2 m/m d'épaisseur.

Dans un bain d'huile chauffé à 100°, on plonge l'éprouvette à 45 m/m de profondeur, et de façon à ce qu'elle sorte de 40 m/m au dessus du couvercle du bain. La boule du thermomètre doit être à la même profondeur dans le bain que le fond de l'éprouvette.

On échauffe le bain de telle sorte que la température monte de 5° par minute et atteigne ainsi 180° en 16 minutes.

2. TENEUR EN EAU ET EN ALCOOL. — On dessèche à 60° dans une capsule en verre jusqu'à ce que le poids reste constant, et l'on détermine la perte de poids.

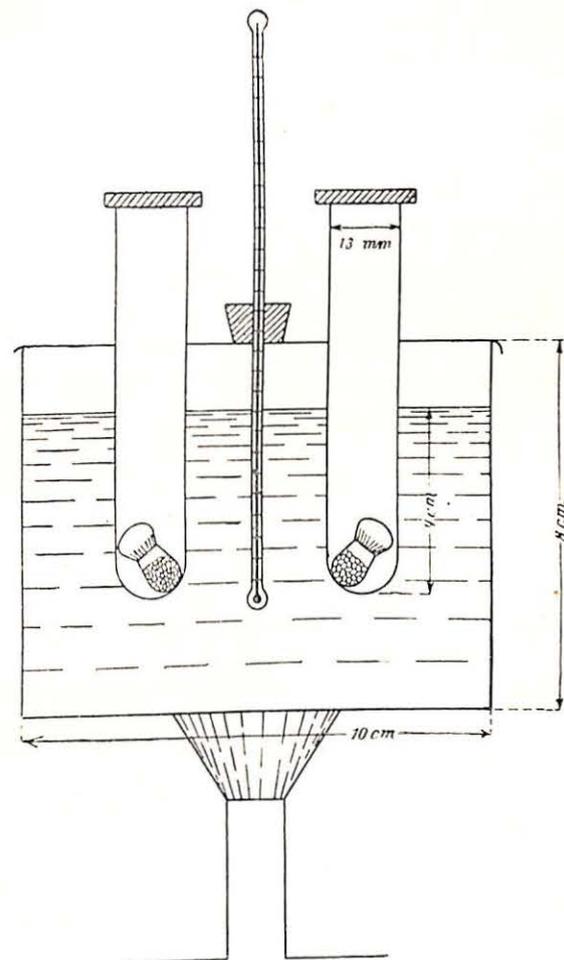
3. CONSTATATION DE SUBSTANCES EN MÉLANGE. — S'il s'agit de substances solubles (nitrates de potasse et de baryte), on place 10 grammes de la nitrocellulose sur un filtre préalablement pesé et l'on asperge d'eau distillée; le filtre, avec le résidu, est alors desséché à 60° et pesé.

S'il s'agit de paraffine, on se sert d'éther.

4. ESSAI DE STABILITÉ A 145°. — Des quantités de 1 décigramme de la nitrocellulose desséchée sont introduites dans de petits flacons de verre, de 10 millimètres de diamètre, remplis sur environ 1 centimètre cube, puis fermés par une feuille d'étain.

Un récipient en cuivre de 10 centimètres de diamètre et de 8 centimètres de hauteur (voir croquis ci-dessous) et dont le couvercle est percé de cinq ouvertures, est rempli d'huile.

L'ouverture centrale laisse passer un thermomètre. Dans les quatre autres on introduit des tubes en cuivre de 13 millimètres de diamètre



intérieur, que l'on fait plonger de 4 centimètres dans le bain d'huile. Le fond de ces tubes doit être recouvert d'une légère couche d'asbeste.

On chauffe le bain d'huile à 145°, puis on place les fioles de nitrocellulose au fond des tubes de verre.

On constate alors si et quand survient l'explosion.

Une nitrocellulose de pureté convenable doit résister au moins cinq minutes.

