



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



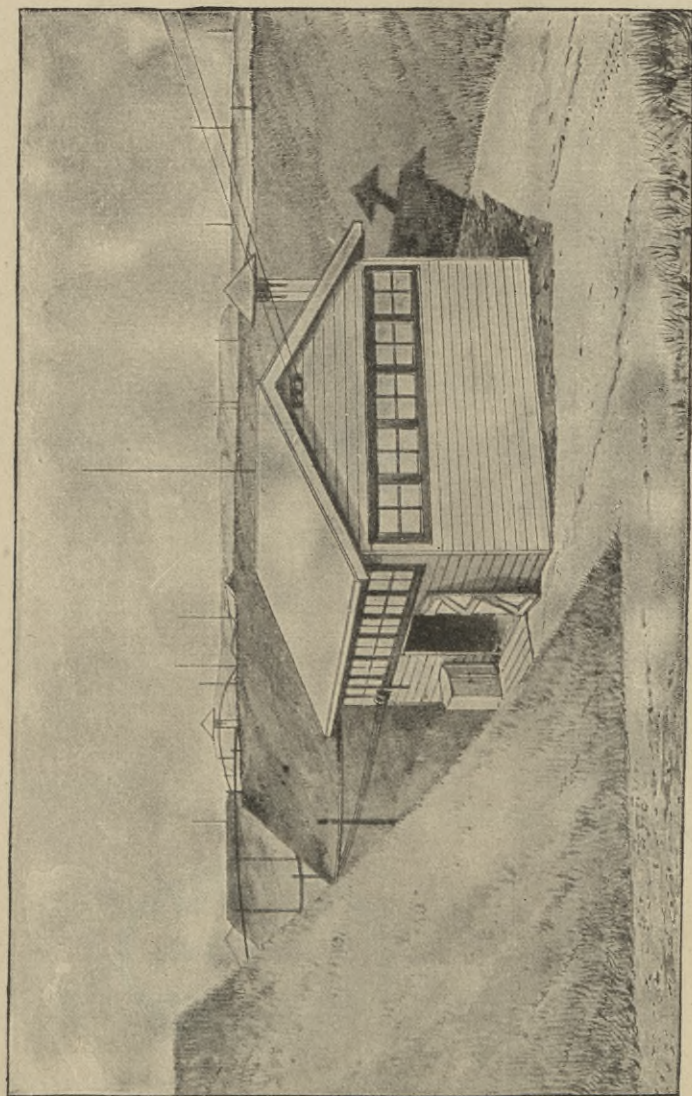
100000294799

HOMMAGE

EXPLOSIFS NITRÉS.







DISPOSITIF DE PROTECTION POUR LES ATELIERS DANGEREUX (voir page 3).

P. GERALD SANFORD,

de l'*Imperial College*,

Chimiste conseil de la *Cotton Powder Company Limited* ;

Ancien chimiste attaché à la manufacture de coton-poudre de Stowmarke
et à la fabrique de dynamite de Hayle, Cornwall.

EXPLOSIFS NITRÉS

TRAITÉ PRATIQUE

CONCERNANT LES PROPRIÉTÉS, LA FABRICATION ET L'ANALYSE
DES SUBSTANCES ORGANIQUES EXPLOSIBLES NITRÉS, Y COMPRIS LES FULMINATES,
LES POUDRES SANS FUMÉE ET LE CELLULOÏD.

Traduit, revu et augmenté

PAR

J. DANIEL,

Docteur spécial en exploitation des Mines,

Ingénieur des Arts et Manufactures,

Ancien Directeur de la Compagnie des Explosifs Sécurité.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1898.

(Tous droits réservés.)

26.20
142

xx
171

5334



Archiw. Nr. 4962/50

PRÉFACE.

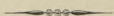
En publiant cet ouvrage, notre but est de présenter une étude complète, quoique succincte, concernant les propriétés, la fabrication et l'analyse des explosifs nitrés.

Un certain nombre des figures et des renseignements relatifs aux poudres sans fumée sont dus à M. J.-D. Dougall, ainsi qu'à MM. A.-C. Ponsonby et H.-M. Chapman, Membres de la *Chemical Society*. MM. H.-A. Krohn et W.-J. Orsman, de l'*Imperial College*, nous ont fourni, quant à la roburite, des détails très intéressants. Nous adressons à tous nos remerciements les plus sincères.

Parmi les autres sources auxquelles nous avons puisé, citons les publications de la *Chemical Society*, de la *Society of Chemical Industry*, de l'*United States Naval Institute* et de la *Royal Artillery Institution*; la Revue intitulée *Arms and Explosives*; les Notes publiées par Sir Frederick Abel et le Général Wardell sur le coton-poudre; *Modern Artillery* par le Capitaine Lloyd et M. A.-G. Hadevek; le *Dictionnaire des explosifs* du regretté Colonel Cundill; les travaux de MM. Berthelot, Eissler, etc.

La plupart des illustrations ont été composées d'après nos propres dessins. Les autres ont été empruntées à la Revue *Arms and Explosives*, ainsi qu'à diverses sources indiquées dans le texte.

P. GERALD SANFORD.



AVERTISSEMENT DU TRADUCTEUR.

Au cours de la présente traduction, nous nous sommes efforcé de suivre, dans la mesure du possible, le texte anglais de *Nitro-Explosives*. M. Gerald Sanford, familiarisé de longue date avec tout ce qui concerne les propriétés, la fabrication et l'analyse des explosifs nitrés, a su présenter ces notions sous une forme des plus attrayantes.

Quelques additions ont été jugées nécessaires, notamment en ce qui concerne les *explosifs de sûreté*, dont l'emploi s'impose si impérieusement lorsque le minage est effectué dans une atmosphère susceptible de renfermer du grisou ou des poussières de houille. Nous avons examiné ces explosifs, tant au point de vue du degré de sécurité qu'ils peuvent réaliser effectivement que de leur fabrication et de leurs propriétés. Nous avons été amené ainsi à nous occuper des désordres que les produits de leur décomposition explosive déterminent lorsqu'ils pénètrent dans l'organisme par les voies respiratoires. Nous nous sommes arrêté également à l'intoxication par les dérivés nitrés de la benzine, du toluène, de la naphtaline, etc.

D'autre part, nous avons cru devoir amplifier les notions relatives aux opérations de chargement et de sautage des mines, examinant les *ratés* et leurs causes possibles. Ces

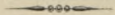
notions appartiennent essentiellement au domaine de la pratique du minage et présentent, à ce titre, un intérêt tout spécial.

Dans un autre ordre d'idées, les considérations théoriques qui concernent la puissance des matières explosibles et le calcul de la pression, tout en restant présentées d'une façon purement rudimentaire, nous ont semblé ne pouvoir se dispenser de subir quelques modifications.

Lorsque nous nous sommes trouvé obligé d'émettre certaines opinions présentant quelque contradiction avec celles de l'auteur, nous avons eu soin, afin de prévenir toute équivoque, d'en faire l'objet d'une mention spéciale.

M. Gerald Sanford s'est mis à notre disposition, avec le plus grand empressement, chaque fois que nous avons eu recours à son obligeance. Les renseignements qu'il a bien voulu nous communiquer ont singulièrement facilité notre tâche et nous tenons à lui adresser nos remerciements bien sincères.

J. DANIEL.



EXPLOSIFS NITRÉS.

CHAPITRE PREMIER.

INTRODUCTION.

La fabrication des explosifs nitrés a fait l'objet, au cours de ces dernières années, de perfectionnements notables. Ces produits se substituent progressivement aux agents explosifs primitivement employés, soit dans les applications qui concernent l'industrie, soit dans celles qui se rattachent à l'artillerie. On les obtient par l'action de l'acide azotique seul ou mélangé à l'acide sulfurique sur des substances organiques, additionnées ou non d'autres produits. On conçoit donc que le nombre de ces explosifs puisse être fort considérable. Parmi les matières que l'on a nitrées, nous pouvons citer la cellulose sous diverses formes : coton, fibres, etc. ; la glycérine, la benzine, l'amidon, le jute, le sucre, le bois, la paille, la mélasse et même des substances telles que le crottin de cheval.

Les plus importants de ces produits sont la nitroglycérine et la nitrocellulose. La première entre dans la composition de toutes les dynamites et de plusieurs poudres sans fumée. A la deuxième se rattachent le coton-poudre, le coton-collodion, le fulmibois et la majorité des poudres sans fumée, lesquelles se composent généralement d'une cellulose nitrée : coton, fibre, jute, etc., mélangée à des nitrates métalliques ou à la nitroglycérine.

En général, les explosifs nitrés s'obtiennent par la substi-

tution du radical AzO^2 (nitryle) au radical hydrogène : ainsi

la glycérine C^3H^5 $\begin{array}{l} \diagup \text{OH} \\ - \text{OH} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$, qui est un alcool trivalent, devient la

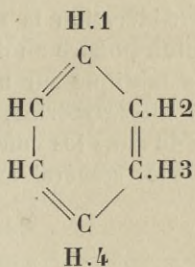
trinitrine ou nitroglycérine C^3H^5 $\begin{array}{l} \diagup \text{OAzO}^2 \\ - \text{OAzO}^2 \\ \diagdown \text{OAzO}^2 \end{array}$ si 3 radicaux AzO^2 remplacent 3 atomes d'hydrogène.

La cellulose $n(\text{C}^6\text{H}^{10}\text{O}^5)$ constitue l'enveloppe des organes élémentaires des végétaux. Elle possède certaines propriétés des alcools : traitée par les acides nitrique et sulfurique, elle donne naissance à des éthers. Le fulmicoton proprement dit correspond au maximum de la nitration. Les produits moins élevés s'appellent *pyroxyline*, *colloxyline* ou *coton-collodion*; solubles dans l'acétone et l'éther acétique, de même que le fulmicoton, ils se distinguent de celui-ci par leur solubilité dans l'éther alcoolisé. Cette dissolution, épaisse et transparente, porte le nom de *collodion*; elle a reçu des applications importantes en chirurgie et en photographie. La nitration de la benzine C^6H^6 donne la nitrobenzine $\text{C}^6\text{H}^5(\text{AzO}^2)$ et les dinitrobenzines $\text{C}^6\text{H}^4(\text{AzO}^2)^2$. Celles-ci entrent dans la composition de la roburite, de la sécurite, etc.

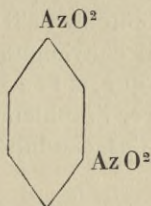
Le nombre des radicaux AzO^2 qui se substituent à l'hydrogène ne peut être supérieur à trois, dans le cas des substances aromatiques et des phénols. Les composés isomères, eu égard à leur structure chimique, portent les noms d'*ortho*, *méta*, *para*. A cet égard, on a pu observer certaines règles : si une substance contient les radicaux alcalins ou OH , on obtiendra de préférence le produit *para* et fort peu l'*ortho*; c'est le *méta* qui prévaudra dans le cas d'un radical nitrique, carboxyle, ou bien d'un aldéhyde. Le phénol ordinaire $\text{C}^6\text{H}^5\text{OH}$ donne les *para*- et *ortho*-nitrophénols; le toluène de même. Mais la nitrobenzine et l'acide benzoïque donnent de préférence la modification *méta*.

Si nous représentons la benzine par la formule n° 1, les positions 1 et 2 correspondront à la modification *ortho*, 1 et 3 à *méta* (n° 2), 1 et 4 à *para*. La nitration du phénol $\text{C}^6\text{H}^5\text{OH}$ donne le trinitrophénol ou acide picrique $\text{C}^6\text{H}^2(\text{AzO}^2)^3\text{OH}$. La nitronaphtaline $\text{C}^{10}\text{H}^6(\text{AzO}^2)^2$ entre dans la composition de la roburite, de la sécurite et d'autres explosifs analogues.

La mannite hexanitrique $C^6H^6(OAzO^2)^6$ est un explosif qui jouit d'une puissance très considérable. Elle contient 18,58 pour 100 d'azote.



N° 1.



MÉTA-DINITROBENZINE.

N° 2.

L'amidon nitré a fait l'objet de certaines applications. Nous nous occuperons ci-après de l'étude de ce composé, ainsi que des produits de la nitration du jute.

Zone dangereuse. — Dans toute fabrique d'explosifs, on désigne sous le nom de *zone dangereuse* la portion des ateliers où se pratique le mélange des matières explosibles. Ces ateliers doivent être construits de préférence en bois, de manière à présenter une résistance moindre dans l'éventualité d'une explosion et à diminuer ainsi notablement le danger des projections.

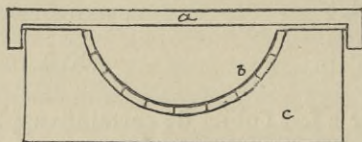
Il est recommandable d'entourer les ateliers dangereux de monticules de sable ou de terre, que l'on recouvre de gazon et auxquels on donne une hauteur dépassant celle de l'atelier (*voir* le frontispice). En cas d'accident, ces monticules présentent le grand avantage d'amortir la force de l'explosion et de constituer un obstacle à la projection des murs. Dans les manufactures de poudre, les monticules peuvent être remplacés par des arbres ou par un taillis serré.

En Angleterre, les ateliers dangereux doivent être séparés par une distance minima. Les demandes d'autorisation, adressées à l'Autorité, doivent être accompagnées d'un plan de l'usine projetée; il faut indiquer en outre la disposition des

environs, les constructions étrangères les plus rapprochées, le mode de constitution des monticules protecteurs, le procédé de fabrication des explosifs, etc.

La position de la zone dangereuse doit être choisie avec grand soin. Il faut prendre en considération la nature de l'explosif à obtenir : s'il s'agit de coton-poudre ou de poudre ordinaire, il conviendra de bâtir la fabrique sur un terrain plat, tandis que, si l'on produit de la nitroglycérine, il importerait d'assurer l'écoulement du liquide dans les conduites où il circule. Ces conduites (*fig. 1*) sont généralement con-

Fig. 1.



a, couvercle; *b*, revêtement en plomb; *c*, escarbilles.

struites en bois doublé de plomb. De même que tous les récipients appelés à renfermer la nitroglycérine, elles doivent être en plomb chimiquement pur. L'espace compris entre le bois et le métal est de 0^m, 10 à 0^m, 12; on le remplit d'escarbilles. Il est nécessaire que ces conduites aient une pente légère. La sécurité devra être assurée par l'adjonction, sur la plus grande longueur possible, de massifs en terre analogues à ceux des ateliers. Les conduites sont surmontées de couvercles que l'on badigeonnera en blanc.

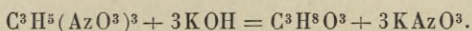
Ces conduites devront faire l'objet d'une inspection minutieuse et fréquente. Lorsqu'il s'agira de réparer le revêtement en plomb, l'enlèvement de la partie endommagée devra être précédé d'un lavage du métal; ce lavage s'étendra sur une distance d'un à deux mètres de part et d'autre de la portion à enlever. On emploiera à cet effet une solution de soude ou de potasse caustique dans de l'alcool méthylique étendu d'eau, et de l'eau pure pour terminer; la nitroglycérine adhérente se trouvera décomposée en glycérine et nitrate alcalin.

Le revêtement en plomb est attaqué par le mélange des acides. Il se forme du sulfate ainsi que du nitrate métallique.

Pour obvier à cet inconvénient, on a proposé l'emploi de tuyaux en gutta-percha, mais ils sont difficiles à visiter en cas d'obstruction ou de congélation de la nitroglycérine. Avec les conduites en bois, il suffit d'enlever les couvercles. Le sulfate de plomb que l'on recueille dans les conduites renferme de la nitroglycérine. Il importe d'en opérer la combustion en un endroit bien éloigné de tout atelier ou magasin, car elle est fréquemment accompagnée d'explosions violentes.

La nitroglycérine prend naissance dans la chambre de nitration; elle passe successivement dans les ateliers de première séparation, de filtration, de seconde séparation, de dépôt des impuretés, et de dépôt définitif ou précipitation. Chacun de ces ateliers doit être à un niveau moins élevé que le précédent, afin de faciliter l'écoulement de la nitroglycérine.

Tout atelier dangereux doit être protégé de la foudre et maintenu, en été, à une température aussi fraîche que possible. A cet effet, les cloisons seront doubles et l'espace qui les sépare rempli d'escarbilles. Le toit sera badigeonné en blanc, de même que les fenêtres. Dans chaque atelier se trouvera un thermomètre. Il est essentiel de laver le plancher journallement avant la sortie des ouvriers. Si de la nitroglycérine vient à être épandue, on procédera, après enlèvement du liquide, à un lavage au moyen d'une solution alcoolique de soude ou de potasse caustique. La décomposition s'effectuera comme suit :



Les diverses constructions seront réunies par des chemins recouverts de cendrée ou bordés de planches; le terrain environnant sera gazonné ou recouvert de cendres également, afin qu'il ne puisse y avoir de sable entraîné dans les ateliers. En plusieurs endroits devront se trouver des tuyaux renfermant de l'eau sous une pression suffisante, pour le cas où surviendrait un incendie. Le matériel ordinaire de sauvetage sera placée en d'autres endroits, tels que le laboratoire ou le bureau du contre-maître, de manière qu'on puisse le trouver immédiatement en cas de besoin. En hiver, les ateliers ne pourront être chauffés qu'au moyen de tuyaux à vapeur, la chaudière étant située hors de la zone dange-

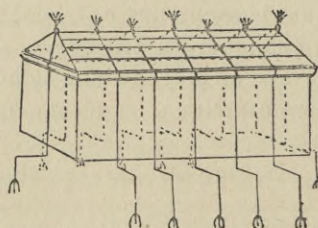
reuse; ces tuyaux seront recouverts de kieselguhr ou terre d'infusoires et de toile goudronnée. Ils seront portés par des mâts.

Toute personne travaillant dans ces ateliers portera des chaussons ou bien des bottines en cuir sans clous, affectés exclusivement au séjour de l'atelier.

Il en sera de même quant aux vêtements, qui s'imprègnent de nitroglycérine; ces vêtements ne portent aucune poche, afin que les ouvriers ne puissent avoir sur eux ni allumettes, ni outils en acier. On ne pourra employer que des outils en bronze phosphoreux ou en laiton; pour la construction des ateliers, on ne se servira que de clous en laiton ou de chevilles en bois.

Protection de la foudre. — Jusqu'ici, on n'a pu fixer définitivement la forme exacte des conducteurs destinés à protéger de la foudre les constructions dans lesquelles sont manipulées ou emmagasinées les substances explosibles. Le

Fig. 2.



système dû aux professeurs Melsens, de Bruxelles, et Zenger, de Prague, fut préconisé en principe par le professeur Clerk-Maxwell : dans une Note présentée à la *British Association*, il proposa de protéger ces constructions au moyen d'une enveloppe métallique ou d'une sorte de cage conductrice.

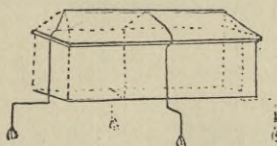
C'est le professeur Melsens qui mit ce principe en application, multipliant les conducteurs, les pointes et les connexions avec la terre.

Les conducteurs se terminent par une aigrette en brosse portant cinq ou sept pointes, celle du milieu étant un peu

plus élevée que les autres, qui forment avec elle un angle de 45° . Elles sont en fer galvanisé. Le principe consiste à constituer de l'ensemble un circuit métallique fermé. La *fig. 2*, empruntée à *Arms and Explosives*, donne un schéma de la disposition. Le système du professeur Zenger est analogue. L'armée autrichienne en a fait de nombreuses applications et les rapports du colonel Hess le représentent comme parfaitement efficace.

Dans le système employé en France, les tiges ne sont pas terminées en aigrettes (*fig. 3*). Les magasins ou ateliers res-

Fig. 3.



sortissant à l'Autorité militaire sont protégés au moyen de conducteurs soutenus par des mâts et placés à côté des murs, mais sans les toucher.

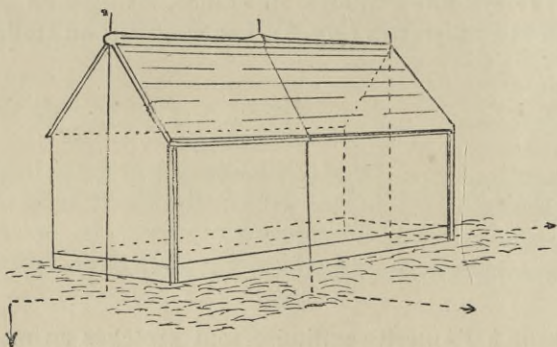
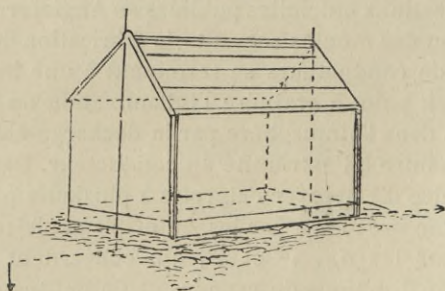
Les instructions officielles publiées en Angleterre imposent la protection des meules servant à la fabrication de la poudre, au moyen de conducteurs se terminant à une hauteur telle que l'on n'ait point à craindre l'inflammation du pulvérin en suspension dans l'atmosphère par la décharge électrique qui peut se produire à l'extrémité du conducteur. Dans ce cas, il est nécessaire d'employer l'aigrette à plusieurs pointes.

Le système préconisé par les Autorités anglaises se trouve indiqué dans les *fig. 4^a* et *4^b*, qui concernent respectivement les constructions de grandes et de petites dimensions. Lord Kelvin et le professeur Melsens considèrent que l'absence d'aigrettes diminue notablement la sécurité. Les conducteurs ne pourront dans aucun cas être espacés d'une quantité supérieure à 15^m ; aucun point de la construction ne peut être distant d'un conducteur de plus de $7^m, 50$.

Les magasins souterrains, quoique moins exposés que les autres, doivent également être protégés. Généralement, ils

renferment des explosifs placés dans des caisses métalliques. Par suite, ils présentent une résistance électrique inférieure à celle de la terre qui les entoure.

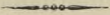
Dans tous les systèmes de protection analogues à ceux que nous venons d'indiquer, il faut que les conducteurs verticaux soient reliés à la partie supérieure ainsi qu'à la partie inférieure.

Fig. 4^a.Fig. 4^b.

rieure. Les angles et les parties saillantes d'un bâtiment ainsi que l'arête faîtière de la toiture, plus exposés à être frappés par la foudre, doivent être munis de conducteurs. Ceux-ci sont en connexion avec toutes les parties métalliques du toit ou des murs, et spécialement avec le pied des gouttières. Ils doivent faire l'objet de vérifications périodiques espacées de

trois mois au maximum, suivant le conseil que donne M. Richard Anderson, vérifications qui auront comme objet de déterminer la résistance des *terres* et d'examiner les joints. Le capitaine Bucknill a imaginé un appareil basé sur le type de bobine du *Post office* et susceptible de mesurer avec une grande approximation jusqu'à 200 ohms et moins exactement jusqu'à 2000. Celui de M. R. Anderson, d'un maniement très pratique, consiste en trois éléments Leclanché, plus un galvanomètre et des résistances étalonnées (1).

(1) Des Notes intéressantes ont été publiées par M. R. Anderson dans les numéros de juillet, août et septembre de la revue *Arms and Explosives*.



CHAPITRE II.

NITROGLYCÉRINE.