V. — Chlorates et perchlorates.

L'explosif de comparaison pour les chlorates et les perchlorates du groupe II est la *Cheddite* ayant la composition suivante :

Chlorure de potasse . . . . .	79
Nitronaphtaline . . . . .	1
Dinitrotoluol . . . . .	15
Huile de ricin . . . . .	5

Pour les explosifs du groupe III, l'explosif de comparaison est la *Silésia I* composée comme suit :

Chlorate de potasse . . . . .	85
Colophane . . . . .	15

Les épreuves comprennent ce qui suit :

1. L'analyse chimique, pour constater la composition régulière ;
2. L'essai au papier de tournesol ;
3. L'épreuve de chaleur ;
4. L'exposition aux alternances de sécheresse et d'humidité ;
5. La résistance à la dissociation par la trépidation ;
6. L'allumage ;
7. Les actions mécaniques.

2. L'ÉPREUVE AU PAPIER DE TOURNESOL se fait de la façon déjà indiquée.

La *Cheddite* et la *Silesia I* ne donnent aucune réaction acide.

3. L'ÉPREUVE A LA TEMPÉRATURE DE 75° est pratiquée comme il a été décrit précédemment.

La *Cheddite* et la *Silesia I* ne subissent aucune modification notable.

4. ALTERNANCES DE SÉCHERESSE ET D'HUMIDITÉ. — Deux échantillons de 100 grammes de substance sont placés alternativement pendant quarante-huit heures dans l'air humide (sous une cloche de verre avec de l'eau) et dans l'air sec (dans un dessiccateur). On recommence l'épreuve deux fois.

On fait alors subir aux explosifs les épreuves au marteau et à la flamme.

La *Cheddite* et la *Silesia I* ne subissent aucune modification dans ces conditions.

5. RÉSISTANCE A LA DISSOCIATION SOUS L'INFLUENCE DE TRÉPIDATIONS. — Même façon de procéder que celle décrite précédemment.

La *Cheddite* et la *Silésia I* résistent à cet essai sans modification.

6. a et b) Les épreuves à la mèche et à la capsule de fer rougie se font de la manière déjà décrite. La *Cheddite* et la *Silésia I* ne s'enflamment pas à la première de ces épreuves ; à la seconde, elles brûlent vivement mais n'explosent pas.

c) Echauffement dans le bain de métal Wood.

La *Cheddite* et la *Silésia I* n'explosent pas en dessous de 200°.

d) Épreuves au bûcher dans des boîtes en tôle.

La *Cheddite* brûle vivement avec de faibles explosions, la *Silésia I* explose vivement.

7. RÉSISTANCE AUX ACTIONS MÉCANIQUES. — Mêmes épreuves au marteau et au mortier de porcelaine que celles déjà indiquées.

Dans l'épreuve au mortier de porcelaine, la *Cheddite* et la *Silésia I* crépitent fortement, mais seulement avec des explosions locales.

VI. — Poudres noires et ses dérivés.

L'explosif de comparaison pour les explosifs à soumettre, au régime du groupe I d, est une poudre de la composition suivante :

Nitrate de soude . . . . .	75
Soufre . . . . .	10
Charbon brun . . . . .	15

Pour les explosifs à soumettre au régime du groupe II d, l'explosif de comparaison est une poudre de composition suivante :

Nitrate de potasse . . . . .	15
Soufre . . . . .	10
Charbon de bois . . . . .	15

Les épreuves sont les suivantes :

- 1° L'analyse chimique ;
- 2° L'essai au papier de tournesol ;
- 3° L'action de la chaleur ;
- 4° L'inflammation ;
- 5° Les actions mécaniques.

1. L'ANALYSE CHIMIQUE a surtout pour but de constater s'il existe d'autres substances que celles composant l'explosif de comparaison.

2. ÉPREUVES AU PAPIER DE TOURNESOL. — Les explosifs ne doivent accuser qu'une très légère réaction acide.