Notions générales. — La nitroglycérine est un des agents explosifs les plus puissants que l'on connaisse. Elle constitue le principe actif de la dynamite et des gélatines explosibles, telles que la gélatine dynamite et la gélinite. Celles-ci se composent de coton nitré dissous dans la nitroglycérine et additionné d'une quantité variable de pulpe de bois ou de salpêtre. Elle est également employée dans une très large mesure pour la fabrication des poudres sans fumée : cordite, balistite, etc.

La nitroglycérine ⁽¹⁾ fut découverte en 1847 par Sobrero, dans le laboratoire de Pelouze, à Paris. « Un liquide huileux prend naissance, écrivait le chimiste italien au savant français, si l'on verse de la glycérine dans un mélange d'acide sulfurique d'une densité de 1,84 et d'acide nitrique à 1,5, réfrigéré avec soin. »

La découverte de Sobrero resta longtemps sans recevoir d'applications, quoiqu'il eût fait connaître les propriétés explosives du liquide qu'il appelait la *pyroglycérine*. C'est seulement en 1863 que l'ingénieur suédois Alfred Nobel put en réaliser la préparation industrielle ⁽²⁾ et, qui plus est, parvint à la faire détoner en vase clos de façon à l'utiliser dans les travaux de mine; le premier, il constata la possibilité de provoquer l'explosion de la nitroglycérine par celle d'une certaine quantité de poudre de mine ou d'une capsule au fulminate de mercure, découverte d'une importance capitale.

(1) Synonymes : pyroglycérine, glonoïne, trinitroglycérine, trinitrine, triazotine, azotate de glycérile, nitroglycéride, huile explosive, Nobel's Sprengol.

(2) Brevet français du 18 septembre 1863.

L'emploi de la nitroglycérine s'étendit rapidement, mais bientôt de terribles accidents vinrent en arrêter l'expansion. Ce fut d'abord l'usine de Stockholm, qui sauta en 1864; puis le steamer *European*, qui fit explosion en rade de Colon. D'autres accidents effroyables, survenus à Hambourg, Carnavon, Sydney, San Francisco, Quenast, mirent en évidence le danger considérable que présente la manipulation de la nitroglycérine.

Plusieurs gouvernements en proscrivirent l'emploi et c'en était fait du nouvel explosif, lorsque M. Nobel imagina de le rendre moins sensible au choc en le mélangeant avec une substance inerte. D'abord, il y ajouta de l'alcool méthylique, mais le produit obtenu présentait encore de graves inconvénients. C'est alors qu'il proposa « l'incorporation de la nitroglycérine dans les pores de matières poreuses inexplosibles, sans aucune influence chimique sur la nitroglycérine, telles que silice, poudre de brique, argile sèche, plâtre, etc. L'explosif ainsi obtenu, plus ou moins sec suivant la quantité de nitroglycérine, se nomme *dynamite* ou *poudre de Nobel* (1). »

La fabrication de la nitroglycérine fut l'objet de notables perfectionnements : le Dr Mowbray proposa l'emploi de glycérine et d'acide nitrique exempts de toute impureté. En outre, la nitration était notablement favorisée par l'emploi d'un courant d'air froid et sec qui maintenait l'agitation dans le mélange liquide. Elle s'effectuait dans des pots en terre contenant chacun 17 livres d'acides et 2 de glycérine.

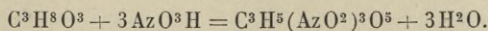
La méthode de Boutmy et Faucher, qui date de 1872, consiste en principe à faire agir sur 42 parties en poids d'un mélange contenant 10 parties de glycérine et 42 d'acide sulfurique, 56 parties d'un autre mélange, à poids égaux d'acide sulfurique et nitrique. Le but de cette méthode est d'augmenter la sécurité de la fabrication en fractionnant la chaleur due à la réaction : la température ne s'élèverait pas au-dessus de 10° à 15°. Mais ce procédé demande vingt-quatre heures pour effectuer la nitration. Il est probable qu'un contact si prolongé est susceptible de compenser et au

(1) Brevets pris à Stockholm le 7 mai et le 19 septembre 1867.

dela la sécurité due au manque d'élévation de la température. Cette méthode, que l'on avait pratiquée pendant un certain temps à Pembrey, fut abandonnée à la suite d'une grave explosion survenue en 1882.

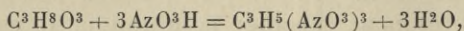
En principe, la nitroglycérine s'obtient en versant la glycérine dans un mélange d'acides nitrique et sulfurique. Ce dernier ne prend aucune part à la réaction; son rôle est de se combiner avec l'eau qui prend naissance. Par suite, l'acide nitrique se maintient au même degré de concentration, ce qui empêche la formation de produits inférieurs de nitration de la glycérine. Ces produits, solubles dans l'eau, seraient perdus lors du lavage subséquent auquel on procède pour enlever l'acide libre, dont la présence dans la nitroglycérine est extrêmement dangereuse.

On pourrait être tenté, à première vue, de considérer la nitroglycérine comme un composé nitrosubstitué de la glycérine, de nature analogue aux dérivés nitrés de la benzine ou du phénol, et dont la formation répondrait à la formule



Si cette manière de voir était exacte, les actions réductrices énergiques, telles que l'hydrogène naissant ou le sulfate d'ammoniaque, donneraient naissance à un amide. Or, ces actions réduisent la nitroglycérine à l'état de glycérine. En outre, les alcalis la transforment en azotate alcalin et glycérine. Par suite, on en conclut que la nitroglycérine est un véritable éther nitrique; sa formule s'écrira donc $C^3H^5 \begin{array}{l} / O Az O^2 \\ - O Az O^2, \\ \backslash O Az O^2 \end{array}$, celle de la glycérine étant $C^3H^5(OH)^3$.

Le mélange employé dans l'industrie comprend 3 parties en poids d'acide nitrique et 5 d'acide sulfurique. La formation de la nitroglycérine répondant à la relation



il s'ensuit que chaque kilogramme de glycérine produira

$\frac{227 + 1}{92} = 2^{\text{kg}}, 47$ de nitroglycérine. En pratique, on obtient 2^{kg} à $2^{\text{kg}}, 250$; la perte est due à la formation inévitable de produits inférieurs de nitration, qui sont entraînés lors du lavage subséquent. Il faut tenir compte, en outre, de ce que la glycérine contient un peu d'eau ou d'autres substances qui ne peuvent être nitratées.

Propriétés de la nitroglycérine. — La nitroglycérine est un liquide lourd, huileux, d'une densité de 1,6 à 15° et incolore à l'état de pureté. Dans le commerce, sa teinte est jaune clair et varie avec la pureté des matières premières qui ont servi à la fabrication. La nitroglycérine pure cristallise à -20° , mais il en est tout autrement quant au produit commercial, et la cristallisation peut être retardée ou empêchée par la présence d'impuretés, même minimes. A l'état solide, elle fond à 10° , mais seulement après un certain temps d'exposition à cette température. La densité, sous forme solide, est de 1,735 à 10° ; la contraction est donc de $\frac{1}{12}$ du volume. D'après Beckerheim, sa chaleur spécifique est de 0,4248 entre $9^{\circ}, 5$ et $9^{\circ}, 8$.

La nitroglycérine froide est inodore. Si on la chauffe, elle dégage des vapeurs d'acroléine, d'une odeur vive et piquante, affectant les yeux et la membrane pituitaire d'une manière fort sensible.

Sa saveur est piquante et sucrée; une goutte, déposée sur la langue, provoque de violents maux de tête. Son contact avec l'épiderme produit le même effet ⁽¹⁾. Même à froid, la nitroglycérine semble subir une légère volatilisation : la céphalalgie résulte de sa simple manipulation peu prolongée, sans aucun contact avec l'épiderme. De même, un séjour de quelques minutes dans un atelier où l'on en manipule peut occasionner des maux de tête très violents. Pour les dissiper, il est nécessaire de se promener au grand air, souvent pendant une heure et davantage; l'action du café noir est favo-

(1) La Législation autrichienne prescrit un premier lavage avec une dissolution chaude contenant 4 à 5 pour 100 de soude, suivi d'un second lavage à l'eau pure.

rable également. Ces troubles ne se produisent plus après un jour ou deux de travail et, en somme, on ne peut considérer la nitroglycérine comme un poison violent.

Sous le nom de *glonoïne*, elle est prescrite, surtout en Amérique, pour les névralgies et les troubles nerveux. La dose est de 1^{er} ou de 10^{es} dissous dans 100^{es} d'alcool ordinaire, à prendre par gouttes.

La nitroglycérine est fort peu soluble dans l'eau : 1^{er} se dissout dans environ 800^{cc} d'eau. La même quantité se dissout avec difficulté dans 3^{cc} d'alcool absolu, facilement dans 4^{cc}; dans 10^{cc}, 5 d'esprit rectifié (de densité 0,83); dans 18^{cc} d'alcool amylique; dans moins de 1^{cc} de benzine, dans 120^{cc} de bisulfure de carbone. La solubilité dans la glycérine est à peu près nulle. Elle est soluble dans l'éther, le chloroforme, le phénol, l'acide acétique concentré, la nitrobenzine, ainsi que dans 1,75 partie d'alcool méthylique.

Au point de vue chimique, les nitrates de potassium, sodium, baryum, calcium et cobalt; les chlorures de baryum et de calcium; le perchlorure de fer, le carbonate de calcium, les sulfates de potassium, sodium et calcium n'ont aucune action sur la nitroglycérine. Tout au contraire, des décompositions plus ou moins importantes se produisent si elle se trouve en contact avec les azotates de cuivre, mercure et argent; le chlorure mercurieux, le protochlorure d'étain, le bichromate de potasse, les sulfates de fer et de cuivre, le sulfhydrate d'ammonium, l'acétate de plomb, l'eau chlorée, le cyanure, le ferrocyanure et le sulfocyanate de potassium; le sulfocyanate de mercuriosum, le nitroprussiate de sodium, les sulfures de fer, de sodium, de potassium et d'ammonium, les carbonates alcalins.

L'action des métaux qui ont une grande affinité pour l'oxygène, tels que l'étain, le fer, le plomb, produit la décomposition lente de la nitroglycérine et un dégagement de vapeurs nitreuses.

La *stabilité* de la nitroglycérine est subordonnée à sa pureté. Si celle-ci est absolue, le produit pourra se conserver indéfiniment : on en a gardé en flacons, dans des collections, pendant plus de douze ans, sans apercevoir aucune trace d'altération. De la nitroglycérine pure resta parfaite-

ment incolore après avoir été exposée pendant deux mois à l'action de l'air dans une capsule ouverte, à l'abri de la poussière (1).

Il suffit d'un peu d'humidité ou d'une trace d'acide libre pour provoquer la décomposition de la nitroglycérine. Une fois commencée, elle peut s'accélérer jusqu'à l'inflammation et même jusqu'à l'explosion de la matière. Il s'ensuit que tout commencement de décomposition peut devenir tout particulièrement dangereux et qu'il est essentiel de vérifier si la nitroglycérine ne contient aucune trace d'acide. On ne saurait attacher trop d'importance à cette épreuve. La décomposition se manifeste par une coloration verdâtre. Aussi convient-il d'enterrer toute nitroglycérine qui présente ce symptôme; il faut choisir à cet effet un terrain fort humide.

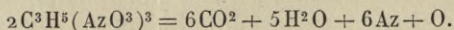
L'action de la lumière solaire peut provoquer l'explosion de la nitroglycérine : nous fûmes témoin, dans une fabrique de dynamite, de l'explosion violente d'un baquet contenant des eaux de lavage de la nitroglycérine et exposé aux rayons du soleil.

La composition centésimale de la nitroglycérine répond aux chiffres suivants :

	Données théoriques.	Résultats analytiques.
Carbone.....	15,86	15,62
Hydrogène.....	2,20	2,40
Azote.....	18,50	17,90
Oxygène.....	63,44	64,08

Ces résultats ont été trouvés par Beckerheim. Sauer et Adou arrivent à une teneur de 18,35 pour 100 d'azote, par la méthode de Dumas; nous avons obtenu une moyenne de 18,46 à l'aide du nitromètre de Lunge.

L'explosion de la nitroglycérine correspond à une décomposition très simple :



On voit donc qu'il existe 3,52 pour 100 d'oxygène de plus

(1) MATHEN HAY, *Moniteur Quesneville*, 1885, p. 424.

que ne demande la combustion complète. Les produits obtenus, considérés au point de vue de leur composition centésimale, se répartissent comme suit :

Acide carbonique.....	58,15
Eau.....	19,83
Oxygène.....	3,52
Azote.....	18,50

A la température de 0° et sous la pression de 760^{mm}, le volume calculé des gaz produits est de 714^{lit} par kilogramme, l'eau étant supposée gazeuse. Le résultat est différent si la décomposition de la nitroglycérine a lieu sous forme de dynamite. En laissant les gaz s'échapper sous une pression sensiblement égale à la pression atmosphérique, MM. Sarrau et Vieille ont obtenu les chiffres suivants :

AzO.....	48,2
CO.....	35,9
CO ²	12,7
H.....	1,6
Az.....	1,3
CH ⁴	0,3

Ces conditions sont analogues à celles qui sont réalisées lorsque se produit la combustion lente d'une mine, dans le cas d'un *raté*. La formation de vapeurs de nitroglycérine, de bioxyde d'azote ou d'oxyde de carbone est due souvent à l'emploi d'un détonateur trop faible.

La nitroglycérine fait explosion très violemment par percussion. Dans un récipient ouvert on peut en opérer la combustion, mais l'explosion se produira si on l'échauffe à 250°. Le professeur Munroe, en employant l'appareil d'Horsley (dont nous donnons la description dans le Chapitre VIII), a trouvé 203° à 205° comme point d'inflammation de la nitroglycérine. Sa chaleur de formation, déduite par M. Louguinine de la chaleur de combustion, est de 432^{cal}; celle-ci est de 1576^{cal}. La chaleur de combustion totale est égale à celle de la complète décomposition, puisque l'oxygène est en excès.

D'après le Dr W.-H. Perkin (1), la rotation magnétique correspond à 5,407 pour la nitroglycérine et à 4,769 pour le nitrate de triméthylène. Ces chiffres seraient anormaux, fait remarquer le Dr Perkin, si la structure de la nitroglycérine était analogue à celle du nitrate de triméthylène et répondait à la formule $C^3H^2(AzO^2)^3(OH)^3$.

Fabrication de la nitroglycérine. — En principe, cette fabrication consiste à verser graduellement de la glycérine dans un mélange d'acides nitrique et sulfurique concentrés. Ce mélange se fait dans un récipient en plomb réfrigéré par de l'eau circulant dans un serpentín intérieur. La glycérine arrive sous forme d'un mince filet. La fabrication comprend trois phases : la nitration, la séparation et le lavage. Nous allons les examiner successivement.

NITRATION. — Le point essentiel dont il importe de tenir compte, c'est la composition et la force du mélange acide. Les proportions les plus favorables consistent dans 3 parties en poids d'acide nitrique, d'une densité de 1,525 à 1,530 et exempt autant que possible de peroxyde d'azote et de chlore, mélangées à 5 parties en poids d'acide sulfurique d'une densité de 1,840, à 15°, et renfermant 97 pour 100 d'acide (monohydrate). Il est nécessaire que l'acide nitrique soit aussi concentré que possible.

Voici, à titre d'exemple, le résultat de l'analyse d'un échantillon d'acide nitrique qui donna de bons résultats industriels :

Acide nitrique.....	95,98 pour 100
Peroxyde d'azote.....	1,03 »

Densité : 1,525.

Il importe de déterminer analytiquement, pour chaque échantillon, la teneur en acide nitrique (monohydrate) et en peroxyde d'azote, car la densité ne peut donner une indication suffisamment exacte. Ainsi, par exemple, un échantillon d'une densité élevée, mais contenant en solution 3 à 4

(1) *Journ. Chem. Soc.*, 1889, p. 726.

pour 100 de peroxyde d'azote, ne pourra donner de résultats favorables.

Le dosage de l'acide nitrique s'effectue rapidement et sûrement au moyen d'une solution à 10 pour 100 de soude caustique (NaOH) dans du phénol-phtaléine. On pèse un flacon de 100^{cc}, où se trouve un peu d'eau distillée. On y verse ensuite, à l'aide d'une pipette, 1^{cc} de l'acide nitrique à examiner et l'on pèse à nouveau, ce qui détermine le poids de l'acide. Puis, ajouter de l'eau de manière à obtenir un volume total de 100^{cc}, à 15° C. et agiter soigneusement; prélever 10^{cc} à l'aide d'une burette et les verser dans un petit flacon d'Erlenmeyer. Doser au moyen de la solution au $\frac{1}{10}$ de soude caustique.

Le peroxyde d'azote peut être dosé à l'aide d'une solution titrée de permanganate de potasse : on prend un petit flacon conique contenant environ 10^{cc} d'eau. On ajoute, au moyen d'une burette, 10^{cc} à 16^{cc} de la solution, puis 2^{cc} de l'acide nitrique à analyser. On agite avec précaution, en même temps qu'on ajoute de la solution de permanganate jusqu'au moment où, la décoloration cessant, apparaît la teinte rose faible caractéristique du réactif.

Soit, à titre d'exemple, une solution de permanganate contenant 3^{gr}, 16 par litre. Chaque centimètre cube de la solution renferme 0^{gr}, 0046 de peroxyde d'azote (Az²O⁴). Soit 1,52 la densité de l'acide nitrique; 2^{cc} pèseront 3^{gr}, 04. Cette densité peut être déterminée à l'aide de l'hydromètre ou bien on peut simplement peser les 2^{cc}.

Supposons que nous ayons à ajouter 20^{cc} de la solution; ils renferment $0,0046 \times 20 = 0^{\text{gr}}, 092$ de peroxyde d'azote, lesquels correspondent à $\frac{0,092 \times 100}{3,04} = 3,02$ pour 100 Az²O⁴.

Pour déterminer la force de l'acide sulfurique, on peut employer la méthode suivante : verser 2^{gr}, 45 d'acide dans un flacon d'Erlenmeyer; ce poids correspond à un volume de 1^{cc}, 33 si la densité est 1,84. Ajouter de l'eau, puis une goutte de solution de phénol-phtaléine et doser au moyen de la solution normale à 50 pour 100 de soude caustique. On se sert d'une burette de 100^{cc}. Si l'on a pris exactement 2^{gr}, 45 d'acide sulfurique, la lecture de la burette indiquera la teneur exacte.

Dans le cas contraire, on l'obtiendra par une simple proportion. Supposons, par exemple, que l'on ait pesé 2^{sr},444; il viendra :

$$\frac{2,444}{95,4} = \frac{2,45}{x}.$$

D'où

$$x = 95,64.$$

On a proposé l'emploi d'un courant d'air comprimé à l'effet de chasser de l'acide nitrique le peroxyde d'azote qu'il renferme. A cet effet, on versait l'acide dans un réservoir fermé en plomb, muni d'une conduite aboutissant à une cheminée d'évacuation. L'air comprimé était introduit à la partie inférieure par l'intermédiaire d'une plaque perforée. Ce procédé n'a pas donné de très bons résultats et il est préférable de prévenir la formation de ces impuretés au cours de la fabrication de l'acide. On a également préconisé l'échauffement modéré de l'acide; mais ce système, de même que le précédent, entraîne des pertes d'acide nitrique.

Les deux acides étant supposés exempts d'impuretés dans les limites du possible, la première opération est le *mélange*. A cet égard, il convient de tarer les touries dans lesquelles ils sont emmagasinés au sortir des condensateurs. Cela étant, il suffira de peser les touries pleines au moment de les utiliser. Les acides sont versés dans un réservoir, mélangés et transportés ensuite, à l'aide d'un monte-jus, dans l'atelier de nitration. Le monte-jus, solide réservoir en fonte, est de forme ovale ou cylindrique à fond bombé. Dans un trou ménagé à la partie supérieure passent deux tuyaux : l'un pour le liquide et l'autre pour l'air comprimé servant de force motrice. La pression nécessaire dépendra de la hauteur à atteindre et de la distance à parcourir.

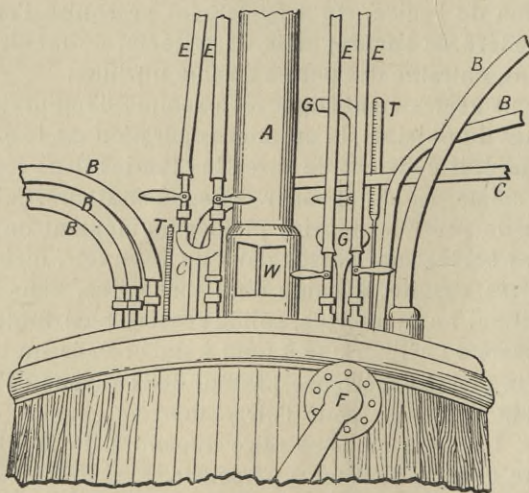
Le mélange acide, passant ensuite dans la zone dangereuse, doit être réfrigéré préalablement à la nitration. A cet effet, il est conduit dans un réservoir en plomb de capacité suffisante pour contenir le liquide nécessaire à quatre ou cinq opérations et placé, sur une charpente, à un niveau dépassant de 2^m à 2^m,50 au moins l'atelier de nitration. Dans cet atelier, se trouve un second réservoir en plomb, de dimen-

sions inférieures au premier, et où se trouve marqué par un trait le niveau correspondant à la quantité de liquide nécessaire pour une opération. Ce second réservoir permet de faire arriver dans l'appareil nitrater, dès qu'une nitration est terminée, la quantité d'acide nécessaire à l'opération suivante.

Le nitrater est constitué d'une cuve en plomb, d'environ 1^m,25 de diamètre à la base et un peu moins au sommet; la hauteur est à peu près la même. Ses dimensions dépendent évidemment de la charge que l'on désire traiter à chaque opération. 800^{kg} de mélange acide, 300^{kg} d'acide nitrique et 500^{kg} d'acide sulfurique auxquels on ajoute 112^{kg} de glycérine, constituent une charge fréquemment employée. Il convient que l'appareil ne soit plein qu'aux $\frac{2}{3}$.

En général, le nitrater est monté sur une charpente

Fig. 5.



A, cheminée d'évacuation; B, entrée et sortie de l'eau servant à la réfrigération; C, introduction du mélange acide; E, air comprimé; G, introduction de la glycérine; T, thermomètres; W, regard.

portant une plate-forme où se place l'ouvrier qui surveille l'opération. La partie supérieure est bombée et porte une cheminée d'évacuation A (*fig. 5*) communiquant avec l'atmo-

sphère extérieure et dans laquelle est ménagée un regard W qui permet de suivre l'opération. Dans le but de soumettre l'appareil, pendant la durée de chaque opération, à une réfrigération incessante, il renferme des serpentins concentriques en plomb, au nombre de trois au moins, et dont le diamètre ne peut être inférieur à 1 pouce. L'agitation constante de la masse liquide est assurée par de l'air introduit sous une pression de 60 livres; cet air arrive par les tuyaux E percés de petits trous, distants d'un pouce, et qui traversent l'appareil dans toute sa hauteur. L'introduction des acides s'effectue par le tuyau C, qui ne peut avoir moins de 2 pouces de diamètre intérieur. La glycérine est amenée par le tube et l'entonnoir G, de petit diamètre; elle tombe sous la forme d'un mince filet; souvent même, on emploie un injecteur. Deux thermomètres T sont disposés de manière à indiquer les températures de la masse liquide à son niveau inférieur ainsi qu'à son niveau supérieur.

Un réservoir, fixé à l'un des murs de l'atelier, renferme la glycérine; un tuyau muni d'un robinet le met en communication avec le tube G. Plusieurs procédés sont employés pour évaluer la quantité de glycérine qui s'écoule. Le plus simple consiste dans l'adjonction au réservoir d'un tube à niveau gradué, clairement visible par l'homme placé sur la plateforme du nitrater.

La première phase de l'opération est l'introduction du mélange acide dans l'appareil. Cela fait, on établit la circulation de l'eau froide dans les serpentins et l'on fait entrer sous une pression modérée l'air qui assure le parfait mélange des acides. La nitration ne peut être commencée tant que les thermomètres marquent une température supérieure à 18°. Lorsque la température s'est abaissée au degré voulu, on ouvre partiellement le robinet d'amenée de la glycérine, de manière à l'introduire très lentement. En même temps, on fait arriver à pleine pression l'air comprimé qui établit une vive agitation au sein de la masse liquide. La pression ne peut être inférieure à 20^{kg}, pour une charge de 800^{kg} d'acide et 120^{kg} de glycérine. Si la glycérine est amenée au moyen d'un injecteur, on peut ouvrir le robinet immédiatement.

L'opération sera terminée en général au bout d'une demi-

heure, mais il est nécessaire que la circulation de l'eau froide et de l'air comprimé se prolongent dix minutes de plus. Les points essentiels qu'il importe de ne pas perdre de vue au cours de la nitration sont les suivants :

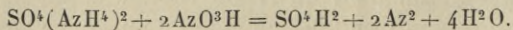
- 1° Les températures indiquées par les deux thermomètres;
- 2° La couleur des vapeurs nitreuses, que l'on observera par le regard W;
- 3° La pression de l'air comprimé à l'entrée;
- 4° Le tube à niveau indiquant la quantité de glycérine introduite dans l'appareil.

La température ne pourra s'élever à aucun moment au-dessus de 25°. Si elle dépasse cette limite, il faut arrêter immédiatement l'entrée de la glycérine et augmenter la pression de l'air jusqu'à ce qu'elle y retourne et que, d'autre part, les fumées passant en W n'aient plus une teinte rouge.

La nitration terminée, l'écoulement de la charge s'opère au moyen d'un robinet en grès de grandes dimensions, doublé de plomb, et placé latéralement à la partie inférieure de l'appareil. La canalisation doit être disposée de telle manière que la charge puisse être dirigée vers l'atelier de séparation, ou bien, en cas de décomposition, vers un réservoir spécial. Ce réservoir, d'une longueur de 3 à 4^m et de plusieurs pieds de profondeur, est placé dans le voisinage immédiat de l'atelier de nitration.

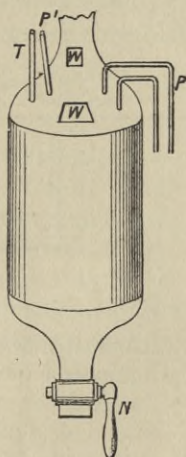
L'atelier de nitration doit être construit en planches. Celles qui recouvrent le sol doivent être assemblées avec soin, de manière à ne présenter aucune solution de continuité. Il est nécessaire de nettoyer le plancher très minutieusement; le sable, les petits cailloux doivent être balayés sans retard. Un seau en bois et une éponge servent à enlever immédiatement le liquide que l'on pourrait épancher par mégarde. Il convient de consigner, dans un registre *ad hoc*, les heures auxquelles commence et finit chacune des opérations, ainsi que les températures correspondantes, les charges, etc.

D'après M. E. Liebert, l'addition de sulfate ou de nitrate d'ammoniaque au mélange acide détruit, au fur et à mesure de sa formation, l'acide nitrique qui prend naissance :



Si la nature de l'explosif que l'on fabrique ne demande qu'une quantité restreinte de nitroglycérine, 10 pour 100 par exemple, on peut se borner à des charges comprenant 25^{ks} à 50^{ks} de glycérine. L'appareil, de dimensions restreintes, est représenté dans la *fig. 6*. En principe, il ne diffère pas du

Fig. 6.



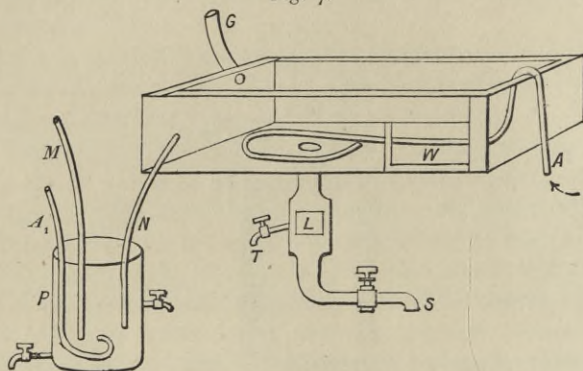
N, robinet de vidange; P, entrée et sortie de l'eau; T, thermomètre;
W, regards; P', glycérine.

modèle ordinaire. On peut le placer dans l'atelier de séparation et procéder dans cet atelier à la nitration, la séparation, le lavage, etc. Il faudra le disposer à un niveau plus élevé que l'appareil de séparation.

SÉPARATION. — La nitroglycérine, mélangée aux acides, est dirigée vers l'atelier de séparation, situé à un niveau plus bas que le précédent. Cet atelier renferme un bassin de grande capacité, doublé de plomb et portant un couvercle en bois sur lequel se trouve adaptée une cheminée d'évacuation. Celle-ci est munie d'un regard permettant d'examiner la teinte des vapeurs qui s'échappent. La conduite de nitroglycérine débouche vers le toit de l'atelier et déverse son

contenu dans le bassin par l'intermédiaire du tuyau G (fig. 7). Il faut que la charge ne puisse occuper au delà des $\frac{2}{3}$ du bassin. Un regard latéral W permet de suivre l'opération, dont la durée est comprise entre une demi-heure et une

Fig. 7.



A et A₁, air comprimé; G et N, entrée et sortie de la nitroglycérine; L, regard inférieur; W, regard latéral; S, sortie des acides; T, robinet; P, cuve de lavage; M, eau.

heure. Le tuyau A, qui repose sur le fond du bassin, sert au passage de l'air comprimé; celui-ci est nécessaire lorsque l'élévation de température devient trop considérable. Un réservoir de sûreté, en communication avec le bassin, permet de noyer immédiatement la charge, dans le cas où l'opération prendrait une tournure inquiétante. Il importe de suivre avec le plus grand soin les indications du thermomètre, disposé sous le couvercle de manière à plonger jusqu'au centre de la couche de nitroglycérine. Celle-ci surnage car sa densité est 1,6, tandis que celle du mélange acide (qui comprend 11 pour 100 AzO³H, 67 pour 100 SO⁴H² et 22 pour 100 d'eau) est égale à 1,7. La séparation s'effectue donc par suite de la différence des densités.

Le mélange acide, qui se dépose à la partie inférieure, s'écoule par le tuyau S vers un second bassin, où se produit une nouvelle séparation. La nitroglycérine passe dans la cuve en plomb P, de dimensions restreintes; là, elle est lavée

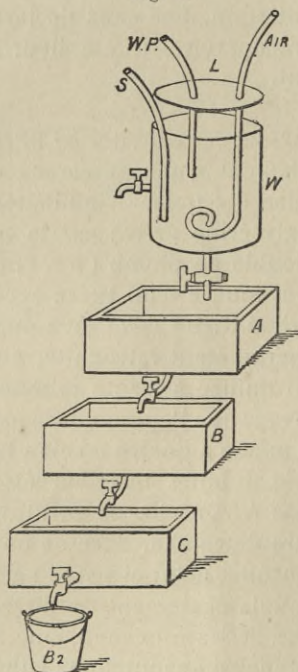
trois ou quatre fois avec son volume d'eau additionnée d'environ 1500^{gr} de carbonate de soude, destiné à neutraliser l'acide qu'elle contient encore. Un tuyau en plomb A₁, dont l'extrémité inférieure est deux fois recourbée, amène l'air comprimé qui produit l'agitation du mélange liquide. Ce lavage terminé, la nitroglycérine s'écoule dans des seaux en caoutchouc, d'où on la verse dans les conduites se dirigeant vers l'atelier de filtration. Les eaux de lavage peuvent être recueillies pour récupérer, s'il y a lieu, la nitroglycérine qu'elles renferment.

FILTRATION ET LAVAGE. — L'atelier de filtration doit être de dimensions notablement supérieures aux deux précédents, car il est nécessaire d'y traiter simultanément cinq ou six charges. La nitroglycérine arrive par le tuyau S dans une cuve W en bois doublé de plomb (*fig.* 8, p. 26), surmontée d'un couvercle L et munie d'un tuyau servant à l'introduction de l'air comprimé. Cette cuve est remplie d'eau jusqu'à mi-hauteur. La charge étant introduite, on fait passer l'air comprimé pendant quinze à trente minutes. Puis, on laisse écouler l'eau de lavage que l'on remplace par de l'eau fraîche, et l'on procède de même à quatre ou cinq lavages successifs. Alors, on ouvre le robinet inférieur et la nitroglycérine s'écoule dans le bac A. Un châssis garni de flanelle, posé à la partie supérieure de ce bac, effectue une première filtration du liquide; ensuite, celui-ci passe successivement dans les bacs B et C, munis également de filtres; il est recueilli finalement dans des seaux en caoutchouc. Les robinets doivent être de préférence en caoutchouc vulcanisé.

On prélève alors un échantillon de nitroglycérine qui est porté au laboratoire et soumis aux essais réglementaires. Si le résultat n'est pas favorable, ce qui est souvent le cas, la charge doit être lavée à nouveau. Dans le cas où la purification est difficile à réaliser, il vaut mieux procéder à un grand nombre de lavages d'une durée limitée, nécessitant chacun de petites quantités d'eau seulement, plutôt qu'à des lavages de longue durée demandant une quantité d'eau très considérable. L'air comprimé sera d'une application très utile, car il chassera les éthers nitriques que renferme le liquide.

Comme il arrive souvent de traiter cinq ou six charges en même temps dans l'atelier de filtration, il est nécessaire d'avoir plusieurs séries de bacs, car sinon il suffirait d'une ou deux charges réfractaires pour entraver toute la fabrication. La raison qui s'oppose le plus fréquemment à la réussite

Fig. 8.



W, réservoir; W. P., eau; L, couvercle; S, nitroglycérine; A, B, C, bacs de filtration; B₂, seau en caoutchouc.

de l'épreuve de résistance à la chaleur, une des plus importantes de celles que doit subir la nitroglycérine, c'est l'impureté des acides traités ou plus fréquemment de la glycérine. Voici quelles sont les conditions à réaliser par celle-ci :

1° A 15°, sa densité ne peut être inférieure à 1,261.

2° La nitration doit s'opérer aisément.

3° La séparation doit être terminée au bout de trente mi-

nutes et sans qu'il apparaisse de flocons. Ces flocons, dus à la présence d'acides gras, ne peuvent se former de même au moment où a lieu la neutralisation par le carbonate de soude.

4° La glycérine doit être exempte de chaux et de chlore; elle ne peut contenir que des traces seulement d'arsenic et d'acide sulfurique.

5° Elle ne peut laisser plus que 0,25 pour 100 de résidu total lorsqu'on la soumet à l'évaporation dans une capsule en platine (vers 160°), en évitant l'ébullition ou la décomposition partielle.

6° Diluée de moitié, la glycérine ne peut donner naissance à des acides gras sous l'action du peroxyde d'azote; (celui-ci s'obtient en décomposant par la chaleur le nitrate de plomb sec). La formation d'un précipité floconneux marque la présence des acides gras. Cet essai est donc un succédané de l'essai n° 3.

Si ce dernier, pratiqué au laboratoire, donne un résultat défavorable, il faut rejeter le produit *a priori*, car la séparation, la filtration et le lavage donneront lieu à des difficultés interminables, par suite de la formation des flocons; la nitroglycérine ne pourrait être amenée qu'au prix des plus grands efforts à pouvoir passer l'épreuve de résistance à la chaleur. On ne connaît aucun procédé susceptible de donner un bon résultat avec une telle glycérine.

Au sortir de la filtration, la nitroglycérine doit être soumise d'abord à l'essai d'acidité; puis, si le résultat est favorable, à l'épreuve de résistance à la chaleur. Mais, avant de procéder à ce dernier essai, il faut éliminer tout excès de soude que pourrait contenir la nitroglycérine, car elle paraîtrait meilleure qu'elle n'est en réalité. Pour éliminer l'alcali, la nitroglycérine est soumise à des lavages successifs, dans 400^{cc} à 500^{cc} d'eau environ. On cesse lorsque les eaux de lavage ne sont plus alcalines: il faut que l'addition d'une ou deux gouttes d'une solution d'acide chlorhydrique soit suffisante pour produire la réaction acide, c'est-à-dire colorer en bleu le rouge Congo ou en rose l'orange de méthyle. Dans le cas où cet essai aurait montré que la nitroglycérine est trop alcaline, il faudrait la neutraliser, car sa stabilité se trouverait compromise.

Si les résultats de ces trois épreuves sont satisfaisants, la nitroglycérine est dirigée vers l'atelier de précipitation, où elle séjourne un jour au moins dans des réservoirs coniques, de 1^m à 1^m,25 de hauteur, pour permettre à toute l'eau qu'elle renferme de venir s'assembler en une couche superficielle. Ces réservoirs sont munis de couvercles. Dans maintes fabriques, on pratique une filtration supplémentaire à l'aide de gros sel, pour assurer la complète absorption de l'eau.

La nitroglycérine, d'une teinte jaune pâle, doit être tout à fait limpide. Elle est mise dans des seaux en caoutchouc, prête à subir les transformations subséquentes.

TRAITEMENT DES ACIDES NON UTILISÉS. — L'excédent d'acides qui s'écoule au sortir de l'appareil de séparation a une densité un peu supérieure à 1,70. Il contient environ 67 parties d'acide sulfurique, 11 d'acide nitrique, 21 d'eau, 2 de produits oxyazotiques et de la nitroglycérine en quantité variable.

Il est indispensable de pouvoir éliminer celle-ci jusqu'aux dernières traces, car à moins de pouvoir diriger ce résidu liquide vers la mer, on ne peut évidemment rejeter au hasard un mélange renfermant de la nitroglycérine. On ne peut songer davantage à récupérer les acides par distillation tant qu'ils ne sont pas séparés du liquide explosible.

Cela étant, on reçoit le mélange dans des récipients de grande capacité, doublés en plomb et d'une construction analogue aux nitrificateurs : serpentín amenant l'eau réfrigérante, air comprimé assurant l'agitation de la masse en cas de besoin, cheminée avec regard à la partie inférieure. A raison du danger que peut présenter l'opération, il convient même de substituer à la cheminée un tube en verre de 0^m,08 à 0^m,10 de diamètre et 0^m,30 de long. Deux thermomètres sont disposés de manière à indiquer les températures des régions inférieure et supérieure de la masse liquide.

La nitroglycérine qui s'assemble à la surface, en une couche dont la hauteur n'excède pas 0^m,025, s'écoule par un robinet placé à hauteur convenable; une ouverture munie d'un bouchon, percée dans le tuyau en verre qui amorce la cheminée, permet également d'enlever la couche de nitroglycérine. Celle-ci est transportée à l'atelier de filtration, où

la fabrication continue son cours. Quant aux acides restants, on peut les traiter ou bien les rejeter.

Cette seconde séparation présente un danger tout particulier, eu égard à la décomposition possible de la nitroglycérine qui, mélangée en quantité très petite avec une notable proportion d'acide et avec de l'eau, s'échauffe très facilement; la décomposition se produit dans les gouttelettes isolées de nitroglycérine et donne naissance à des vapeurs nitreuses; si elle engendre une explosion, celle-ci se communique à la masse liquide tout entière. La seule manière de prévenir cette éventualité, c'est de vérifier *fréquemment* la température, ainsi que la teinte des vapeurs qui s'échappent. Si cette teinte devient rouge ou bien la température trop considérable, il faut ouvrir immédiatement le robinet qui commande l'entrée de l'air comprimé, de manière à provoquer une vive agitation de la masse.

En dehors de l'inattention, une des causes les plus fréquentes d'explosion est la rupture d'un des serpentins amenant l'eau destinée à la réfrigération. On sait en effet que la combinaison de l'eau avec l'acide sulfurique ou nitrique est accompagnée d'un violent dégagement de chaleur. Il faudra, dans ce cas, fermer immédiatement le robinet d'accès de l'eau et ouvrir en plein celui qui amène l'air comprimé. Si néanmoins le danger ne semble pas conjuré, on fera écouler le liquide dans un réservoir de sûreté placé à l'extérieur de l'atelier. Ce réservoir, d'une profondeur de 1^m,30 sur 5^m,50 de long et 2^m de large, doit être assez grand pour pouvoir contenir aisément tout le liquide. Il consiste généralement en une excavation revêtue de briques et de ciment. Il ne faudra y recourir qu'en cas de nécessité absolue, car la nitroglycérine, plus dense que le restant de la masse diluée, se porte vers le fond du réservoir, d'où il est extrêmement difficile d'en enlever jusqu'aux dernières parcelles.

Le procédé de M. Prentice, de Stowmarket, semble des plus ingénieux; il n'a pas encore reçu jusqu'ici la sanction de la pratique. Ce procédé consiste, en principe, à verser avec précaution le mélange liquide dans une cornue où se trouve du nitrate de soude préalablement chauffé, lequel décompose la nitroglycérine.

On a également proposé, pour récupérer les acides, de faire passer le mélange dans une tour où circule en sens inverse un courant de vapeur qui décompose la nitroglycérine; ce procédé n'est pas mauvais, mais les acides obtenus sont très faibles.

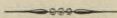
Nous avons vu combien il est essentiel de n'employer, pour la fabrication de la nitroglycérine, que des matières premières absolument exemptes d'impuretés et d'une force de concentration suffisante. L'acide nitrique doit faire l'objet de soins tout particuliers. Cet acide est généralement fabriqué dans la fabrique même d'explosifs. Le procédé de M. Guttman (¹), que nous avons eu l'occasion de mettre en pratique, donne de très bons résultats.

M. Prentice (²) a préconisé une méthode des plus intéressantes et dont il a bien voulu nous autoriser à suivre l'application dans toutes ses phases. Le principe consiste à fractionner, dans une série de chambres successives, la distillation du mélange. On verse dans une trémie les quantités nécessaires d'acide sulfurique et de nitrate de soude. Elles sont reçues dans un malaxeur; puis, dès qu'il entre dans la première chambre de distillation, le mélange devient parfaitement homogène sous l'influence de la chaleur. Durant l'opération, le liquide s'écoule successivement dans les diverses chambres constituant l'appareil distillatoire, où il se forme des quantités d'acide de plus en plus restreintes. Le liquide sortant de la dernière ne contient plus que du bisulfate de sodium seul.

Cette distillation fractionnée a donné d'excellents résultats. On obtient un produit dont la densité est 1,500; si on le désire, des acides moins concentrés peuvent être fournis par les diverses chambres de distillation. Le poids total de cet appareil, correspondant à une production hebdomadaire de 4 tonnes d'acide, est inférieur à 2 tonnes. Son emploi permettrait de réaliser une économie des $\frac{4}{5}$ sur les frais d'installation et des $\frac{2}{3}$ sur le combustible.

(¹) *Journal of the Society of Chemical Industry*, mars 1893.

(²) *Idem*, 1894, p. 323.



CHAPITRE III.

DYNAMITES ET GÉLATINES EXPLOSIBLES.

Notions générales. — Sous le nom de *dynamite*, on désigne le mélange de la nitroglycérine avec une substance appelée *absorbant*, laquelle est susceptible ou non de participer à l'explosion. Parmi les absorbants inertes, le plus employé est la *kieselguhr*. C'est un calcaire siliceux, composée de carapaces de diatomées dans les cavités desquelles est retenue la nitroglycérine dont on l'imbibe. On trouve de grands dépôts de ce produit à Oberlohe (Hanovre), en Suède et en Écosse. La qualité à employer de préférence est celle où se retrouvent en plus grande quantité les *bacillariæ*, qui présentent la forme de tubes allongés, et en quantité minime les carapaces de forme ronde ou anguleuse, telles que les *pleurosigmata* ou les *dictyocheæ*. L'absorption du liquide se trouve favorisée par la forme tubulaire des éléments qui constituent l'absorbant; ces éléments, intervenant en quelque sorte à l'instar d'un bourrage, augmentent l'intensité de l'explosion.

Dans le *Dictionnaire des explosifs* du colonel Cundill, les dynamites sont divisées en deux catégories principales, selon que l'absorbant est inerte ou bien actif. La seconde est subdivisée en trois classes, qui correspondent aux absorbants suivants :

- a. Charbon de bois;
- b. Poudre ordinaire, nitrates ou chlorates;
- c. Coton-poudre ou composés nitrés organiques tels que nitrobenzine, etc.

La première de ces classes est la plus ancienne par ordre de dates. La deuxième a comme type la poudre Atlas. Quant à la troisième, elle comprend les gélatines explosibles, dont

les applications sont extrêmement variées. Explosifs types : la gélinite, la dynamite-gomme, la cordite n° 3, etc.

La dynamite ordinaire contient 75 pour 100 de nitroglycérine et 25 pour 100 de kieselguhr. Celle que l'on importe de préférence en Angleterre renferme de 20 à 30 pour 100 d'eau et de matières organiques. On dose l'eau très facilement par la perte de poids résultant de la dessiccation à 100° dans une capsule en platine; pour les matières organiques, il suffit de provoquer sur un bec de Bunsen l'ignition du résidu. Industriellement, cette double élimination est pratiquée par la calcination de la guhr.

La guhr, pour être de qualité convenable, doit pouvoir absorber la nitroglycérine jusqu'à concurrence de quatre fois son propre poids, et former alors une pâte plutôt sèche. Sa couleur doit être rose pâle, rouge brun ou bien blanche. Il faut qu'elle soit exempte, autant que possible, de petits cailloux, quartz, etc., douce au toucher lorsqu'on la frotte entre le pouce et l'index, et qu'elle présente à l'examen microscopique des diatomées en quantité très considérable. Voici, à titre d'exemple, le résultat de l'analyse, après dessiccation, d'un bon échantillon de kieselguhr :

Silice.....	94,30
Magnésie.....	2,10
Oxyde de fer et alumine.....	1,30
Matières organiques.....	0,40
Humidité.....	1,90

Fabrication de la dynamite. — La calcination industrielle s'opère généralement dans un four à reverbère. La guhr est placée sur la sole en une couche de 0^m,08 à 0^m,10 d'épaisseur et remuée au moyen d'un ringard en fer. La combustion des matières organiques exige que la guhr soit portée à la température du rouge. La durée de l'opération augmente avec la quantité d'humidité et de matières organiques. Après calcination, la teneur totale en eau et en principes organiques ne peut dépasser 0,5 pour 100.

La guhr est ensuite soumise au broyage et au tamisage. A cet effet, elle passe d'abord entre deux rouleaux en fer animés

d'un mouvement peu rapide, au-dessous desquels est disposé un tamis à mailles serrées.