3. EXPOSITION A LA TEMPÉRATURE DE 75° — Les *poudres de comparaison* ne subissent qu'une perte de poids insignifiante.

4. EPREUVE A L'INFLAMMATION. — a) Dans l'allumage à la *mèche*, la *poudre de comparaison* déflagre, mais ne détone pas.

b) Epreuve à la *capsule de fer rouge* : Le *premier explosif de comparaison* s'allume après quelques secondes et brûle vivement, sans détoner ; le *second* déflagre de suite, mais sans détoner.

c) *Bain de métal* : la *poudre de comparaison* explosionne vers 300°.

5. ACTIONS MÉCANIQUES AU MOUTON ET AU MORTIER DE PORCELAINE. — Les *explosifs de comparaison* y résistent parfaitement.

#### VII. Dynamites.

Les explosifs de comparaison sont la **Gélatine explosible**, composée comme suit :

Nitroglycérine . . . . .	93
Collodion . . . . .	7

ou la **dynamite à la guhr** ainsi composée :

Nitroglycérine . . . . .	75
Kieselguhr . . . . .	25

Les épreuves sont les suivantes :

- 1° L'analyse chimique ;
- 2° L'essai au papier de tournesol ;
- 3° L'exposition à la chaleur ;
- 4° L'épreuve de la dissociation par trépidations ;
- 5° L'essai d'inflammation ;
- 7° Les actions mécaniques.

1. ANALYSE quantitative de la nitroglycérine, de la dinitroglycérine, de la nitrocellulose, etc.

2. PAPIER DE TOURNESOL. — Les dynamites qui contiennent du nitrate ammoniac accusent une légère réaction acide comme la *Donarite*.

3. L'ÉPREUVE A LA CHALEUR se fait à des températures variées :

a) Les cartouches sont exposées pendant cinq jours à la température de 30°. Pendant cette épreuve aucune exsudation de nitroglycérine ne doit avoir lieu, et, après refroidissement, les cartouches doivent avoir la même consistance qu'avant l'épreuve ;

b) Les cartouches sont exposées pendant quarante-huit heures à la température de 75°. Il ne doit se dégager aucune vapeur nitreuse.

4. LA RÉSISTANCE A LA DISSOCIATION sous l'influence des trépidations prolongées se détermine comme il a été indiqué pour les explosifs de la catégorie I.

5. EPREUVE A L'ALLUMAGE. — a) A la *mèche* : Les explosifs gélatinisés sont, avant d'être introduits dans le tube éprouvette, divisés en petits cubes. — La *Dynamite à la guhr* s'allume et brûle sans explosion ; la *Gélatine explosible* s'allume et brûle vivement, mais sans explosion ;

b) A la *capsule de fer rouge* : la *Dynamite à la guhr* et la *Gélatine explosive* brûlent sans explosion ;

c) *Epreuves au bain métallique de Wood* : La *dynamite à la guhr* explosionne vers 207-215° ; la *gélatine*, vers 207-211° ;

d) *Epreuve au bûcher* dans des boîtes en tôle. — La *dynamite à la guhr* déflagre et peut détoner ; la *gélatine* détone.

6. EPREUVES AU MOUTON ET AU MORTIER DE PORCELAINE. — Les *explosifs de comparaison* n'explosionnent pas sous le frottement du pilon.

#### B. — Explosifs de tir.

I et II. — **Poudres sans fumée, à la nitrocellulose gélatinisée avec ou sans nitroglycérine.**

Les épreuves doivent porter :

1° SUR LES SUBSTANCES SERVANT A LA FABRICATION DES EXPLOSIFS, à savoir :

a) Sur la *nitrocellulose* : Elle doit être de la meilleure qualité et satisfaire aux conditions suivantes :

α) Le dégagement d'oxyde d'azote, à une température de 132°, ne doit pas dépasser 3 centimètres cubes pour 1 gramme de nitrocellulose. — La détermination se fait, sur matière bien desséchée et pulvérisée, au moyen d'un appareil spécial décrit et figuré dans la note allemande).