Ces opérations terminées, le produit est emmagasiné dans des sacs que l'on doit avoir bien soin de placer à l'abri de l'humidité, car la présence d'une teneur plus élevée que 0,5 pour 100 causerait l'exsudation subséquente de la nitroglycérine.

Vient ensuite l'incorporation du liquide explosif; il est essentiel que celui-ci soit limpide, absolument exempt d'eau, et qu'en outre, il ait séjourné un jour au moins dans l'atelier de précipitation. Le mélange s'effectue dans des vases en plomb d'environ 0^m,50 de profondeur sur 0^m,65 à 1^m de long. Si le pouvoir absorbant de la guhr est trop considérable, la dynamite obtenue, trop sèche, aura une tendance à s'émietter; pour prévenir cet inconvénient, on additionne l'absorbant d'environ 1 pour 100 de sulfate de baryum. La nitroglycérine est versée sur la guhr et la pâte confectionnée à la main, puis tamisée. Il faut que la dynamite obtenue soit sèche, pulvérulente et d'une teinte uniforme.

Elle est prête à être mise en cartouches. Les ateliers où se pratique cette opération sont entourés de monticules protecteurs en terre; ils contiennent chacun une seule presse. Cet appareil se compose en principe d'un cylindre de diamètre égal à celui des cartouches à confectionner, dans lequel se meut un piston qui opère la compression de la dynamite. La presse est en bronze; elle est fixée à un des murs de l'atelier. Deux ouvrières, assises à des tables placées des deux côtés, enveloppent les cartouches de papier parcheminé.

De dix en dix minutes, les cartouches sont transportées à l'atelier d'emballage, où on les place par cinq livres dans des boîtes en carton; ces boîtes sont mises à leur tour dans des caisses bien étanches en sapin, doublées de caoutchouc, et dont le couvercle est fixé par des clous en bronze ou en zinc. Chacune d'elles porte une étiquette indiquant le poids et la qualité de son contenu. Durant le séjour de la dynamite en magasin, il conviendra de prélever fréquemment des échantillons, que l'on soumettra à l'essai de résistance à la chaleur. Un autre essai des plus utiles consiste à couper un morceau de cartouche d'une longueur d'un pouce, que l'on

place sous une cloche en même temps qu'un vase ouvert contenant de l'eau. Au bout de plusieurs jours et même de plusieurs semaines, une bonne dynamite ne doit produire aucune exsudation. On pourra procéder également à d'autres essais, dont on trouvera le détail dans le Chapitre VII ci-après.

Propriétés de la dynamite. — La densité de la dynamite ordinaire est de 1,50; toutefois, le poids d'un décimètre cube ne dépasse pas 1^{kg},225. De couleur rouge ou grise, elle est onctueuse au toucher et sans odeur. Bien moins sensible au choc que la nitroglycérine, elle peut néanmoins faire explosion sous l'action d'une balle. L'addition d'une petite quantité de camphre diminue la sensibilité au point de ne permettre l'explosion du produit que sous l'influence d'un détonateur très puissant. L'action directe de l'eau provoque l'exsudation de la nitroglycérine, à laquelle l'eau tend à se substituer.

La dynamite se congèle à 4°,5 et demeure gelée lorsque la température a dépassé ce point, même de beaucoup. Pour la ramener à son état primitif, on se sert de récipients en étain portant une double enveloppe, dans laquelle circule de l'eau à 55°. Il ne faudra dans aucun cas dégeler la dynamite en la plaçant sur un poêle ou bien à proximité d'un foyer, sous peine d'aller au-devant des accidents les plus graves (1).

La dynamite gelée se présente sous la forme d'une masse dure; sa détonation exige l'emploi de capsules contenant 1^{sr},5 de fulminate, alors que celles de 0^{sr},5 suffisent normalement. En général, la congélation est accompagnée de l'exsudation de la nitroglycérine et comme celle-ci présente une sensibilité explosive très considérable, il suffit du choc d'un outil en acier pour provoquer un accident. De même, il est dangereux de couper avec un couteau une cartouche gelée; le bourrage pourra donner lieu également à une explosion. En somme, l'emploi de la dynamite gelée expose

(1) Voir notre Ouvrage intitulé : *Les explosifs industriels* (pages 39 et suivantes).
(Note du traducteur.)

aux dangers les plus graves, en même temps qu'il est irrationnel au point de vue de l'effet utile.

La dynamite fait explosion à la température de 182°. L'échauffement la rend très sensible à la friction et il est essentiel, dans les pays chauds, de ne jamais l'exposer aux rayons du soleil. La lumière solaire décompose d'ailleurs la nitroglycérine, de même que tous les composés nitriques. Il faudra éviter également les magasins humides, car l'exsudation surviendrait infailliblement. L'étincelle électrique provoque l'inflammation de la dynamite mais sans en entraîner l'explosion, à l'air libre tout au moins.

Si la nitroglycérine est absolument exempte d'acide, la dynamite se conserve indéfiniment sans s'altérer. Souvent, on ajoute 1 pour 100 de carbonate de sodium ou de calcium à l'effet d'assurer la neutralité. Dès que la décomposition a commencé, elle se propage très rapidement et l'explosion spontanée pourra s'ensuivre, surtout si la dynamite se trouve placée dans une enveloppe résistante.

Le contact de l'eau, avons-nous vu, provoque l'exsudation de la nitroglycérine. Par suite, il est rationnel de considérer comme dangereuse toute dynamite qui est humide. On a constaté que si l'absorbant est de la sciure de bois, la dynamite peut être mouillée et séchée ensuite sans présenter d'altération. La dynamite à base de cellulose peut être additionnée de 15 à 20 pour 100 d'eau sans cesser de faire explosion sous l'action d'un puissant détonateur, de même que le coton-poudre humide. Elle devient simplement beaucoup plus sensible à l'influence du choc.

M. Berthelot a montré que la détonation de la dynamite engendre une quantité de chaleur égale à celle que produit sa combustion et proportionnelle à la quantité de nitroglycérine qu'elle renferme. Les gaz formés sont l'acide carbonique, la vapeur d'eau, l'azote et l'oxygène.

D'après les essais au bloc de plomb, si l'on représente par 1 la puissance de la dynamite n° 1, celle de la dynamite-gomme sera 1,4, de même que celle de la nitroglycérine.

Sir Fred. Aug. Abel a trouvé, au moyen du chronoscope du capitaine Noble, 5000^m à 7000^m par seconde comme valeur

de la vitesse avec laquelle se transmet la détonation dans des traînées de dynamite d'une longueur de 9^m à 12^m.

Parmi les *variétés de dynamite* les plus répandues, citons la *carbodynamite*, brevetée par MM. Reid et Borland en 1886. Elle comprend 90 parties de nitroglycérine, 10 de liège carbonisé et 1,50 de carbonate de soude ou d'ammoniaque. C'est une dynamite noire, quelque peu friable. D'après les inventeurs, elle peut rester quelque temps sous l'eau sans que la nitroglycérine exsude.

Les *poudres Atlas* sont fabriquées aux usines de Repauno (New Jersey). L'absorbant est un mélange de nitrate de soude, cellulose de bois et carbonate de magnésie. La dose de nitroglycérine varie, d'après les types nécessaires, de 20 à 75 pour 100. C'est de cet explosif que l'on se sert lors des attentats criminels qui furent commis à Londres.

La *dynamite rhénane*, très répandue dans les mines des Cornouailles, est composée de 70 parties d'une solution à 2 ou 3 pour 100 de naphthaline dans la nitroglycérine, 3 parties de chaux, 7 de sulfate de baryum et 20 de kieselguhr ⁽¹⁾.

Les variétés de dynamite existent en nombre très considérable. Le Dictionnaire des explosifs, de feu M. le colonel Cundill, en cite 125 et ce chiffre a notablement augmenté. La plupart, toutefois, ne sont pas entrées dans le domaine de la pratique. Parmi les plus employées, citons la forcite, l'ammoniodynamite, le lithofacteur, le rendrock, les poudres Atlas et la poudre géante. Les absorbants qu'elles renferment sont la terre, la pulpe de bois, le fulmicoton, le carbone sous une forme quelconque, la nitrobenzine, la paraffine, le soufre, les nitrates, les chlorates, etc.

Gélatines explosibles. — C'est à l'ingénieur Nobel, l'inventeur de la dynamite, que revient également l'honneur d'avoir inventé les gélatines explosibles ou gommes, qui occupent la première place parmi les explosifs puissants que la science a mis au service de l'industrie minérale. Le premier, Nobel

(1) C'est, probablement, un explosif analogue à la *pantopollite*, qui fut fabriquée pendant quelque temps à Opladen, près de Cologne, comme dynamite à bon marché.

(Note du traducteur.)

remarqua que si l'on ajoute à la nitroglycérine une cellulose moins nitrée que le fulmicoton, c'est-à-dire une nitrocellulose soluble, le liquide exerce une action dissolvante particulière : les deux substances se combinent plutôt qu'elles ne se mélangent. L'avantage réalisé de cette manière tient à ce que l'excès d'oxygène contenu dans la nitroglycérine compense le manque d'oxygène des nitrocelluloses.

La *dynamite-gomme*, brevetée par Nobel en 1871, s'obtient en faisant macérer 7 à 10 pour 100 de dinitrocellulose dans 93 à 90 pour 100 de nitroglycérine. C'est un composé gélatineux, élastique, translucide, d'une densité de 1,50 à 1,55.

Il est nécessaire que la nitroglycérine et la nitrocellulose soient soumises, avant leur mélange, à l'essai de résistance à la chaleur. Chacune des matières premières employées sera analysée avec soin. En ce qui concerne la pulpe de bois, par exemple, il faut s'assurer qu'elle n'est pas acide.

En dehors de la dynamite-gomme, les gélatines explosibles les plus répandues sont la *gélignite* et la *dynamite-gélatine*.

Voici les résultats de l'analyse de ces trois explosifs :

	Gélignite.	Dynamite gélatine.	Dynamite gomme.
Nitroglycérine	60,514	71,128	92,94
Nitrocellulose.....	4,888	7,632	7,06
Farine de bois	7,178	4,259	
Azotate de potassium	27,420	16,720	
Eau		0,261	

C'est la dynamite-gomme qui est la plus puissante de ces trois gélatines, en même temps que la plus coûteuse.

En ce qui concerne la qualité de la nitrocellulose, voici à titre d'exemple l'analyse d'un échantillon qui fournit une très bonne gélatine :

Nitrocellulose soluble.....	99,118
Coton-poudre.....	0,642
Coton non nitré.....	0,240

L'échantillon renfermait 11,64 % Az et la quantité totale de cendres était de 0,25 pour 100.

Il est essentiel que la nitrocellulose employée pour la fabrication des gélatines explosibles soit exempte, autant que possible, de coton-poudre; celui-ci présenterait l'inconvénient de subsister tel quel au sein de l'explosif obtenu. De même, la proportion de coton non nitré ne pourra dépasser 0,5 pour 100. La teneur en azote ne sera pas inférieure à 11 pour 100. La nitrocellulose devra être exempte, en outre, de sable ou autres substances analogues et ne donner, comme résidu total ou cendres, plus de 0,25 pour 100.

La dessiccation est une opération importante : la nitrocellulose est emmagasinée à l'état humide dans des caisses en bois doublées de zinc et il est essentiel, d'autre part, que la dynamite-gomme soit confectionnée avec des matières ne contenant aucune trace d'humidité; dans le cas contraire, elle exsuderait fatalement, serait d'un maniement dangereux et ne produirait qu'un effet utile fort restreint. En outre, la dissolution de la dinitrocellulose dans la glycérine s'opérerait avec difficulté.

Pour se rendre compte de la quantité d'humidité à éliminer, on prélève un échantillon moyen du poids de 1^{kg} environ, composé d'éléments pris au centre d'un certain nombre de caisses, et on le pèse exactement. On le place dans une étuve chauffée à 100°, où on le laisse séjourner pendant une heure. La perte de poids indiquera la dose initiale d'humidité. Cette dose est en général de 20 à 30 pour 100. Après un séjour de quarante-huit heures dans l'atelier de dessiccation, on prélève à nouveau un échantillon, que l'on fait séjourner de même à l'étuve pendant une heure; et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on constate l'obtention du degré de dessiccation voulu : 0,25 à 0,50 pour 100 d'humidité au maximum.

L'atelier de séchage est généralement en bois. Le coton, disposé par couches d'environ 0^m,05 sur des toiles en fil de bronze ou de cuivre, est soumis à l'action d'un courant d'air chaud. De temps à autre, on le retourne, à la main, dans le but de modifier constamment la surface exposée à l'air chaud. L'atelier est chauffé à l'eau, et il est essentiel que les tuyaux ne soient pas apparents. Dans le cas contraire, les parcelles de coton qui s'échappent chaque fois que l'on retourne la

masse viendraient y adhérer et, s'échauffant, acquerraient une extrême sensibilité explosive. C'est pour la même raison qu'il faut journellement balayer avec grand soin le plancher, épousseter les rebords des fenêtres, etc. Il est recommandable de recouvrir le plancher de linoléum, afin d'amortir les chocs éventuels. Les ouvriers seront chaussés d'espadrilles.

La température du coton est marquée par un thermomètre noyé dans la masse, de préférence à la partie inférieure. Celle de l'atmosphère, au moyen d'un second thermomètre placé au centre de l'atelier; elle ne pourra dépasser 40°. A l'effet d'éviter la déperdition de chaleur, les murs sont constitués de cloisons doubles, séparées par des cendres et la toiture est feutrée. Il importe de veiller avec soin à ce que l'atelier soit ventilé parfaitement.

La dessiccation terminée, si le coton ne présente pas un degré de finesse suffisant, il faudra le soumettre au tamisage. Pendant le transport à l'atelier où se fait cette opération et pendant toute sa durée, il faudra éviter le contact de l'air, car il s'ensuivrait une sensible absorption d'humidité. La nitrocellulose est mise ensuite dans des récipients étanches en zinc ou des sacs en caoutchouc.

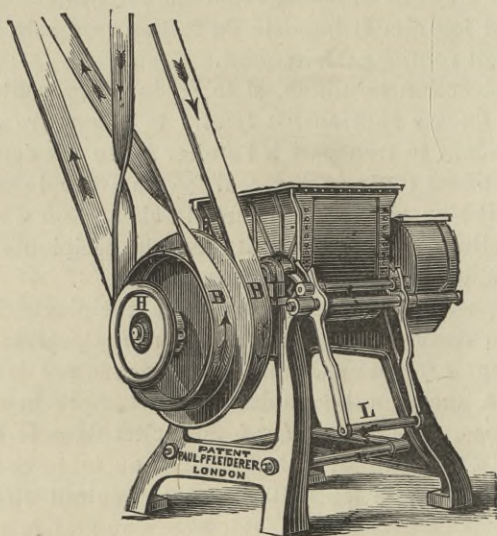
L'incorporation s'effectue dans des récipients à double enveloppe doublés de plomb, où la nitroglycérine pure et absolument exempte d'humidité est versée sur la nitrocellulose. La masse est soumise à une température qui ne dépasse pas, en général, 40° à 50°; c'est dans le cas où la présence d'humidité dans la cellulose ou toute autre raison rendrait la dissolution difficile qu'il faudrait atteindre la limite, mais en ayant soin d'agir avec une grande prudence. La masse devra être remuée soigneusement au moyen d'une pelle en bois, pendant une demi-heure au moins, afin que se produise la gélatinisation.

L'échauffement est obtenu par la circulation d'un courant d'eau dans la double paroi qui entoure le récipient où se fait le mélange. Si la température que l'on veut obtenir est de 45°, celle de l'eau devra s'élever à 60°; elle atteindra 80° si c'est 50° que l'on désire. Ces données varieront d'ailleurs avec les circonstances particulières de la fabrication.

La gélatinisation ne peut s'effectuer à froid sans l'addition d'un dissolvant tel que l'acétone, l'éther acétique, l'alcool méthylique ou éthylique. Ces liquides, sauf l'acétone et l'alcool méthylique, sont d'un prix très élevé. Ils présentent l'avantage de permettre l'obtention d'un produit, tel que la cordite, moins sensible à la percussion que les gélatines ordinaires et dont le point de congélation se trouve en outre abaissé sensiblement.

Généralement, un certain nombre de récipients sont rangés dans un même atelier et reliés par une distribution d'eau

Fig. 9^a.



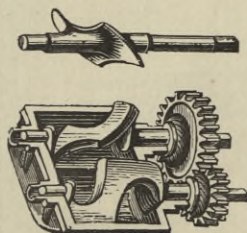
Malaxeur de MM. Werner et Pfleiderer. — H et L, dispositifs commandant la rotation de l'appareil; B, courroies.

chaude. Il faut que celle-ci puisse être coupée instantanément et remplacée par de l'eau froide, dans le cas où la température du mélange deviendrait trop élevée. Pour assurer la constance de la température, le meilleur moyen consiste à faire arriver l'eau chaude par l'intermédiaire d'un réservoir

de grande capacité (1^m,75 à 2^m de profondeur), placé à l'extérieur de l'atelier et alimenté automatiquement; le chauffage se fait à la vapeur. Un thermomètre flottant à la surface du liquide permet d'en connaître constamment la température.

Lorsque la dissolution de la nitrocellulose est terminée, la gelée devient semi-transparente et doit être transportée au malaxeur. Cet appareil est en bronze dur ou en bronze phosphoreux; on évitera soigneusement la présence du fer dans les parties en contact avec la pâte. Comme type recommandable de malaxeur, citons celui de MM. Werner et Pfeleiderer (*fig. 9^a et 9^b*). Il comprend une auge dans laquelle se

Fig. 9^b.



meuvent deux arbres animés de vitesses qui sont dans le rapport de 1 à 2 et tournant en sens inverse. Sur ces arbres sont montées des lames (*fig. 9^b*), disposées de manière à passer très près du fond des auges lors de chaque rotation; il s'ensuit un parfait pétrissage de la masse.

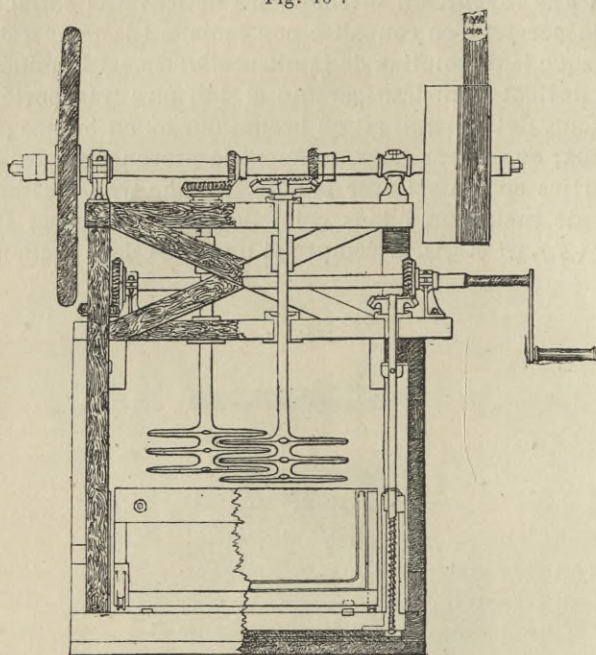
Citons également l'appareil de M. M'Roberts (¹) (*fig. 10^a et 10^b*).

Si l'on fabrique de la gélignite ou de la gélatine-dynamite, c'est au cours du malaxage que l'on ajoute la farine de bois ou le salpêtre. En Angleterre, la farine de bois provient généralement du sapin, du peuplier, du tilleul, du bouleau ou du hêtre. Elle est confectionnée comme suit : l'écorce et les racines ayant été enlevées, le tronc est scié en

(¹) *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1890, p. 267.

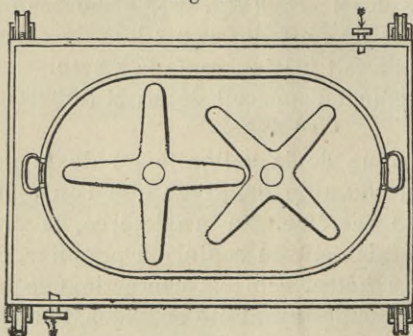
planches dont on fait disparaître les nœuds, et qui passent

Fig. 10^a.



Malaxeur de M. M'Roberts.

Fig. 10^b.



Plan de l'auge contenant la pâte.

ensuite dans un appareil qui les brise en morceaux dont la

longueur n'excède pas un pouce. Ces morceaux, après avoir été broyés entre deux rouleaux, passent dans des cuves contenant une solution de bisulfite de sodium ou d'acide sulfurique fortement étendu. On les porte à l'ébullition, sous une pression de 90 livres par pouce carré (6^{kg}, 325 par centimètre carré) pendant une durée de dix à douze heures. Viennent enfin le lavage et le blanchissage; le rendement en farine est d'environ 45 pour 100 pour le bouleau et 40 pour 100 pour le sapin.

L'analyse de quelques essences les plus répandues, faite par le D^r Müller, a donné les résultats suivants :

	Bouleau.	Hêtre.	Tilleul.	Sapin.	Peuplier
Cellulose.....	55,52	45,47	59,03	56,99	62,77
Résine... ..	1,14	0,41	3,93	0,97	1,37
Extrait aqueux...	2,65	2,47	3,56	1,26	2,88
Eau	12,48	12,57	10,10	13,87	12,10
Principe ligneux..	28,21	39,14	29,32	26,91	20,88

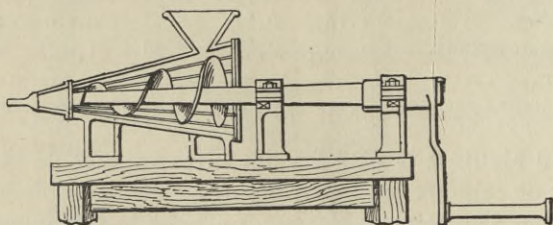
Ayant ajouté à la pâte les quantités voulues de farine de bois et de salpêtre, on pétrit le tout pendant une demi-heure au moins. Quant au malaxeur, on peut le manœuvrer à la main ou à l'aide de courroies faisant de 20 à 30 tours à la minute. Les coussinets doivent être graissés avec soin et examinés minutieusement, afin qu'il ne s'y dépose point de matière explosive. Lorsque l'incorporation est terminée, de manière qu'il ne se présente plus aucune particule de salpêtre ni de farine dans la masse, on met celle-ci dans des caisses en bois pour la transporter à l'atelier où se pratique l'encartouchage.

L'appareil employé à cet effet (*fig.* 11) se compose d'un cône en bronze ou en laiton à l'intérieur duquel se meut une hélice montée sur un arbre. Les coussinets qui le portent sont placés à l'extérieur, de manière à ne pouvoir être en contact avec la gélatine. Par suite de la rotation de l'arbre, la gélatine, introduite par un entonnoir supérieur, est entraînée vers l'extrémité du cône, dont le diamètre varie d'après celui de la cartouche que l'on désire obtenir. A sa sortie, le boudin est coupé à longueur, au moyen d'un morceau de bois dur de forme appropriée. M. Trench a ima-

giné l'emploi d'une espèce de cadre en laiton portant des cannelures dans lesquelles s'introduit la gélatine au sortir du cône. Un second châssis en bois, portant une série de lames en laiton, est fixé par des charnières à la partie inférieure du premier. Un mouvement de rotation permet de superposer les deux châssis, et les cartouches se trouvent coupées à longueur.

Les cartouches sont enveloppées ensuite dans un morceau de papier parcheminé, puis emballées dans des boîtes en carton que l'on place dans des caisses en sapin doublées de caoutchouc et parfaitement étanches, fermées à l'aide de vis

Fig. 11.



ou bien de clous en laiton ou en zinc. Avant la fermeture de ces caisses, il est nécessaire de prélever des échantillons destinés à être soumis aux épreuves de résistance à la chaleur, de liquéfaction et d'exsudation. (*Explosives Act*, 1875, appendice, p. 6). Il convient également de garder en magasin une cartouche par caisse lorsque la marchandise a été vendue, pour le cas où surviendrait une contestation ou bien un accident.

L'essai de liquéfaction a comme but de s'assurer que la gélatine peut supporter sans se liquéfier une température élevée, telle qu'il en existe par exemple dans la cale des navires. On pratique cet essai comme suit : un cylindre, dont la longueur est égale au diamètre, est découpé nettement dans une cartouche de gélatine. On le fixe verticalement au moyen d'une épingle sur une surface unie, un papier par exemple; puis, on l'expose à une température de 30° à 33° pendant une durée de cent quarante-six heures.

Il faut que la diminution de hauteur du petit cylindre n'excède pas $\frac{1}{4}$ de pouce (6^{mm}) et que les deux bases soient toujours nettes; aucune trace de nitroglycérine ne doit être visible sur le papier.

L'essai à l'exsudation consiste à congeler, puis dégeler trois fois consécutivement l'échantillon de gélatine à examiner, sans que la nitroglycérine exsude.

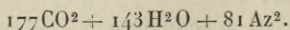
Propriétés des gélatines explosibles. — L'addition de nitrocellulose à la nitroglycérine tend à réaliser, avons-nous vu, la combustion complète. Cette condition, toutefois, ne doit pas être nécessairement remplie pour obtenir une explosion parfaite : soit que, par une combustion incomplète, on obtienne un volume de gaz plus considérable; soit que la vitesse de l'explosion et la loi de l'expansion des gaz puissent, pour certains explosifs, ne pas demander ce mode de décomposition. Les substances que l'on ajoute réduisent la puissance de l'explosif, le rendent moins brisant. Il va sans dire que la quantité de matières additionnées doit être limitée.

L'homogénéité du mélange et sa stabilité sont de la plus haute importance. Il est essentiel que la nitroglycérine soit absorbée d'une façon parfaite par les substances qui l'accompagnent et que l'exsudation ne puisse se produire ni par la chaleur, ni par l'humidité. Il faut éviter également tout excès de nitroglycérine, car l'effet utile s'en trouverait diminué; la structure de l'explosif exerce en effet une influence sensible sur la vitesse de l'explosion (1).

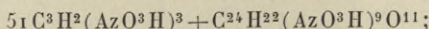
A l'air libre, la dynamite-gomme brûle sans faire explosion, tout au moins lorsqu'elle n'a pas été échauffée préalablement et qu'elle ne se trouve pas en quantité trop considérable; il est prudent, d'ailleurs, de ne pas considérer ce fait comme démontré d'une façon formelle. Maintenu à la température de 70°, elle ne subit pas de décomposition. Ensuite, il se produira une évaporation partielle. Chauffée progressivement elle fait explosion à 204°. Il y aura simplement inflammation si l'explosif renferme 10 pour 100 de camphre. D'après M. Ber-

(1) BERTHELOT, *Mémorial des poudres et salpêtres*, 1891, p. 18.

thelot ⁽¹⁾, la gomme qui renferme 91,6 pour 100 de nitroglycérine et 8,4 pour 100 de nitrocellulose ennéanitrique, correspondant à une combustion totale, donne comme produits de la détonation



Une telle dynamite est formée dans les rapports



son poids équivalent est 12630^{gr}.

La chaleur dégagée par sa détonation (eau gazeuse) est égale à 19381^{cal}, soit 1535^{cal} par kilogramme. Le volume réduit des gaz = 8950^{lit}.

De même que la dynamite, les gélatines tendent à laisser exsuder la nitroglycérine sous l'influence de la congélation ⁽²⁾.

Cordite. — La poudre sans fumée employée en Angleterre est la cordite, due à Sir Fred.-Aug. Abel et au professeur Dewar. C'est une gélatine explosible, que l'on fabrique à *Waltham-Abbey*; elle contient 37 pour 100 de nitrocellulose, 58 de nitroglycérine et 5 de vaseline. La nitrocellulose employée est du coton-poudre proprement dit et non pas de la dinitrocellulose. La gélatinisation demande l'intervention d'un dissolvant; on emploie l'acétone à cet effet.

La fabrication ⁽³⁾ ne diffère pas sensiblement de celle des autres gélatines : le coton-poudre, après dessiccation à 1 pour 100, est introduit dans une cuve doublée de laiton. La charge est de 27 $\frac{3}{4}$ livres (12^{kg},600); puis on verse avec soin 43 $\frac{1}{2}$ livres (19^{kg},750) de nitroglycérine. On effectue un premier brassage à la main et on porte le produit au malaxeur, où on laisse l'incorporation se continuer pendant sept heures.

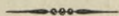
⁽¹⁾ *Sur la force des matières explosives*, t. II, p. 224.

⁽²⁾ La dynamite-gélatine présente l'avantage de ne point devenir plus sensible à l'influence du choc par le fait de sa congélation, à l'inverse de la gomme gelée, laquelle est beaucoup plus sensible que la dynamite-gélatine, gelée ou non (Expériences du D^r Dupré).

⁽³⁾ *Journ. Royal Artillery Institution*, lieutenant-colonel Barker; livraison de janvier 1893.

Au cours de l'opération, on ajoute $15 \frac{10}{16}$ livres ($7^{\text{kg}}, 100$) d'acétone, puis $3 \frac{3}{4}$ livres ($1^{\text{kg}}, 700$) de vaseline. Le malaxeur de Werner et Pfeleiderer est d'un emploi très pratique : une double enveloppe permet la circulation extérieure d'un courant d'eau réfrigérante et une plaque de verre, placée à la partie supérieure, prévient l'évaporation de l'acétone.

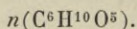
Lorsqu'on a obtenu une pâte parfaitement homogène, la masse passe à la presse, et un dispositif spécial la transforme en fils, que l'on enroule sur un tambour métallique. On en constitue ensuite des cordes composées de six torons comprenant trois fils chacun. Les bobines qui les portent passent ensuite à l'atelier de séchage, où un séjour qui peut varier de trois à neuf jours, sous une température de 38° , favorise la complète évaporation du dissolvant.



CHAPITRE IV.

NITROCELLULOSES, NITROAMIDONS, NITROJUTE ET NITROMANNITE.

Notions générales. — La cellulose constitue l'enveloppe des organes élémentaires des végétaux. Sa formule est



On peut l'extraire à l'état de pureté de la moelle de sureau, du papier de riz, des fibres textiles. L'élimination des substances étrangères se réalise en faisant agir successivement des dissolutions chaudes de potasse ou de soude caustique, de l'acide chlorhydrique étendu et de l'ammoniaque liquide, puis de l'alcool et de l'éther.

La cellulose est une substance incolore, diaphane, inodore, insipide, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles grasses et volatiles. Elle est soluble dans la liqueur cupro-ammoniacale de Schweitzer (1), d'où elle est précipitée par l'acide chlorhydrique, les sels alcalins, l'alcool, etc., sous forme d'une masse gélatineuse. Le poids spécifique de la cellulose varie de 1,25 à 1,45. Sa composition élémentaire répond, d'après Schulze, aux données suivantes :

Carbone.....	44	à 44,2	pour 100
Hydrogène.....	6,3	6,4	»
Oxygène.....	49,7	49,4	»

(1) Pour préparer la liqueur de Schweitzer on dissout dans de l'ammoniaque, d'une densité de 0,945, du carbonate de cuivre fraîchement précipité.

Parmi les quatre modifications isomériques que présente la cellulose, il en est trois qui sont insolubles dans la liqueur de Schweitzer. Ce sont la *vasculose*, la *fibrose* et la *paracellulose*. La *cellulose véritable* se distingue par sa solubilité dans cette liqueur.

(Note du traducteur.)

Ces chiffres laissent de côté les matières inorganiques, dont la cellulose n'est exempte que tout à fait exceptionnellement.

L'acide sulfurique concentré et froid gonfle la cellulose et la transforme en une masse épaisse et visqueuse. L'action de l'acide chlorhydrique n'est guère sensible. L'acide nitrique donne naissance aux nitrocelluloses; le degré de nitration augmente avec la force de l'acide et le temps pendant lequel l'acide et la cellulose restent en présence.

Le fulmicoton proprement dit (coton-poudre, trinitrocellulose, pyroxyle) correspond au maximum de la nitration. Il fut découvert en 1845 par le chimiste Schönbein, de Bâle (1). Déjà Braconnot en 1832 et Pelouze en 1838 avaient fait connaître des composés nitriques analogues; Dumas fabriquait, avec du papier et de l'acide nitrique, un composé qu'il appelait *nitramidine* et préconisait pour la confection des gougousses. C'est Schönbein, toutefois, qui employa le premier un mélange d'acides nitrique et sulfurique concentrés.

La découverte du coton-poudre eut un grand retentissement; des hommes tels que Piobert, Morin, Pelouze en France, Abel en Angleterre se préoccupèrent de l'étude du nouvel explosif. C'est en Autriche, sous la direction du baron von Lenk, que purent être réalisés les perfectionnements les plus notables.

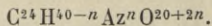
Dans le procédé de Lenk, les écheveaux de coton étaient tout d'abord purifiés au moyen d'une dissolution bouillante de potasse caustique et ensuite lavés à l'eau; puis, après séchage, on les trempait dans le mélange acide. Celui-ci, composé de trois parties en poids d'acide sulfurique pour une d'acide nitrique, se préparait quelque temps avant l'emploi. Les écheveaux étaient trempés dans le mélange un à un, remués pendant quelques minutes, pressés, plongés à nouveau et enfin, pour faire disparaître tout excès d'acide, soumis à deux lavages successifs à l'eau, à la potasse diluée et à un rinçage final. Ce procédé, que l'on avait appliqué à la fabrique de MM. Hall, à Faversham, dut être rapidement abandonné à la suite d'un accident grave.

(1) En ce qui concerne l'historique du coton-poudre, on lira avec grand intérêt le *Traité sur la Poudre* par les D^{rs} Upmann et von Meyer, traduit et augmenté par Désortiaux, p. 623.

En Autriche même, on fut obligé d'en faire autant à la suite d'explosions mémorables survenues en 1862 à Simmeringer, près de Vienne, et en 1865 à Wiener-Neustadt. C'en eût été fait de l'emploi des pyroxyles, si les perfectionnements apportés à leur fabrication par Sir Frederick Abel en 1865 n'avaient permis de leur assurer une stabilité suffisante. Abel constata que l'instabilité du composé était due à la présence des produits de la nitration des matières résineuses ou grasses que renferment les fibres de coton; son procédé est décrit ci-après.

Le fulmi-coton doit être considéré comme un éther nitrique, ou plutôt comme un mélange d'éthers nitriques de la cellulose. Cette opinion repose sur un grand nombre de réactions : l'acide sulfurique concentré, même à froid, en provoque la décomposition lente et met l'acide nitrique en liberté. Des solutions alcalines de concentration moyenne déterminent une formation, lente à la température ordinaire, très rapide à 60° ou 80°, de nitrates alcalins, avec régénération du coton. D'après Béchamp et Guignet, une dissolution d'ammoniaque produit les mêmes résultats; d'après Blondeau, des amides prendraient naissance dans cette dernière réaction. Le protochlorure de fer, d'après Béchamp, les sulfhydrates de potasse et d'ammoniaque, d'après Hadow et Pentenkoffler, régénèrent également le coton, tandis que l'acide azotique mis en liberté oxyde le chlorure et transforme les sulfhydrates en nitrates. Ces diverses réactions ne sont compatibles qu'avec l'hypothèse qui fait du coton-poudre un éther de l'acide nitrique (1).

Les nitrocelluloses répondent à la formule générale



Le maximum théorique de la nitration correspond à la cellulose dodécانيتrique $C^{24}H^{28}Az^{12}O^{32}$, contenant 14, 14 pour 100 d'azote. Ce composé, toutefois, ne peut être obtenu : le maximum auquel ait pu atteindre Sir H.-E. Roscoe a été de

(1) *Traité sur la poudre*, par les D^{rs} Upmann et von Meyer, traduit et augmenté par Désortiaux, p. 641.

13,70 pour 100 d'azote (1). Les produits les plus nitrés que l'on puisse obtenir, les trinitrocelluloses, répondent sensiblement à la formule de la cellulose endécانيتrique $C^{24}H^{22}Az^{11}O^{42}$ et de la cellulose décانيتrique $C^{24}H^{30}Az^{10}O^{40}$. Ils constituent, pour la plus grande part, le coton-poudre ou fulmicoton.

La cellulose décانيتrique peut s'obtenir à l'état de pureté au moyen du procédé suivant, dû à M. Eder : le coton-poudre est dissous dans de l'acide nitrique concentré, à la température de 90°, puis reprecipité par l'addition d'acide sulfurique concentré. Après réfrigération à 0° et addition d'un notable volume d'eau, la masse est lavée successivement à l'eau, à l'alcool, à l'éther alcoolisé, puis à l'eau pour terminer. Légèrement soluble dans l'acide acétique et dans l'acide nitrique à la température de 80° à 90°, le produit obtenu se dissout facilement dans l'acétone, l'éther acétique, l'alcool méthylique; il est insoluble dans l'alcool ordinaire. La potasse caustique en solution concentrée le transforme en dinitrocellulose.

Ce produit (appelé également *pyroxyline* ou *colloxyline*), de composition voisine des celluloses ennéانيتrique $C^{24}H^{31}Az^9O^{38}$ et octonitrique $C^{24}H^{32}Az^8O^{36}$, est soluble dans l'éther, de même que les trinitrocelluloses. Il s'en distingue par sa solubilité dans l'éther alcoolisé. Cette dissolution porte le nom de *collodion*, d'où le nom de *coton-collodion* donné également aux dinitrocelluloses.

Il existe entre les produits de la nitration du coton une seconde différence non moins caractéristique : la nitroglycérine exerce sur les dinitrocelluloses une action dissolvante gélatinisante, pour autant que la température du mélange soit portée vers 40° à 50°; cette action est notablement atténuée si la température est moins élevée. Si, d'autre part, on met du coton-poudre en présence de nitroglycérine, il ne se produit aucune espèce de phénomène et il est nécessaire, ainsi que nous l'avons vu pour la fabrication de la cordite, d'ajouter un dissolvant tel que l'acétone ou l'éther acétique. Ces corps ont une action sur presque toutes les nitrocelluloses. Il en est de même de l'acide sulfurique concentré.

(1) Déposition faite lors du procès relatif à la cordite. (1894.)

Les produits inférieurs de nitration, qui s'étendent de la cellulose heptanitrique à la cellulose tétranitrique, s'obtiennent par l'action de l'acide nitrique étendu sur la cellulose, pendant une durée n'excédant pas vingt minutes. On ne peut les séparer les uns des autres, car ils sont tous solubles dans l'éther alcoolisé, l'éther acétique, l'acide acétique, l'alcool méthylique, l'acétone, etc.

Le Tableau suivant indique, pour chacun des produits de nitration de la cellulose, la quantité théorique d'azote pour 100, ainsi que le nombre de centimètres cubes de bioxyde d'azote que M. Vieille a obtenus par l'application du procédé d'analyse de Schlœsing.

NOMS.	FORMULES.	AZOTE.	
		Quantité théorique.	Dosage. (Az O, en cc.)
Cellulose dodécانيتrique.....	$C^{24}H^{28}Az^{12}O^{44}$	14,14	
Cellulose endécانيتrique.....	$C^{24}H^{29}Az^{11}O^{42}$	13,47	214
Cellulose décانيتrique.....	$C^{24}H^{30}Az^{10}O^{40}$	12,75	203
Cellulose ennéانيتrique.....	$C^{24}H^{31}Az^9O^{38}$	11,97	190
Cellulose octانيتrique.....	$C^{24}H^{32}Az^8O^{36}$	11,11	178
Cellulose heptانيتrique.....	$C^{24}H^{33}Az^7O^{34}$	10,18	162
Cellulose hexانيتrique.....	$C^{24}H^{34}Az^6O^{32}$	9,13	146
Cellulose pentانيتrique.....	$C^{24}H^{35}Az^5O^{30}$	8,32	128
Cellulose tétranيتrique.....	$C^{24}H^{36}Az^4O^{28}$	7,65	108

L'obtention d'un composé répondant d'une façon précise à l'une de ces formules ne peut être réalisée en fait, quel que soit d'ailleurs le degré de concentration des acides employés : il se forme toujours des celluloses solubles en même temps que les celluloses insolubles. C'est ainsi que deux échantillons du fulmicoton de Waltham Abbey, analysés par M. Sayers lors du procès relatif à la cordite (1894), furent trouvés renfermant 15,2 et 16,1 pour 100 de nitrocelluloses solubles. La présence de ces composés dans le coton-poudre, dit M. le professeur Lunge, doit fatalement se rencontrer, et réciproquement. Cette opinion fut confirmée (procès de la cordite) par M. Crookes, le D^r Frankland et

le Dr Armstrong. Ces diverses nitrocelluloses, d'ailleurs, ne diffèrent que très faiblement : alors que les teneurs en azote des échantillons de coton-poudre analysés par M. Sayers furent de 13,07 et 13,08 pour 100; que celle de la cellulose décantrique (1) (qui le constitue partiellement) est de 12,75 pour 100, le coton-collodion commercial, entièrement soluble dans l'éther alcoolisé, en renferme souvent jusqu'à 12,60 pour 100.

Propriétés du coton-poudre. — La densité absolue du coton-poudre est 1,5. La densité apparente du produit en flocons se réduit à 0,1; sous forme de fils, elle vaut 0,25; en pâte comprimée à la presse hydraulique, elle devient égale à 1. Le coton-poudre conserve l'apparence du coton dont il provient. Il est plus dur au toucher, légèrement hygroscopique : à l'état sec, il absorbe 2 pour 100 d'humidité. Il possède la propriété de s'électriser par la friction. Soluble dans l'éther acétique et dans l'acétone, il est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'éther alcoolisé, l'alcool méthylique.

Les propriétés explosives du fulmicoton sont extrêmement développées. Il s'enflamme s'il est mis en contact avec un corps chaud, soumis à un choc, ou porté à la température de 172°. Il brûle très rapidement, avec une grande flamme rouge jaunâtre, en dégageant un volume de gaz considérable et presque sans fumée ni résidu. Chauffé à 100° et comprimé ensuite, il peut faire explosion par simple inflammation.

La lumière solaire lui fait éprouver une décomposition lente. Sa stabilité indéfinie a toujours été regardée comme douteuse, à cause des produits inférieurs qu'il renferme fatalement, même à dose minime.

Le coton-poudre est très sensible aux explosions par influence : d'après les expériences faites en Angleterre, une torpille d'attaque peut provoquer l'explosion d'une ligne de torpilles chargées de fulmicoton, même située à une grande distance.

(1) La cellulose décantrique, d'ailleurs, qui est rangée parmi les celluloses insolubles, est signalée par M. Berthelot comme étant *presque* insoluble dans l'éther alcoolisé (*Sur la force des matières explosives*, 3^e édition, t. II, p. 229).

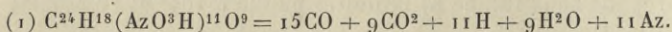
(Note du traducteur.)

La vitesse de l'explosion du fulmicoton, lorsqu'il se trouve renfermé sous forme pulvérulente dans des tubes métalliques, est de 5000^m à 6000^m par seconde dans les tubes d'étain et de 4000^m dans les tubes de plomb, d'après les expériences de M. le Général Sebert (1).

A l'air libre, le fulmicoton en floches brûle huit fois plus rapidement que la poudre (Piobert). Il est sujet à détoner sous le choc de la balle à courte distance. Toutefois, l'explosion ne se produira pas en général s'il se présente sous la forme d'un disque mince. Sa puissance, dans les travaux des mines, équivaut sensiblement à celle de la dynamite. Il exige un détonateur plus puissant et présente le grave inconvénient d'engendrer une quantité trop considérable d'oxyde de carbone.

Le coton-poudre doit être neutre au papier de tournesol. Les épreuves de résistance à la chaleur auxquelles on le soumet s'effectuent à la température de 65°. Leur durée est de quinze minutes en Angleterre et de onze en France (service de la Marine). Le coton-poudre doit contenir une quantité aussi petite que possible de nitrocelluloses solubles ou de cellulose non nitrée.

La détonation théorique du coton-poudre répond sensiblement, d'après M. Berthelot, à l'équation suivante (faibles densités de chargement) :



En fait, les résultats analytiques obtenus diffèrent sensiblement de ces données. En voici un exemple :

Oxyde de carbone.....	28,55	pour 100
Acide carbonique.....	19,11	»
Hydruire de méthyle.....	11,17	»
Deutoxyde d'azote.....	8,83	»
Azote.....	8,56	»
Vapeur d'eau.....	21,93	»

(1) Cette vitesse considérable a été utilisée par le savant expérimentateur pour la confection des *cordeaux détonants*, tubes métalliques chargés de fulmicoton en poudre ou de nitromannite, que l'on peut appliquer avec avantage au tirage des mines (voir notre Ouvrage intitulé : *Les explosifs industriels*, p. 99).

(Note du traducteur.)

La quantité d'oxygène que renferme le fulmicoton est trop restreinte pour correspondre à la combustion complète du carbone. L'addition de nitroglycérine, réalisée dans les gélatines explosibles, est rationnelle parce que le liquide renferme le gaz comburant en excès. De même, la présence d'un nitrate aura comme effet de prévenir la formation de l'oxyde de carbone; à titre d'exemple, citons la tonite, mélange à poids égaux de fulmicoton et d'azotate de baryte.

La pression initiale produite par l'explosion du coton-poudre est très élevée. Elle atteint 8740^{kg} par centimètre carré. On l'évalue pratiquement au triple de celle qu'exerce la poudre ordinaire (Piobert). La chaleur dégagée à pression constante est, par kilogramme, de 1076^{cal} (eau liquide) ou $977^{\text{cal}},7$ (eau gazeuse). Ces données, dues à M. Berthelot, correspondent à l'équation (1) ci-dessus. La quantité de chaleur dégagée est évidemment subordonnée au mode de décomposition explosive. Si l'on suppose l'addition d'un comburant susceptible de produire la combustion totale, ces chiffres s'élèveront respectivement à 2302 et 2177^{cal} . La chaleur de décomposition du coton-poudre en vase clos, sous une faible densité de chargement, a été trouvée égale à 1071^{cal} , pour 1^{kg} de coton-poudre sec et ne laissant aucun résidu minéral.