β) La température de déflagration ne doit pas être inférieure à 180°. Elle se détermine comme il a été indiqué pour les explosifs au nitrate ammoniac ;

b) Sur la *Nitroglycérine*. Cette substance doit être de bonne qualité et spécialement dépourvue de toute trace d'acide. Cela se détermine par l'épreuve au papier de tournesol et celle au papier d'iodure de zinc. Pour cette dernière épreuve, on se sert d'un gramme de nitroglycérine. Aucune teinte violette ne doit apparaître dans les 10 minutes sur le papier réactif ;

2° SUR LA POUDRE FABRIQUÉE. — Celle-ci doit, pour être admise aux conditions de transport du groupe I, être gélatinisée et satisfaire aux conditions suivantes :

a) Les poudres à la nitrocellulose doivent avoir une température de déflagration d'au moins 170° et pouvoir être échauffées pendant une heure au moins à 135°, sans émettre des vapeurs nitreuses en quantité sensible ;

b) Les poudres à la nitrocellulose, contenant de la nitroglycérine, doivent avoir une température de déflagration d'au moins 160° et pouvoir être échauffées au moins pendant 1 1/2 heure à la température de 120°, sans émettre des vapeurs rutilantes en quantité sensible ;

c) Les dites poudres, contenant ou non de la nitroglycérine, ne peuvent, à l'épreuve au bloc de plomb (de Trauzl) faite comparative-ment avec une poudre cubique (2 millimètres de longueur) contenant 60 % de nitrocellulose à (12 % d'azote) et 40 % de nitroglycérine, produire un élargissement du bloc de plus de 10 % supérieur à celui produit par cette dernière poudre.

### III. — Poudre noire.

Pas d'épreuve prévue pour cette poudre.

### C. — Autres substances explosives.

Elles doivent, à l'état sec, ne pas se montrer plus dangereuses, aux épreuves ci-dessous spécifiées que l'acide picrique pur.

Les épreuves porteront :

1° Sur la résistance aux actions mécaniques ;

2° Sur la résistance à l'inflammation.

Cette dernière épreuve se fera comme il a déjà été indiqué pour d'autres explosifs.

Quant à l'épreuve au choc, elle se fera comme suit : 5 centigrammes de la substance, enfermés dans une feuille d'étain, seront posés sur un bloc de laiton, reposant sur une pierre solide. Sur l'échantillon, on placera un bloc de fer à angles aigus, ayant une surface de frappe inférieure de 1 centimètre carré, et sur ce bloc on frappera six coups violents avec un marteau d'au moins 1 kilogramme. L'épreuve sera recommencée cinq fois.

## TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
INTRODUCTION . . . . .	1221
CHAPITRE I <sup>er</sup> . — Les essais des explosifs . . . . .	1225
Note de M. MENTE . . . . .	1226
Observations de M. HEISE . . . . .	1231
Note de M. WILL . . . . .	1232
Note de M. BEYLING . . . . .	1261
Note de M. TAFFANEL . . . . .	1263
Note de MM. WATTEYNE et STASSART :	
I. — Explosifs antigrisouteux. — Leur contrôle . . . . .	1268
II. — Explosifs S. G. P. . . . .	1275
III. — Variation de la charge-limite en fonction de la section de la chambre d'explosion . . . . .	1278
IV. — Variation de la charge-limite en fonction d'autres facteurs . . . . .	1280
V. — Verres pour lampes de mineurs. — Etincelles en atmosphère grisouteuse . . . . .	1281
CHAPITRE II. — Le danger des poussières dans les mines . . . . .	1286
Note de M. W. GALLOWAY . . . . .	1287
Communication de M. le D <sup>r</sup> PH. BEDSON. . . . .	1288
Note de M. FORSTMANN . . . . .	1293
CHAPITRE III. — Objets divers :	
Note de M. BARTHELEMY . . . . .	1302
Note de M. HAUSER . . . . .	1304
CHAPITRE IV. — L'unification des méthodes d'épreuves sur la stabilité des explosifs . . . . .	1308
Première partie. — Méthodes d'épreuves en usage :	
GRANDE-BRETAGNE :	
a) Epreuves physiques et mécaniques . . . . .	1311
1. Sensibilité au choc direct . . . . .	1312
2. Sensibilité au choc et à la friction simultanés . . . . .	1313
3. Température d'ignition . . . . .	1314