L'addition au fulmicoton d'une certaine quantité d'eau présente l'avantage de diminuer sa sensibilité explosive. Mais elle nécessite par contre l'emploi d'amorces d'une puissance énorme, dont on ne peut songer à se servir couramment. M. Brown, de l'arsenal de Woolwich, constata le premier que l'amorçage pouvait être parfaitement réalisé au moyen de fulmicoton sec. On arrive à diminuer la sensibilité plus efficacement encore par l'addition de paraffine ou de camphre.

Fabrication du coton-poudre. — La méthode de fabrication est restée, en principe, celle que découvrit Abel en 1865. Elle a été l'objet, surtout en ce qui concerne les appareils employés, de perfectionnements plus ou moins notables.

ÉPURATION DU COTON. — La forme de coton employé consiste

en déchets de filatures (1). Tout d'abord, on le débarrasse, par un lavage alcalin, des impuretés telles que la graisse, l'huile et autres matières analogues (2). Puis, on le soumet à un triage, à l'effet d'éliminer les déchets de couleurs ainsi que les débris de cordes. Le traitement que subit alors le coton a comme but de lui donner la forme la plus favorable à l'action subséquente de l'acide nitrique : il passe d'abord à la machine à carder pour être découpé ensuite en morceaux de petites dimensions.

DESSICCATION. — Cette opération s'effectue au moyen de l'air chaud, dans des séchoirs appropriés. Il convient d'y laisser séjourner le coton jusqu'à ce que la dose d'humidité soit réduite à 0,5 pour 100 : si le coton renferme encore de l'humidité, au moment où il est trempé dans le mélange d'acide, celle-ci favorisera la formation des produits inférieurs de nitration. En moyenne, la dose d'humidité initiale est voisine de 10 pour 100.

Aux séchoirs ordinaires, on préfère en général l'emploi de cylindres à double enveloppe avec circulation extérieure de vapeur (*fig. 12*). Ces cylindres ont une hauteur de 1^m,75 et un diamètre de 0^m,50. L'opération est favorisée par un courant d'air comprimé qui traverse la masse de bas en haut. La durée moyenne est de cinq heures. Au bout de ce temps, on prélève à la partie supérieure un échantillon et on le porte dans une étuve chauffée à 100° (3), où il séjourne pendant

(1) Le prix de ces déchets varie entre 250^{fr} et 625^{fr} la tonne. En Allemagne, les autorités militaires exigent que le coton fourni soit tel que, plongé dans l'eau, il coule bas au bout de deux minutes; que, nitraté, il ne se désagrège point; que, traité par l'éther, il ne renferme plus que 0,9 pour 100 au maximum de matières grasses; qu'il contienne des traces seulement de chlore, chaux, magnésie, fer, acide sulfurique et acide phosphorique.

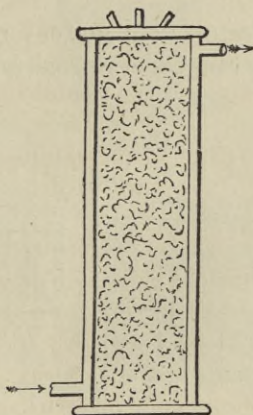
(2) Si les matières grasses sont très abondantes, le coton sera bouilli d'abord sous pression avec de la soude; ensuite lavé, blanchi au moyen du chlore, lavé à nouveau, traité par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, lavé encore une fois, turbiné et séché. Dans les cas extrêmes, il est bon de soumettre le coton à un traitement préliminaire à l'eau de chaux (MUNROE, *Journal of the American chemical Society*, 1895, p. 17 et 783).

(3) A *Waltham Abbey*, on place le coton dans une chambre spéciale chauffée à 180°.

une heure à une heure et demie. La perte de poids indique la dose d'humidité qui subsistait à l'entrée.

Ce système de vérification du degré d'humidité peut être réalisé d'une façon très pratique par l'établissement d'une étuve en cuivre de grandes dimensions, où se trouvent ménagés des compartiments propres à contenir chacun une poignée de coton. La paroi inférieure de ces compartiments est constituée d'une plaque de cuivre mobile portant un

Fig. 12.



numéro, de telle manière que chacune des cases corresponde à l'un des cylindres de dessiccation. Cela étant, il suffira de mettre dans chacun des compartiments un échantillon de coton provenant du cylindre de dessiccation qui lui correspond. L'étuve, placée au laboratoire, pourra être chauffée facilement au moyen d'un mince tuyau amenant la vapeur de la chaudière.

La dessiccation terminée, le coton est emballé dans des boîtes étanches en fer galvanisé, pour passer ensuite à la nitration.

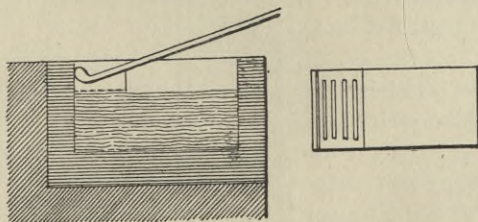
NITRATION. — Cette opération se pratique à l'aide d'acides concentrés. La densité de l'acide nitrique ne peut être inférieure à 1,52; il doit être exempt, autant que possible, de

peroxyde d'azote. L'acide sulfurique doit avoir une densité de 1,84 à 15° et contenir environ 97 pour 100 de monohydrate. Les proportions du mélange sont d'une partie d'acide nitrique pour trois d'acide sulfurique. De même que pour la nitroglycérine, l'acide sulfurique ne prend aucune part à la réaction; il sert à absorber l'eau qui prend naissance et empêcher ainsi l'affaiblissement de l'acide nitrique.

Le rendement théorique est de 1,8 de coton-poudre pour 1 partie en poids de coton employé. Pratiquement, on estime qu'un rendement de 1,6 constitue un excellent résultat.

Le trempage s'effectue (1) dans des réservoirs en fonte (*fig. 13*) disposés par rangées et réfrigérés par une circulation

Fig. 13.

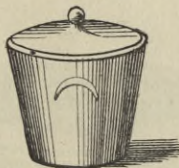


d'eau extérieure. Leur capacité est de douze gallons (54^{lit}, 45); le coton est trempé par portions d'une livre (454^{gr}) dans le mélange acide, soigneusement remué pendant trois minutes au moyen d'une fourchette en fer, puis déposé sur une grille en fer fixée, vers l'arrière, à la partie supérieure du réservoir. Pour terminer, on presse le coton modérément à l'aide d'une plaque manœuvrée par un levier, jusqu'à ce que la quantité de liquide qui l'imprègne ne dépasse pas neuf fois environ son propre poids.

(1) Le mode de trempage que nous décrivons ci-dessus est celui que l'on pratique généralement en Angleterre. Sur le continent, d'autres procédés ont été préconisés, tels que l'appareil nitratureur centrifuge de MM. Selwig et Lange, de Brunswick. Ces procédés ne semblent pas présenter d'avantages bien caractéristiques.

On l'introduit alors dans des pots en grès (*fig. 14*), rangés par séries dans un grand bassin en bois d'un pied environ de profondeur, et dans lequel circule constamment un courant d'eau; cette eau est destinée à maintenir la température au-dessous de 18° à 19°. Toute élévation de température, en dehors du danger qu'elle présente, favoriserait la formation de produits inférieurs de nitration. Il est nécessaire de pro-

Fig. 14.



téger chaque pot à l'aide d'un couvercle, afin de prévenir l'absorption de l'humidité atmosphérique ainsi que l'introduction accidentelle de l'eau; il s'ensuivrait une notable production de chaleur, par suite du contact avec les acides concentrés qui imprègnent le coton. Le coton est laissé pendant quarante-huit heures en présence de l'excès d'acide et au bout de ce temps, la nitration est complètement terminée, c'est-à-dire qu'il ne reste aucune parcelle de coton qui ne soit nitraté.

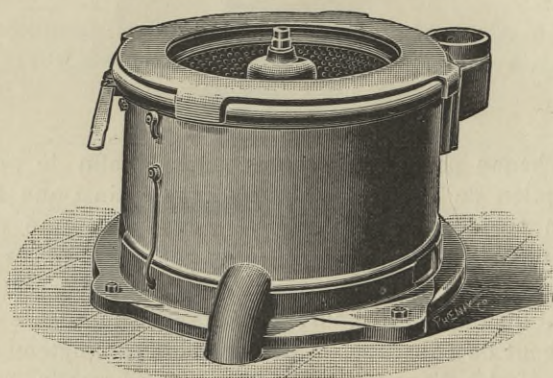
TURBINAGE. — La nitration terminée, il reste à enlever l'excès d'acide. On emploie à cet effet un hydro-extracteur (*fig. 15*) qui tourne à une vitesse de 1000 à 1500 tours par minute. La matière étant placée autour de l'axe, le liquide est chassé dans la double enveloppe que porte l'appareil et s'écoule par un tuyau de décharge (¹). La nitrocellulose doit être enlevée avec soin, car on a vu de nombreux exemples d'explosions spontanées, surtout par les temps chauds.

LAVAGE. — Cette opération se pratique dans un bassin revêtu de bois, auquel une cascade fournit une distribution d'eau

(¹) Le Dr Schüpphaus, de Brooklyn, propose de régénérer les acides non utilisés par l'addition d'anhydride sulfurique et d'acide nitrique.

incessante. On fera en sorte que le coton pénètre dans le bassin en suivant l'eau déversée par la cascade. Celle-ci étant d'une certaine hauteur, il s'ensuit que l'eau atteint, en tombant dans le bassin, un niveau notablement inférieur à celui de la surface. Cette prompte immersion du coton est nécessaire, car il contient encore un grand excès d'acides concentrés dont le contact avec l'eau donne lieu à une production de chaleur considérable, surtout s'il se produit lentement. Il

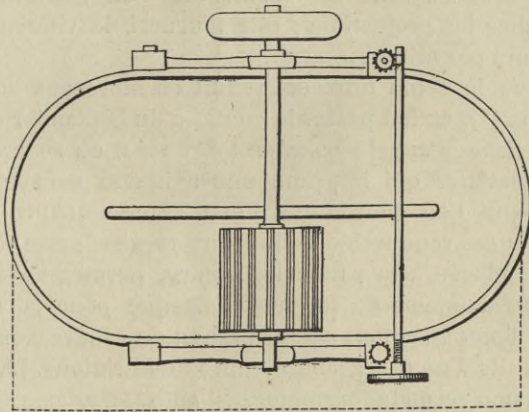
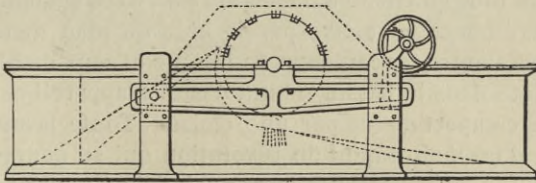
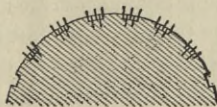
Fig. 15.



est avantageux, à cet égard, qu'un canal ou une rivière arrose le terrain où se trouve érigée la fabrique; on y disposera une série de réservoirs dont le fond et les parois sont percés de trous, de manière à assurer la libre circulation de l'eau. Ces réservoirs, maintenus au moyen d'une plate-forme flottante, seront donc constamment immergés. Au cours du lavage, le coton est remué sans cesse à l'aide de tiges en bois. L'opération terminée, on passe à un second turbinage, suivi d'un nouveau lavage.

ÉBULLITION. — Ce traitement effectué, le coton est mis dans des chaudières en fer, en présence d'une grande quantité d'eau. La masse est maintenue à l'ébullition pendant un certain temps. On peut se servir également de cuves doublées de plomb et chauffées à la vapeur. Le but de cette opération est

d'éliminer les impuretés dont la présence nuit à la stabilité du fulmicoton. Ces impuretés sont les produits de la nitration des matières grasses et résineuses contenues dans les fibres du coton. L'ébullition est recommencée à plusieurs reprises, en ayant soin de renouveler chaque fois l'eau qui a bouilli. On cesse lorsque la nitrocellulose, soumise au papier de tournesol, ne présente plus aucune trace d'acidité.

Fig. 16^a.Fig. 16^b.

PULPATION. — C'est à Abel que l'on doit l'idée première de réduire en pulpe le coton nitré, de même que celle de l'épurer par l'ébullition. Le déchetage et la réduction en pâte s'ef-

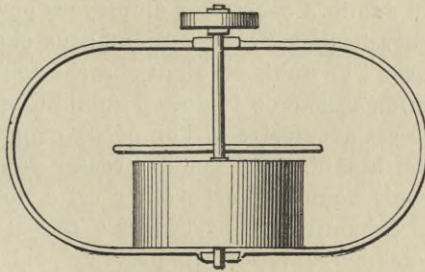
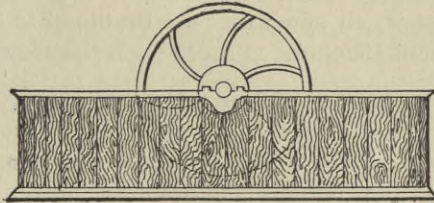
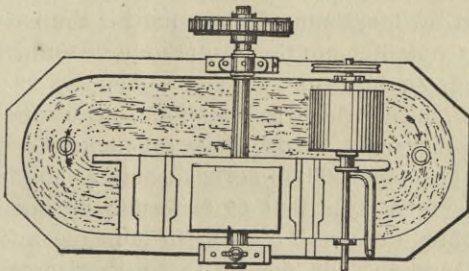
fectuent dans des machines analogues à celles que l'on emploie dans les papeteries et que l'on appelle *Hollander*, du nom de leur inventeur (*fig. 16^a*). Ces machines se composent d'un bassin en tôle de fer épaisse ou en bois doublé de plomb, d'une profondeur de 2 à 3 pieds et de forme oblongue. Une roue, armée de couteaux à déchiqueter en acier fin (*fig. 16^b*), tourne au-dessus d'une surface inclinée dont la partie supérieure se termine par une courbe concentrique très voisine de sa périphérie. Cette courbe consiste en un solide bloc en chêne dans lequel sont fixés également des couteaux. Le coton arrive par la base du plan incliné, est déchiqueté entre les couteaux de la roue et ceux du bloc fixe, puis rejeté dans le bassin rempli d'eau. L'appareil est divisé en deux compartiments par une cloison. Toute la masse est animée d'un mouvement de révolution qui se poursuit sans interruption. La roue est surmontée d'un couvercle, afin d'empêcher les projections; elle tourne à la vitesse de 100 à 150 tours par minute.

Lorsque le coton nitré est réduit en morceaux suffisamment fins (¹), on fait passer le contenu du *Hollander* dans un appareil laveur appelé *poacher* (*fig. 17^a*), où se meut une roue à palettes qui imprime une agitation constante à la masse, que l'on additionne d'une grande quantité d'eau. Cette eau est renouvelée à plusieurs reprises; une toile métallique, placée à la partie inférieure, permet l'évacuation sans entraînement de la pulpe. Chaque *poacher* contient environ 500^{kg} de coton, ce qui permet de rendre homogènes les produits d'un très grand nombre de nitrations. La *fig. 17^b* indique une seconde forme donnée au *poacher*.

Lorsqu'on présume que le lavage a duré suffisamment, il faut prélever un échantillon de coton nitré destiné à subir l'épreuve de résistance à la chaleur. Le coton étant en suspension dans l'eau sous la forme d'une bouillie très fluide, on se sert à cet effet d'un tamis de grande dimension, sur lequel il ne tarde pas à se déposer en quantité suffisante. On le

(¹) A Stowmarket, l'opération dure quatre heures et porte sur 100^{kg} environ de coton-poudre. Les *Hollanders* sont au nombre de huit.

débarrasse du liquide, d'abord par expression et ensuite par dessiccation : on le place entre deux feuilles de papier à filtrer, sous une presse à main où il demeure quelques

Fig. 17^a.Fig. 17^b.

minutes. Ensuite, on le frotte entre les doigts, pour le réduire en particules très ténues et on le soumet enfin à l'épreuve de résistance à la chaleur, dont on trouvera la

description dans le Chapitre VIII, consacré à cet objet.

Si le résultat est favorable, c'est que le lavage a duré suffisamment; il reste à arrêter la machine et à laisser écouler l'eau. Ensuite, on laisse égoutter le coton pendant quelque temps, puis on exprime le liquide à l'aide d'une pelle en bois. Parfois, on ajoute 2 pour 100 de carbonate de soude; mais, en général, c'est inutile si le lavage a été soigneusement effectué.

PRESSAGE. — La matière, au sortir du *poacher*, se présente sous l'aspect d'une pâte ferme qui peut se mouler sous la pression des doigts. Elle renferme 28 à 30 pour 100 d'eau. L'élimination du liquide s'obtient au moyen de presses hydrauliques. Puis, le produit est emballé en boîtes de deux livres et demie. Les presses employées peuvent fournir des blocs ou des disques. Fréquemment, ceux-ci sont trempés dans l'eau jusqu'à ce qu'ils en aient absorbé 25 pour 100.

L'appréciation exacte de la dose d'humidité que renferme le fulmicoton est nécessaire si l'on désire connaître le poids du fulmicoton humide qu'il faudra presser pour obtenir un bloc d'un poids donné. Pour évaluer cette dose, il suffira de placer un échantillon dans l'étuve à 100° et de le laisser séjourner trois heures durant. La perte de poids indiquera la quantité d'eau initiale.

PROCÉDÉ DE WALTHAM ABBEY. — Le procédé que l'on emploie à la Manufacture royale de *Waltham Abbey*, où la fabrication fut longtemps dirigée par Sir Frederick Abel, ne diffère pas notablement de la méthode de Stowmarket, que nous venons de décrire.

Le coton, après triage, est découpé, par une sorte de guilotine, en morceaux de 0^m,05 de longueur. La dessiccation s'effectue au moyen d'une série de toiles sans fin, animées d'un mouvement très lent et disposées de manière que le coton tombe de chacune d'elles sur la bande inférieure. Les bandes s'appuient sur des cylindres horizontaux chauffés à la vapeur. Dans la chambre de dessiccation circule un courant d'air chaud de manière à maintenir la température à 180° F. (82°). La vitesse de rotation des bandes est de 2^m par minute. Leur longueur totale s'élevant à 42^m, l'opération

dure vingt et une minutes. Le coton sec est recueilli à la partie inférieure de la chambre et placé dans de petites boîtes en étain que l'on transporte dans une chambre de réfrigération.

La marche de la nitration ne diffère pas, en principe, de celle que nous avons décrite. Elle porte sur 220 livres (100^{kg}) de mélange acide. Avant son emploi, celui-ci est placé dans un réservoir auxiliaire et soumis à la réfrigération. Au cours de l'opération, il est maintenu à la température de 70° F. (15°, 5) et le coton y est plongé, par portions de 1 $\frac{1}{2}$ livre (680^{gr}), pendant cinq ou six minutes. Après chaque trempage, on ajoute 14 livres (6^{kg}, 350) de mélange acide pour remplacer celui qui imprègne la charge.

La réaction s'étant prolongée pendant vingt-quatre heures au moins dans des récipients en grès, le coton nitré passe au turbinage. Les hydro-extracteurs tournent à la vitesse de 1200 tours par minute. L'opération dure cinq minutes et élimine 10 $\frac{1}{2}$ livres (4^{kg}, 800) d'acides par charge. Ensuite, le coton est soumis au lavage, de même qu'à Stowmarket, et turbiné à nouveau. Il passe alors à l'ébullition, que l'on pratique dans des cuves en bois au moyen de la vapeur. Sa durée est de huit heures. On procède ensuite à un troisième turbinage, d'une durée de trois minutes, et l'on fait bouillir la matière à nouveau pendant huit heures. Vient alors la pulpation; la charge de chacun des *poachers* est de 1500 gallons (6810^{lit}), soit 915^{kg} de coton. Ce lavage dure six heures environ. Lorsqu'il est terminé, on ajoute 500 gallons (2270^{lit}) d'eau, 500 gallons d'eau de chaux, 9 livres (4^{kg}, 100) de blanc d'Espagne et 9 gallons (4^{lit}, 100) d'une solution de soude caustique.

Le liquide laiteux est aspiré directement, à l'aide d'une pompe pneumatique, dans un grand réservoir distributeur d'où partent des tuyaux flexibles qui le conduisent dans des machines à mouler. A l'intérieur de ce réservoir sont disposées des palettes qui impriment au liquide une agitation propre à maintenir la composition homogène de la masse liquide.

Le moulage du fulmicoton a lieu sous la pression de 34 livres par pouce carré (2^{kg}, 320 par centimètre carré). Le

fond des moules est en toile métallique, afin de retenir la pulpe. Au sortir du moulage, la matière a perdu une partie de l'eau qu'elle renfermait et sa consistance permet de la manipuler, avec précaution toutefois.

Le coton nitré passe ensuite à la presse, placée dans un atelier éloigné de tous les autres. Il est soumis à une pression hydraulique de 5 à 6 tonnes par pouce carré (790^{kg} à 950^{kg} par centimètre carré) qui le réduit au tiers de son volume initial. Le pressage dure une minute et demie. Les disques obtenus sont compacts, d'une densité supérieure à 1; ils offrent une certaine résistance à la pression des doigts. Les blocs de la presse sont perforés, afin de permettre l'échappement éventuel des gaz qui pourraient être formés par suite de l'élévation de la température.

Les plaques ou les disques de fulmicoton sont trempés alors dans une solution de soude ou d'acide phénique, et emballés enfin dans des boîtes en bois doublées de métal.

Lorsqu'il arrive que l'on doive remettre en fabrication certaines parties de coton-poudre, on se heurte à certaines difficultés : après la seconde pulpation, on obtient une espèce de fine poussière et le pressage se fait avec énormément de peine. Ces difficultés proviennent probablement de ce que la résistance des fibres a été compromise par suite de la pression subie. Il est d'usage de mélanger le produit avec du coton-poudre frais, dans la proportion de 1 à 5.

PROCÉDÉ DU BOUCHET. — Au Bouchet, où le coton-poudre a été fabriqué pendant plusieurs années, on trempait le coton, par portion de 200^{gr}, dans 2^{lit} d'un mélange contenant 3 volumes d'acide nitrique à 1,500 et 7 volumes d'acide sulfurique anglais (Pelouze et Maurey). L'opération durait une heure. La matière passait ensuite à la presse, qui exprimait les 0,7 des acides; puis elle était lavée dans une eau courante pendant une heure et demie à deux heures, fortement pressée à nouveau et mise en présence d'une lessive de cendres de bois, pendant vingt-quatre heures, à l'effet d'éliminer les dernières traces d'acides. On procédait ensuite à un dernier lavage à l'eau pour chasser l'alcali restant, ainsi qu'à un dernier pressage. L'élimination de l'eau était complétée par un

séchage consistant à placer le coton-poudre sur de grandes toiles, que traversait un courant d'air chauffé à 60°.

On obtenait un rendement moyen de 165,25 pour 100 parties de coton sec; le prix de revient était d'environ 7^{fr} le kilogramme.

D'après Melsens, la compression des matières imprégnées d'acides présente l'inconvénient de rendre très difficiles les lavages ultérieurs.

La *granulation du coton-poudre* est pratiquée fréquemment, soit pour l'emploi du coton-poudre seul, soit pour la confection des poudres sans fumée. D'après le brevet pris par Sir Frederick Abel, cette opération s'effectue comme suit : Au sortir du *poacher*, le coton-poudre est soumis d'abord à un turbinage à la suite duquel il ne contient plus que 33 pour 100 d'eau, puis à un criblage qui le réduit en morceaux de très petites dimensions. La granulation s'opère dans des turbines en bois ou en cuir, tournant à une vitesse modérée; au cours de la rotation, on arrose la matière de temps à autre. La matière passe enfin à la dessiccation.

On peut également, au lieu de le granuler, conserver le coton-poudre sous forme de dissolution dans l'acétone ou l'acide acétique. Il constitue une espèce de gelée dont on fait des feuilles minces que l'on découpe lorsqu'elles sont sèches.

Coton-collodion. — Le coton-collodion (*voir* p. 51) est un mélange des produits de nitration inférieurs à ceux qui constituent le coton-poudre; ses propriétés explosives sont moins développées. MM. Ménard et Domonte ont obtenu les premiers un produit soluble dans l'éther alcoolisé; c'est Béchamp qui, en poursuivant l'étude, signala ses propriétés particulières et lui assigna la formule de la cellulose octonitrique.

La fabrication du coton-collodion a pris une extension très considérable, due à ce que ce composé entre dans la composition des gélatines explosibles, dont l'usage est si répandu, ainsi que dans celle de nombreuses poudres sans fumée. On l'emploie en outre pour la fabrication du collodion, qui fait l'objet de nombreuses applications en Photographie et en Chirurgie; il sert enfin à la préparation du celluloid.

Le collodion sec, dit M. Désortiaux (1), possède la propriété d'adhérer fortement à la peau; il est éminemment propre, par sa contractilité, à réunir les bords des blessures; en outre, la membrane adhérente réalise une fermeture qui préserve la plaie de l'accès de l'air et de l'humidité. D'après Lauras, on obtient une substance parfaitement élastique par le procédé suivant : on prépare une dissolution de 2 parties de térébenthine de Venise, 2 d'huile de ricin et 2 de cire blanche dans 6 parties d'éther, et on la mélange avec une dissolution de 8 parties de collodion sec dans 125 parties d'éther et 8 d'alcool (collodion riciné).

On emploie également le collodion pour envelopper certaines substances corrosives : c'est ainsi que l'on prépare le *collodium corrosivum* pour le protochlorure de mercure et le *collodium cantharidale* pour la teinture de cantharides éthérique. D'après Strohlberger, le collodion peut préserver les objets d'argent de l'oxydation : il suffit de les chauffer légèrement et de les enduire d'une couche mince et régulière de ce liquide. En Amérique, on utilise les plaques de collodion pour la confection des râteliers artificiels. Avec du collodion imparfaitement séché, Kneffel a pu obtenir des reproductions de lettres imprimées, très distinctement visibles par transparence. Le collodion sert encore à la fabrication des ballons légers; à cet effet, on en humecte complètement l'intérieur d'un ballon de verre. Après évaporation de l'éther, la membrane adhérente à la paroi peut s'enlever rapidement. Un ballon de 100^{cc} pèse environ 0^{gr},03. On recouvre certaines pilules d'une pellicule de collodion pour leur enlever toute saveur. Craig a proposé l'emploi d'un enduit de collodion pour protéger de l'humidité les graines des poudres hygroscopiques.

Un brevet récent dû à feu Alfred Nobel, l'inventeur de la dynamite, revendique l'emploi du coton nitré comme succédané du caoutchouc. A cet effet, on le soumet à l'action d'un dissolvant non volatil ou très légèrement volatil, tel que la nitronaphtaline, la dinitrobenzine, le nitrotoluène ou ses

(1) *Loc. cit.*, page 665.

homologues. Les produits obtenus présentent une consistance qui peut varier de dureté de l'ébonite à la plasticité de la gélatine.

FABRICATION. — Dawson paraît attacher une importance spéciale à la qualité du coton et à la longueur des filaments : le coton égyptien et l'espèce dite *Sea Island* réalisent parfaitement cette dernière condition. Nous pensons qu'il convient en outre d'apporter le plus grand soin à la composition du mélange acide employé. Ce mélange doit être plus faible que s'il s'agissait de la fabrication du coton-poudre. D'une densité d'environ 1,712, il contient 66 pour 100 d'acide sulfurique ($d = 1,84$) et 34 pour 100 d'acide nitrique ($d = 1,368$). L'emploi d'acides plus faibles ou bien la substitution à l'acide nitrique de nitrate de salpêtre ou de soude, préconisé par plusieurs auteurs, donne naissance à des produits inférieurs de nitration.

Le trempage du coton ne peut durer plus de cinq minutes, au cours desquelles la température du mélange acide ne devra pas dépasser 18° à 19°. Cette opération terminée, le coton imprégné du mélange est placé dans des pots où la réaction se continue; il faut s'abstenir d'exprimer préalablement une partie de l'excès d'acide, ainsi qu'on le fait lorsqu'il s'agit de la fabrication du coton-poudre. Au bout de quarante-huit heures, la réaction peut être considérée comme complètement terminée; d'aucuns prétendent que vingt-quatre heures peuvent suffire, mais nous ne partageons point cette manière de voir. Le traitement subséquent du coton-collodion ne diffère pas de celui auquel on soumet le fulmicoton.

Le produit obtenu doit être entièrement soluble dans l'éther alcoolisé et la nitroglycérine, tout en contenant la plus haute teneur d'azote possible; l'insolubilité indiquerait la présence de coton-poudre si la teneur d'azote était élevée et celle du coton non nitré si cette teneur était faible. Dans le cas où celle-ci se rencontrerait en même temps que la solubilité, on en conclurait à la présence de produits inférieurs de nitration. En somme, le dosage de l'azote présente une importance considérable; nous l'examinerons au cours du Chapitre VII.

Voici les chiffres que nous ont donnés à cet égard quelques échantillons de coton-collodion :

Fabrication allemande.....	11,64	11,48	11,49	pour 100
Stowmarket.....	12,57	12,60	11,22	»
Walsrode.....	11,61	12,07	11,99	»
Faversham.....	12,14	11,70	11,70	»

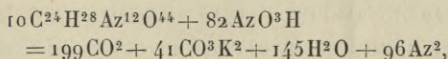
L'analyse du premier de ces échantillons, qui fournit une excellente gélatine, donna le résultat suivant :

Coton-collodion.....	99,118	} Azote... 11,64 pour 100
Coton-poudre (insoluble).....	0,642	
Coton non nitraté.....	0,240	
Cendres totales.....	0,25	

D'après M. T.-R. France, les procédés habituellement préconisés pour la fabrication du coton-collodion ne peuvent fournir un produit parfaitement homogène : la fibre du coton est protégée par une sorte de vernis de nature grasse et dont la composition varie avec la nature du sol où il s'est développé. D'autre part, l'absorption des acides est contrariée par la forme même des tubes qui constituent les fibres. Cela étant, M. France emploie le coton préalablement réduit en une poudre impalpable. Pour la nitration il emploie un mélange contenant 8 parties d'acide nitrique à 42°B. et 12 d'acide sulfurique à 66°B. L'auteur affirme qu'il est inutile de procéder à un lavage alcalin préalablement à la nitration. L'opération dure quinze minutes, la masse étant agitée constamment. La température est comprise entre 10° et 38°, voisine de 35° si possible.

Coton-poudre nitraté. — A l'effet d'augmenter la quantité d'oxygène disponible, on a additionné le coton-poudre des nitrates de potasse, d'ammoniaque ou de baryte. Cette addition présente l'avantage, avons-nous vu, de prévenir la formation de l'oxyde de carbone.

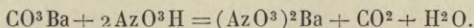
La combustion totale du fulmicoton par l'azotate de potasse correspond, d'après Berthelot, à l'équation



si l'on considère les produits qui existaient avant la transformation, par le refroidissement, du carbonate de potasse en bicarbonate. Ce mélange renferme 828^{gr} d'azotate pour 1143^{gr} de coton-poudre, soit respectivement 42 et 58 pour 100.

La *tonite* se compose de coton-poudre additionné de sulfate de baryte. Les proportions respectives en poids qui correspondent à la complète combustion sont de 51,6 et 48,4 pour 100. La composition moyenne qui résulte des analyses de tonite n° 1 auxquelles nous avons procédé, répond à 51 pour 100 de coton-poudre et 49 pour 100 de nitrate de baryte. La présence de ce nitrate rend l'explosif très dense. Les brevets relatifs à la tonite n° 1 furent pris par MM. Trench, Faure et Mackie. Elle est fabriquée à Faversham et à Melling par la *Cotton Powder Company*, ainsi qu'à San Francisco, par la *Tonite Powder Company*.

Le nitrate de baryte que l'on emploie est obtenu par l'action de l'acide azotique sur le carbonate de baryte ou *withérite* :



Le coton-poudre humide, parfaitement purifié et réduit à un état de division extrême, est mis en présence d'un poids égal de nitrate. Les deux substances sont mélangées et broyées avec soin de manière à former une pâte homogène, que l'on comprime ensuite pour obtenir les cartouches.

La tonite n° 2 se compose de coton-poudre additionné d'azotate de potasse et de soude, de charbon de bois et soufre.

La tonite n° 3, brevetée de même que la précédente par M. Trench, contient les substances suivantes :

Coton-poudre.....	19 pour 100
Dinitrobenzine.....	13 »
Nitrate de baryte.....	68 »

Ces proportions peuvent être modifiées. C'est un explosif de couleur jaune, dont l'action est plus lente que les deux autres.

La tonite est employée sur une grande échelle pour le chargement des torpilles, les santages sous-marins, l'exploitation des carrières, etc. Des quantités considérables ont été utilisées pour la construction du canal de Manchester. Elle présente l'avantage caractéristique d'avoir été mise, en Angleterre, sur le même pied que la poudre noire, en ce qui concerne le

transport par chemin de fer. Sous l'action de la flamme, la tonite brûle tranquillement sans faire explosion. Si elle a été mouillée, on peut impunément la mettre à sécher au soleil. Les cartouches sont d'ailleurs imperméables à l'eau, dont on se sert même comme bourrage. Sous l'action du détonateur voulu, l'explosion se produira sans formation d'oxyde de carbone.

Les directeurs de charbonnages et les Associations minières du Durham nommèrent, en septembre 1889, une Commission chargée de l'examen des produits de la détonation de certains explosifs, envisagés au point de vue de l'influence qu'ils sont susceptibles d'exercer sur la santé des mineurs. Patrons et ouvriers se mirent d'accord pour confier le soin d'étudier le problème à MM. le Professeur Bedson, les D^{rs} Drummond et Hume et l'Inspecteur des mines Bell, qui fut élu président de la Commission. C'est dans un charbonnage même que furent expérimentés les divers explosifs à examiner. La Commission analysa des échantillons d'air pris dans la galerie d'amenée, dans le retour d'air, ainsi que dans le voisinage immédiat des mines tirées.

La tonite fut un des explosifs examinés; les cartouches, enveloppées dans un sac en papier brun, étaient entourées du mélange extincteur de M. Trench, dont nous indiquons ci-après la composition. Au cours de la première série d'expériences, 19 mines furent tirées, représentant 6,29 livres de tonite (2^{kg}, 860). Le retour d'air seul renfermait des traces d'oxyde de carbone. Lors de la deuxième série, on fit partir 13 coups, représentant 4,40 livres de tonite (2^{kg}); même résultat. Quant aux produits directs de l'explosion, ils en contenaient de 0,19 à 0,48 par 1000 (1).

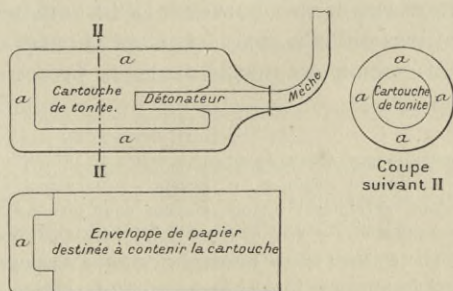
Le *mélange extincteur de M. Trench* est fabriqué par la *Cotton Powder Company* de Faversham, dont M. Trench est le directeur. Il se compose de sciure de bois imprégnée d'alun,

(1) Il importe de remarquer que les charges expérimentées ne furent pas élevées. En pratique, elles pourraient être aisément quatre fois plus fortes. Cela étant, on obtiendrait une teneur en oxyde de carbone voisine de 0,2 pour 100 et à une telle dose, ce gaz n'est pas sans présenter certains dangers. Il sera donc utile de conseiller aux mineurs d'attendre, pour revenir à proximité des mines tirées, que les fumées produites aient été complètement dissipées.

de chlorure de sodium et de chlorure d'ammonium. Ce mélange, dont on entoure complètement la charge de tonite ou de tout autre explosif, est destiné à abaisser la température des produits de l'explosion afin qu'ils ne puissent provoquer l'inflammation de l'atmosphère ambiante : cette atmosphère est rendue éminemment inflammable dans les charbonnages, par suite de la présence du grisou et des poussières de houille, ainsi que l'élévation même de la température.

L'action du mélange de M. Trench est basée sur l'absorption de chaleur que nécessitent d'abord son propre échauffement et ensuite la mise en liberté de l'eau de cristallisation que renferment les sels métalliques dont il est constitué. L'application de ce procédé s'effectue à l'aide d'un sac en papier dans lequel on place la charge de telle manière que l'espace *a* qui l'entoure de toute part (voir *fig. 18*) soit rempli du mélange extincteur.

Fig. 18.



Le procédé de M. Trench a fait l'objet des expériences suivantes : dans une chaudière en fer forgé, d'une capacité de 45 pieds cubes (1^{mc}, 274) et munie d'une fermeture étanche, on introduisit une certaine quantité de grisou. On provoqua ensuite, par l'électricité, l'explosion de cartouches de tonite protégées et non protégées par le mélange de M. Trench, en ayant soin de renouveler l'atmosphère à chaque expérience. Les résultats furent excellents ⁽¹⁾ : alors que les cartouches

(¹) Il nous serait difficile de pouvoir considérer comme efficace l'application du procédé dont il s'agit. Bien au contraire, nous pensons que l'introduction de l'enveloppe en papier, qui peut se trouver projetée en état d'ignition, constitue

non protégées provoquaient l'inflammation de l'atmosphère, les autres n'y apportèrent aucune perturbation.

Dangers éventuels concernant la fabrication des nitrocelluloses. — La fabrication des nitrocelluloses présente moins de dangers que celle de tout autre explosif nitré. Sauf la nitration et la compression, toutes les opérations sont effectuées en présence d'un grand excès d'eau, ce qui réduit au minimum les risques d'explosion.

Parmi les précautions les plus utiles, citons tout d'abord l'élimination complète des impuretés résineuses et solubles que renferme le coton, élimination qui constitue le principe même du procédé d'Abel (*voir* p. 50). Le danger ne réside pas dans la nitration même, mais plutôt dans le turbinage et le lavage subséquent. Il faudra veiller avec grande attention à ce que le coton turbiné soit mis immédiatement en contact avec une grande quantité d'eau. Si cette quantité était petite, on courrait le risque de voir survenir la décomposition spontanée et il est très difficile, une fois commencée, de pouvoir l'entraver. L'élévation de température la favorise notable-

une source réelle de danger. Quant à la valeur même du principe, nous la considérons comme absolument aléatoire : en général, la substance soi-disant protectrice sera projetée absolument intacte, n'ayant donc pu diminuer en rien la température des produits de l'explosion. A cet égard, nous nous bornerons à citer l'expérience suivante d'Abel : ayant provoqué l'explosion d'une grenade dont le centre était formé de poudre à tirer et la périphérie de cristaux de soude, le savant anglais constata que ceux-ci n'avaient pas même perdu 1 pour 100 d'eau par suite de l'explosion. Le procédé de M. Trench présente on outre l'inconvénient de nécessiter le forage d'un trou de mine de dimensions élevées, ainsi que des manipulations supplémentaires.

Quant à ce qui concerne les expériences résumées par l'auteur, elles ne peuvent être prises en considération, car elles ne sont accompagnées d'aucune indication relative à la quantité de grisou ni à la température de l'atmosphère. D'ailleurs, l'absence de poussières de houille réduit notablement l'inflammabilité.

En résumé, nous pensons que l'application du procédé préconisé ci-dessus, abstraction faite des désavantages indiscutables que nous avons signalés, présente l'inconvénient essentiel de pouvoir, le cas échéant, inspirer une confiance non justifiée en fait et dangereuse *par cela même*. Depuis plus de vingt ans déjà, le problème dont il s'agit est à l'ordre du jour, et bien nombreuses sont les solutions que l'on a préconisées en partant du même principe.

(*Note du traducteur.*)

ment; il faut donc redoubler de prudence lorsque le temps est chaud et humide. Le danger sera indiqué, au turbinage comme au lavage, par la formation de fumées rouges. Dans ce cas, il faudra transporter immédiatement le coton vers le *poacher*, où il se trouvera en contact avec une grande quantité d'eau.

La stabilité du coton-poudre est subordonnée à la parfaite élimination de toute trace d'acide. Son déchiquetage et son lavage à grande eau dans le *poacher*, exercent déjà une action sensible; mais l'ébullition n'en est pas moins indispensable. On a proposé la neutralisation par l'ammoniaque en solution diluée : lors des expériences auxquelles procéda le D^r Weber, la matière, au sortir du liquide, avait pris une teinte jaune clair, signe caractéristique d'alcalinité. Elle fut placée alors entre des feuilles de papier à filtrer, puis soumise à une seconde dessiccation, dans une étuve à 70°. Mais au bout de trois heures survint une explosion d'une violence telle que les 30^{gr} de coton nitré employés suffirent pour détruire de fond en comble l'étuve en cuivre, solidement construite, qui les renfermait. Le D^r Weber détermina le point d'inflammation du coton nitré dont il s'était servi et le trouva compris entre 194° et 198° (1).

La dessiccation de la nitrocellulose n'est jamais exempte, d'ailleurs, de tout danger. Il ne faut en aucun cas que la température dépasse 40° : les thermomètres qui sont en contact avec la matière devront être consultés fréquemment. Il sera même utile de disposer à cet égard un avertisseur automatique.

Il est essentiel que les tuyaux ou les poêles servant au chauffage de la chambre où s'effectue la dessiccation ne soient point découverts, car le dépôt des fines poussières de coton nitré pourrait compromettre gravement la sécurité. Les précautions à prendre devront être des plus minutieuses. Le plancher de l'atelier sera recouvert de linoléum ou de caoutchouc. Le coton-poudre possède la propriété de s'élec-

(1) Le coton-poudre, maintenu vers 80° à 100°, se décompose lentement et peut même finir par s'enflammer (Berthelot). Ce fait, pensons-nous, avait probablement été perdu de vue lors de l'expérience ci-dessus rapportée.

triser sous l'influence d'air chaud; afin d'assurer l'écoulement du fluide, M. Reid, de l'*Imperial College*, a préconisé l'emploi exclusif du métal pour la confection de la charpente, des supports et des toiles sur lesquelles est disposé le coton, que l'on protège en outre au moyen d'une toile.

La compression du fulmicoton doit être l'objet d'une attention toute spéciale. Cette opération est beaucoup plus dangereuse, ainsi que le fait remarquer M. Guttman (¹), que la compression de la poudre ordinaire. Il est nécessaire qu'au sortir du turbinage, le coton-poudre passe au crible afin d'éliminer les clous, les bouts d'allumettes, etc., qu'il peut renfermer. Quant au fonctionnement du piston, quelque parfait qu'il puisse être à l'origine, il finira toujours fatalement par laisser du jeu, et si sa position cesse d'être normale par rapport au moule, il pourra en résulter une friction des plus dangereuses. M. Guttman préconise à cet égard l'emploi d'un acier spécial fabriqué par Krupp.

A *Waltham Abbey*, les hommes qui travaillent à la presse sont protégés par un rideau confectionné au moyen de cordages. M. Guttman conseille de construire une cloison de 0^m,30 composée de deux séries de planches de 0^m,05, séparées par des cendres. Le passage serait assuré par une porte et la surveillance de l'opération par un tube conique ménagé dans la cloison. Un des versants du toit de l'atelier de pressage doit être en verre, afin d'offrir une moindre résistance en cas d'explosion et de guider les projections éventuelles.

Celluloïd. — Le celluloïd est une variété de coton nitré voisine de la cellulose octonitrique, à laquelle on ajoute du camphre en vue d'annihiler la sensibilité au choc. L'incorporation peut s'effectuer en comprimant fortement ensemble les deux substances, ou bien en employant un dissolvant, alcool ou éther, qu'on laisse évaporer ensuite. Souvent les deux méthodes sont suivies concurremment.

La fabrication première du celluloïd est due aux frères Hyatt, de Newark (États-Unis d'Amérique). C'est un pro-

(¹) *Journal of the Society of Chemical Industry*, n° 3, vol. XI, 1892.

duit dont la densité varie avec les éléments qui le constituent et leur degré de compression; on peut considérer 1,35 comme valeur moyenne. Le celluloid s'amollit lorsqu'on le plonge dans l'eau bouillante; dans cet état, on peut le mouler. C'est un produit très inflammable. Pratiquement, il peut être considéré comme non explosible et travaillé avec des outils, à la façon de l'ivoire, pour servir à la confection d'innombrables objets; on peut le colorier à volonté, le marbrer, etc.

Lorsqu'on chauffe le celluloid vers 150°, il acquiert une grande plasticité. Mais il ne faut pas oublier qu'il tend alors à devenir explosible sous l'action du choc et que des amas de matières semblables pourraient devenir fort dangereux dans un incendie, par suite de l'échauffement général de la masse et de l'évaporation du camphre. Le celluloid échauffé peut même détoner lorsqu'il est comprimé, et l'on a observé des accidents de presses dans les fabriques.

Maintenu dans une étuve à 135°, le celluloid ne tarde pas à se décomposer. Il y a plus : lors d'une expérience faite en vase clos à 135°, sous une densité de chargement égale à 0,40, il a fini par détoner en développant une pression de 3000^{kg}. C'est donc une matière dont le travail réclame certaines précautions, bien qu'elle ne soit pas explosible dans les circonstances ordinaires, même avec de très fortes amorces (1).

La fabrication du celluloid a pris un développement considérable. M. Field, de New-York, a publié à ce sujet une série de notes (2), et on lira avec intérêt les renseignements que nous nous sommes permis d'y puiser :

CHOIX DE LA FIBRE. — La cellulose est employée sous forme de coton brut, déchets de filature, chiffons, papier, etc. Les différences qui existent entre les fibres quant à leur structure, caractérisent de même la manière dont s'effectuera leur nitration.

La fibre de coton présente l'aspect d'un tube cylin-

(1) BERTHELOT, *Sur la force des matières explosives*, 3^e édition, t. II, p. 239.

(2) *Journal of the American Chemical Society*, vol. XV, n^o 3; vol. XVI, n^{os} 7 et 8. Les fig. 19 à 23, ci-après, ont été empruntées aux notes de M. Field.

drique aplati, noueux, fermé à l'une de ses extrémités; ce tube existe sur presque toute la longueur. Son diamètre et l'épaisseur de ses parois modifieront la marche de la nitration : elle s'effectuera plus rapidement dans la fibre de coton que dans la fibre de lin, où ce diamètre est petit et les parois épaisses.

Si l'on soumet à la nitration, dans des conditions absolument identiques, des fibres de lin et des fibres de coton, on constatera que les premières donneront naissance à un produit épais, glutineux, tandis que les fibres de coton deviendront beaucoup plus fluides. Il suffira de nitrater le lin à une température plus élevée que le coton pour obtenir une fluidité égale.