Epreuves appliquées aux classes spéciales d'explosifs:	
Explosifs au chlorate . . . . .	1315
Explosifs à la nitroglycérine gélatinisée . .	1315
Id. id. non gélatinisée . . . . .	1316
b) Epreuves chimiques . . . . .	1316
I. — Instructions générales. — Matériel nécessaire . . . . .	1317
II. — Essais des dynamites . . . . .	1319
III. — Essai de la gélatine explosive et des préparations analogues . . . . .	1321
Note complémentaire de M. LUNDHOLM . . . .	1321
FRANCE. — a) Epreuves physiques et mécaniques .	1324
b) Epreuves chimiques . . . . .	1326
PAYS-BAS. — a) Epreuves physiques et mécaniques .	1328
b) Epreuves chimiques :	
1. Poudres et nitrocelluloses . . . . .	1330
2. Autres explosifs . . . . .	1333
ALLEMAGNE . . . . .	1333
a) Epreuves contre les actions mécaniques .	1334
b) Epreuves de température . . . . .	1335
ESPAGNE. — Epreuves chimiques :	
I. — Explosifs de mines . . . . .	1337
II. — Cotons-poudres, collodions et poudres de guerre et de chasse . . . . .	1339
ITALIE . . . . .	1348
AUTRICHE . . . . .	1349
ETATS-UNIS . . . . .	1352
BELGIQUE. . . . .	1352
Classification des explosifs . . . . .	1353
Essais relatifs à la reconnaissance et au classement . . . . .	1358
Essais ayant pour objet le contrôle des explosifs reconnus . . . . .	1362

**Deuxième partie.** — Quelques appréciations et propositions en vue de l'unification des méthodes :

a) Note de M. BARTHELEMY. . . . .	1363
Considérations générales . . . . .	1364
Explosifs à base de nitroglycérine . . . .	1364
Id. nitrate d'ammoniaque. . . . .	1368
Id. chlorate de potasse. . . . .	1368
Détonateurs . . . . .	1369
b) Note de M. SPICA . . . . .	1369
c) Note de M. GEY VAN PITTIUS . . . . .	1374
d) Mise au point de la question et notre avant- projet de conclusion . . . . .	1379
Epreuves physiques et mécaniques . . . . .	1380
1 <sup>re</sup> classe : Les épreuves par choc. . . . .	1380
2 <sup>e</sup> id. : Méthodes par friction . . . . .	1381
3 <sup>e</sup> id. : Méthodes de mesure de la résis- tance aux variations normales de température et d'humidité . . . . .	1382
4 <sup>e</sup> id. : Méthodes de mesure de la résis- tance aux effets calorifiques . . . . .	1384
Epreuves chimiques . . . . .	1385
Classification des explosifs . . . . .	1387
Conclusions . . . . .	1387

**Troisième partie.** — Les travaux de la Commission

allemande . . . . .	1388
Note de M. KAST . . . . .	1388
Note de M. WILL. . . . .	1389
Note de M. LENZE. . . . .	1392

**ANNEXES :**

I. — Recherches sur les poussières de charbon à la galerie d'essais du district minier de Rossitz. — Rapport du Commissaire supérieur des mines, Directeur CZAPLINSKI et du Directeur des travaux JICINSKY . . . . .	1401
II. — Détermination de la charge-limite vis-à-vis des poussières, au siège d'expériences de Frameries (Extrait d'un rapport de M. BOLLE) . . . . .	1426

- III. — Programme d'épreuves élaboré par la Commission allemande sur la stabilité des explosifs.  
(Annexe au règlement du 23 décembre 1908  
sur les transports par chemin de fer . . . . 1429