Parmi les diverses variétés de lin, c'est celle de la Nouvelle-Zélande qui permet d'obtenir la nitrocellulose la plus soluble. La variété de coton dénommée *Memphis Star*, avantageusement connue en Amérique, croît dans les régions montagneuses; ses fibres sont très douces, humides et élastiques. De couleur blanc-crème, elle reste telle après la nitration. Les filaments sont courts, droits, moins noueux que ceux de toute autre variété. On trouve parmi ces filaments une forte proportion de fibres mûres à demi ou aux trois quarts seulement, extrêmement fines et transparentes. Cette variété de coton fournit un produit parfaitement soluble. Avant la nitration, il doit être simplement cardé. Les déchets des filatures doivent en outre être épurés. Ils donnent également une nitrocellulose de bonne qualité.

M. Mowbray a constaté que, si l'on traite un papier provenant d'un tissu de coton, exclusivement et dont l'épaisseur est inférieure à $\frac{1}{500}$ pouce ($\frac{1}{200}$ mm), la nitration demande vingt minutes, par suite de la résistance qu'offre la surface du papier. Si l'épaisseur est plus considérable, la surface seule est accessible à la nitration. Pour obvier à cet inconvénient, M. Mowbray propose (1) de saturer la fibre avec une solution de nitrate de soude, qu'on laisse ensuite sécher lentement; la recristallisation du sel au sein de la fibre ou son

(1) Brevet n° 443 105, du 3 décembre 1890.

introduction par osmose, provoquant l'ouverture des fibres, favoriserait notablement la nitration. L'application de ce procédé n'est pas nécessaire si la nitration s'opère à haute température.

MM. Dietz et Wayne préconisent la nitration de la ramie (1). Le produit obtenu, de composition homogène, nécessiterait une quantité de dissolvant moins élevée que le coton nitré ordinaire. Les expériences auxquelles a procédé M. Field sont loin, toutefois, de confirmer cette assertion.

Il faut veiller soigneusement à ce que la fibre employée soit exempte de chlore, car la neutralisation du produit obtenu serait excessivement difficile.

NITRATION. — De nombreuses formules ont été préconisées à l'effet d'obtenir les nitrocelluloses solubles. Fréquemment, on n'arrive pas aux résultats espérés parce que les produits obtenus diffèrent lors de chaque expérience. On peut admettre en principe que la composition du mélange acide variera avec la substance à nitrater, ainsi qu'avec la température à laquelle on désire effectuer l'opération. Industriellement, on emploie en général trois formules : la première est celle que l'on applique de préférence à la fabrication du celluloid; la deuxième concerne le traitement à haute température; la troisième opère la nitration à basse température et présente l'avantage de pouvoir traiter de 5 à 10 livres de coton (2^{kg}, 270 à 4^{kg}, 540) lors de chaque opération.

Le mélange dont on se sert dans les fabriques de celluloid contient :

Acide sulfurique.....	66 parties en poids
Acide nitrique.....	17 »
Eau.....	17 »

Température : 30°. Durée de l'immersion : vingt à trente minutes.

La cellulose est employée sous forme de papier de $\frac{1}{300}$ pouce d'épaisseur ($\frac{1}{200}$ mm) et dans la proportion de $\frac{1}{100}$ en poids du

(1) *Brevet américain n° 133969.*

mélange acide. On obtient une pyroxyline insoluble dans les éthers composés.

La deuxième formule donne un produit peu soluble dans l'alcool méthylique exempt d'acétone, très soluble dans les éthers composés anhydres, les acétones et les aldéhydes. Le mélange contient $15\frac{3}{4}$ livres ($7^{\text{kg}}, 150$) d'acide sulfurique de densité = $1,830$ et 8 livres ($3^{\text{kg}}, 632$) d'acide nitrique de densité = $1,435$. On y plonge 14 onces (400^{gr}) de coton. La température s'élève à 60° environ. Elle est variable d'ailleurs, car elle est produite par suite du mélange des acides.

Quant à la durée de l'immersion, elle varie notablement, ainsi qu'on s'en rendra compte par le Tableau ci-dessous, dressé par M. Field. Ce Tableau se rapporte à une production journalière de 30 à 35 livres de pyroxyline ($13\frac{1}{2}$ à 16^{kg}) pendant une période de quatorze jours consécutifs. L'acide nitrique employé avait une densité un peu inférieure à $1,435$; le produit obtenu était soluble dans l'alcool méthylique.

ÉTAT DU TEMPS.	DENSITÉ des acides.		DURÉE de la nitration.		TEMPÉRATURES EXTRÊMES.		GAINS OU PERTES dans le RENDEMENT.
	SO ⁴ H ²	Az O ³ H	Commen- cement.	Fin.			
1. Clair.....	1,838	1,4249	midi 20 ^m	4 ^h	57°	62°	+31 %
2. Clair.....	1,837	1,4249	midi 20	2 ^h	60	62	+18 %
3. Nuageux....	1,837	1,4226	midi 45	2 ^h	60	62	+ 7 %
4. Pluvieux.....	1,837	1,420	midi 20	1 ^h 20 ^m	60	63	+ 0 %
5. Clair.....	1,8377	1,42	1 ^h 15	2 ^h	58	62	+15 %
6. Pluvieux.....	1,8301	1,422	midi 35	1 ^h 40	58	62	- 2 %
7. Nuageux.....	1,835	1,4226	midi 20	midi 35	62	64	-10 %
8. Clair.....	1,835	1,422	midi 35	1 ^h 10	60	62	+ 5 %
9. Partiellement clair.	1,824	1,4271	midi 20	1 ^h	50	60	- 3 %
10. Partiellement clair.	1,83	1,4271	midi 10	midi 25	58	60	-10 %
11. Nuageux.....	1,832	1,425	midi 10	midi 50	58	60	+ 8 %
12. Pluvieux.....	1,822	1,425	midi 10	midi 20	58	60	-10 %
13. Partiellement clair.	1,8378	1,4257	midi 50	1 ^h 40	50	58	+20 %
14. Nuageux.....	1,837	1,4257	1 ^h 56	4 ^h 40	50	60	+16 %

L'examen de ce Tableau est des plus instructifs. Il montre que le rendement est susceptible de varier dans une mesure

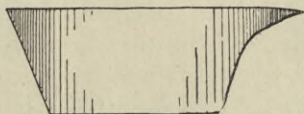
très large. Les jours de pluie sont défavorables. Cela tient vraisemblablement à ce que le coton absorbe l'humidité de l'air, dont l'action est d'affaiblir le mélange acide au moment de l'immersion. En somme, ce qu'il importe de retenir, c'est que la nitration à haute température donne, lors de chaque opération, des résultats dissemblables à tous égards.

Ceci entendu, passons à l'examen de la nitration proprement dite. La *Celluloid Manufacturing Company*, ainsi que la *Xylonite Manufacturing Company*, traitent la cellulose sous forme de papier en feuilles de $\frac{2}{1000}$ à $\frac{3}{1000}$ pouce d'épaisseur ($\frac{2}{400}$ mm à $\frac{3}{400}$ mm). La première les coupe en petits carrés de 25^{mm} de côté; la seconde les emploie en longues bandes de la même largeur, ce qui est moins avantageux au point de vue du rendement.

Les petits carrés de papier sont introduits dans le mélange acide par l'intermédiaire d'un tube qui tourne rapidement sur lui-même et dont la partie inférieure plonge dans le liquide. Par suite de la rotation, ils se trouvent projetés dans la masse liquide et le bas du tube reste libre. La *Xylonite Company* introduit les bandes de papier au moyen d'une fourchette, dans un cylindre où se trouve le mélange acide. La nitration terminée, le produit passe au lavage directement, sans turbinage préalable; par suite, une quantité notable d'acide se trouve perdue.

Certaines fabriques se servent de récipients en grès (*fig. 19*),

Fig. 19.



où la cellulose est traitée par portions de 1 livre (454^{gr}). Une tige en verre ou en acier, dont une des extrémités est recouverte de caoutchouc afin d'en faciliter le maniement; l'autre, étant terminée en pointe, permet de retirer la matière au fur et à mesure de la nitration, de manière à favoriser celle de la

portion restante. En hiver, la température de l'atelier doit être maintenue à 21°, afin d'assurer l'homogénéité du produit obtenu.

L'appareil de MM. White et Schüpphaus (*Brevet américain n° 418237, 1889*) se compose d'un cylindre perforé (*fig. 20*) placé au centre d'une cage (*fig. 21*), dont le fond est formé

Fig. 20.

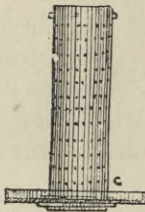
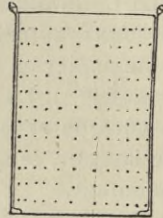
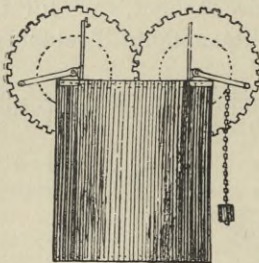
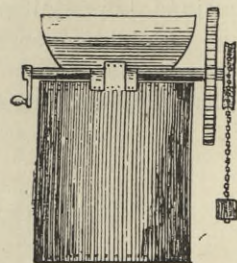


Fig. 21.



par la plaque C, solidaire de la partie inférieure du cylindre. Le papier à traiter est placé dans la cage; l'appareil à nitration, que nous représentons dans les *fig. 22^a* et *22^b*, porte un

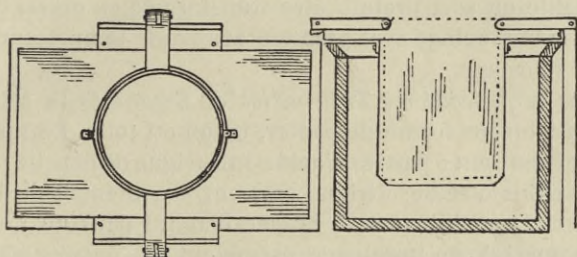
Fig. 22^a.Fig. 22^b.

couvrete automatique. Dès que l'opération est terminée, on enlève la cage, que l'on adapte sur l'appareil centrifuge; ensuite on la plonge dans un bassin (représenté dans la *fig. 23* en plan et en coupe) où le produit est soumis au lavage.

Cet appareil convient pour la nitration de la fibre de coton à haute ou à basse température. Les inventeurs affirment que

l'opération peut s'effectuer sans qu'il soit nécessaire d'agiter la masse; d'après M. Field, cet avantage peut être vraisemblablement réalisé si la température de nitration ne dépasse pas 30° et 35°, mais non pas entre 50° et 55°.

Fig. 23.



M. Mowbray est l'auteur d'un procédé concernant le traitement du papier continu (brevet américain n° 434287).

Le lavage auquel on soumet la pyroxyline lorsque la nitration est terminée, a pour objet d'éliminer jusqu'aux dernières traces d'acide. Le produit passe ensuite à la presse; puis, encore humide, est additionné de camphre.

Les proportions habituellement employées comprennent 2 parties de pyroxyline pour 1 de camphre. L'opération est fractionnée comme suit : ayant dissous le camphre dans la plus petite quantité d'alcool ⁽¹⁾ possible, on arrose la pyroxyline au moyen de cette solution; puis, on la recouvre d'une seconde couche de pyroxyline, que l'on arrose à nouveau au moyen de la solution. On continue de même l'opération, en alternant les couches.

La matière passe ensuite entre des cylindres en fer, où elle est travaillée à froid pendant une heure; ensuite, pendant le même temps, entre des cylindres chauffés modérément à la vapeur. La couche qui entoure ces cylindres est alors enlevée, pressée à nouveau et découpée en morceaux de 0^m,70 × 0^m,30, d'une épaisseur de 0^m,01 environ. Ces mor-

(¹) Parfois, on se sert d'autres dissolvants, tels que l'éther, l'esprit de bois, etc.

ceaux sont superposés, puis soumis à une pression hydraulique considérable pendant vingt-quatre heures et à la température de 70°. La masse obtenue est découpée encore une fois en bandes d'épaisseur voulue, que l'on place dans une chambre maintenue à la température de 30° à 40°, où elles séjournent une à deux semaines, jusqu'à complète dessiccation. Elle en sort prête à être transformée en objets divers, soit par le moulage sous pression et à haute température, soit par le tournage.

Dans le *procédé de Trébouillet et Besancele* la cellulose est traitée sous forme de papier, coton ou toile. Le mélange liquide contient 3 parties d'acide sulfurique de densité = 1,83 et 2 parties d'acide nitrique concentré contenant de l'acide nitreux. La cellulose est trempée d'abord dans un mélange ayant servi à un trempage précédent et, ensuite dans du liquide frais. Puis, elle est pressée et soigneusement lavée à l'eau. Vers la fin du lavage, on ajoute un peu d'ammoniaque ou de soude caustique, pour éliminer les dernières traces d'acides.

La proportion de camphre employée est de 40 à 50 parties pour 100 de pyroxyline. On commence par mélanger intimement les deux substances, puis on moule le produit sous une pression élevée et à haute température. On laisse ensuite évaporer à l'air libre et la dessiccation se complète au moyen de chlorure de calcium ou d'acide sulfurique.

Dissolvants de la pyroxyline. — Nombreuses sont les substances qui exercent sur la pyroxyline un pouvoir dissolvant, c'est-à-dire dont l'addition la transforme en une matière plastique. A cet égard, Parks cite la nitrobenzine, l'aniline, l'acide acétique concentré et le camphre dissous dans l'alcool méthylique ou l'éther alcoolisé. La nitrobenzine donne naissance à une masse granuleuse; elle semble modifier simplement la structure de la pyroxyline, mais sans la dissoudre. Une addition d'alcool provoque la dissolution, rend homogène la constitution du produit. La nature du mélange acide et le mode de nitration employés, la présence ou l'absence d'eau exercent une notable influence sur la marche de la dissolution.

Le Dr Schüpphaus indique le camphre dissous dans l'alcool propylique ou isobutylique, l'aldéhyde iso-valérique et ses dérivés, les éthers méthyl- et éthylamiliques; et, en solution alcoolique, l'acétone, la palmitine et la stéarine, l' α - et le β -naphtol, l'antraquinone.

M. Auguste Sayer (brevet américain n° 470451) préconise les acétones : diéthyle, dibutyle, diamyle, acétyle-méthyle, propyle-méthyle, butyryle-méthyle, valéryle-méthyle et butyryle-éthyle.

D'une manière générale, M. Field range comme suit les dissolvants de la pyroxyline : deux alcools monovalents; les éthers composés des acides gras à radical alcoolique monovalent; les acétones de la série grasse; en outre : le nitrate et le nitrite d'amyle, les éthers méthylique et éthylique, le chloro-acétate d'amyle, la nitro- et la dinitrobenzine, le camphre, l'acide acétique concentré, la mono-, la di- et la triacétine.

Le dissolvant employé par M. Richard Hale répond à la composition suivante :

	Volumes.
Acétate d'amyle.....	4
Naphte.....	4
Alcool méthylique.....	2

Il emploie ce liquide à raison d'un gallon (4^{lit}, 54) pour quatre à cinq onces de pyroxyline (113^{gr} à 142^{gr}). Le produit obtenu constitue un excellent vernis. La présence du naphte lui donne l'avantage de sécher rapidement; en outre, il n'est pas hygroscopique.

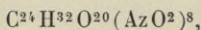
Oxycellulose. — Cette substance s'obtient en faisant bouillir ensemble de la cellulose et de l'acide nitrique. La quantité que l'on obtient est égale à environ 30 pour 100 de la cellulose traitée. L'oxycellulose se gélatinise après élimination des acides par le lavage. Dans cet état, elle est soluble dans les alcalins dilués et peut être reprécipitée par l'alcool, les acides ou les solutions salines. MM. Cross et Bevan (1) lui assignent la formule $C^{18}H^{26}O^{16}$. Elle est soluble dans l'acide sulfurique concentré.

(1) *Journal of the Chemical Society*, 1883, p. 22.

Traitée par l'acide azotique, l'oxycellulose donne naissance à un produit répondant à la formule $C^{18}H^{23}O^{16}(AzO^2)^3$, et que l'on prépare comme suit : l'oxycellulose gélatineuse est lavée à l'acide nitrique concentré jusqu'à complète élimination de l'eau et traitée ensuite par un mélange à volumes égaux d'acides sulfurique et nitrique concentrés, où elle se dissout rapidement. Après un repos d'une heure environ, la solution est versée en minces filets dans une grande quantité d'eau, où l'on voit l'oxycellulose nitrée se précipiter sous forme de flocons. Le produit, après dessiccation à 110° , renferme environ 6,48 pour 100 d'azote.

Nitroamidons. — L'amidon nitré est connu depuis 1832 : Braconnot préparait sous le nom de *xyloïdine* une poudre blanche, hygroscopique et très explosible, en traitant l'amidon par l'acide nitrique concentré. C'est Uchatius qui, le premier, a opéré la nitration en se servant du mélange des acides nitrique et sulfurique. Il appela *pyroxylane* la poudre blanche ainsi obtenue.

Si nous représentons l'amidon par une formule en C^{24} , par analogie avec la cellulose (¹), la xyloïdine répondra à



soit l'amidon octonitrique, renfermant 11, 11 pour 100 d'azote. Le Dr Mühlhäusen (²) a obtenu les amidons déca- et dodécanitriques, contenant respectivement 12,75 et 14,14 pour 100 d'azote.

De même que les nitrocelluloses, les nitroamidons sont des éthers nitriques : l'acide sulfurique concentré met l'acide nitrique en liberté. Le protochlorure de fer régénère l'amidon. Si on les agite avec de l'acide sulfurique sur du mercure, l'azote est éliminé totalement sous forme de deutoxyde d'azote.

La préparation industrielle de l'amidon nitré se réalise en

(¹) L'auteur se sert de formules en C^{12} . La formule de l'amidon, à proprement parler, est $n(C^6H^{10}O^5)$; jusqu'ici, la valeur de n n'est pas connue avec certitude.

(Note du traducteur.)

(²) *Dingler's Polytechnisches Journal*, vol. 284, p. 137; 1892. — Consulter également la livraison de décembre 1892 de la revue *Arms and Explosives*.

traitant la fécule de pomme de terre, que l'on soumet d'abord à complète dessiccation dans un appareil chauffé à 100°.

Elle est ensuite finement moulue, puis traitée par de l'acide nitrique de densité = 1,501. La dissolution s'opère dans un bassin en plomb, à circulation d'eau extérieure. La fécule est introduite par une ouverture que porte le couvercle, dans les proportions de 10^{kg} pour 100 d'acide. La température ne peut dépasser 20 à 25°. Un agitateur à hélice maintient sans cesse la masse en mouvement.

Lorsque la dissolution est terminée, le liquide passe dans une cuve à précipitation, qui est également à circulation d'eau extérieure. Cette cuve est remplie d'acide nitro-sulfurique ayant servi à la fabrication de la nitroglycérine. La solution y est introduite par un injecteur à air comprimé et l'amidon nitré se précipite sous la forme d'une poudre fine. 100^{kg} de solution nécessitent 500^{kg} d'acide.

L'amidon nitré est ensuite recueilli sur un filtre en fulmicoton placé dans un double fond ménagé à la partie inférieure de la cuve; le liquide passe et est évacué à l'aide d'un robinet placé au-dessous. On soumet le nitroamidon à des lavages réitérés sous pression, à l'effet d'éliminer complètement les acides.

La neutralité ayant été vérifiée, on traite le produit par une solution de soude à 5 pour 100, en présence de laquelle il reste pendant vingt-quatre heures au moins. Ensuite, il passe à la meule, où il est travaillé jusqu'à ce qu'il se présente sous forme d'une sorte d'émulsion. On ajoute alors un peu d'aniline et il passe enfin à la presse, d'où il sort renfermant environ $\frac{1}{3}$ d'eau et 1 pour 100 d'aniline.

Les produits que le Dr Mülhäusen a obtenus en appliquant au laboratoire ce procédé de fabrication renfermaient 10,96 et 11,09 pour 100 d'azote. A l'état pulvérulent, ils étaient d'un blanc de neige, très stables, solubles à froid dans la nitroglycérine et possédaient la propriété de s'électriser par le frottement. Le Dr Mülhäusen obtint des produits ne contenant que 10,50 et 10,58 pour 100 d'azote, en additionnant d'eau une solution d'amidon dans l'acide nitrique qui avait reposé pendant plusieurs jours. Leurs propriétés ne différaient en rien de celles des autres amidons nitrés.

Pour préparer l'amidon décanitrique, on introduit 20^{gr} d'amidon de riz, préalablement séché à 100°, dans un mélange renfermant 100^{gr} d'acide nitrique de densité = 1,501 et 300^{gr} d'acide sulfurique de densité = 1,8. Au bout d'une heure, la matière passe dans un récipient où se trouve une grande quantité d'eau. Elle est lavée ensuite, d'abord à l'eau pure, puis à la soude en solution étendue. Appliquant ce procédé, la quantité d'amidon nitré obtenue par le D^r Mühlhäusen fut de 147^{gr},5. Le produit contenait une petite proportion d'amidon octonitrique.

Si l'on chauffe ce composé en présence d'éther alcoolisé, celui-ci distille et l'amidon décanitrique se précipite, tandis que l'amidon octonitrique prend naissance et reste en solution alcoolique. Au moyen de ce traitement, on a pu obtenir des composés à 12,76 et 12,98 pour 100 d'azote, alors que l'amidon octonitrique soluble n'en contient que 10,45 pour 100.

On obtiendra une proportion élevée d'amidon dodécانيتrique en traitant 40^{gr} d'amidon desséché par 400^{gr} d'acide nitrique de densité = 1,501. On laisse la réaction se compléter pendant vingt-quatre heures, puis on verse 200^{gr} de la matière dans 600^{cc} d'acide sulfurique à 66° B. Il se forme un précipité blanc, constitué d'un mélange des produits de nitration les plus élevés. L'emploi de ce procédé a permis l'obtention de teneurs en azote égales à 13,22 et 13,53 pour 100.

Il résulte des expériences auxquelles on a soumis les nitro-amidons que les composés obtenus par la précipitation à l'aide de l'acide sulfurique concentré sont moins stables que les produits précipités par l'eau ou bien l'acide faible. D'après le D^r Mühlhäusen, il est vraisemblable que l'instabilité soit due, dans le premier cas, à la formation de composés sulfurés.

Le Tableau suivant montre combien peuvent varier les propriétés des nitro-amidons d'après leur mode de préparation :

PRÉPARATION.	POINT d'inflamma- tion.	STA- BILITÉ.	TENEUR en azote pour 100.	SOLUBILITÉ.				
				Alcool 96°.	Éther.	Éther alcoolisé	Éther acétique.	
1 partie Az O ² H +	2 p. SO ⁴ H ² (renfermant 70 pour 100 d'eau)....	175°	Stab.	11,02	Sol.	Insolubles.	Solubles.	Solubles.
	Eau	170°	Stab.	10,54	Sol.			
	3 p. SO ⁴ H ² concentré..	152°	Inst.	12,87	Ins.			
	3,5 p. SO ⁴ H ² concentré..	121°	Inst.	12,59	Ins.			
	3 p. SO ⁴ H ² concentré..	155°	Inst.	13,52	Ins.			

Les nitroamidons peuvent être employés, d'après le Dr Mülhäusen, à la confection d'une excellente poudre sans fumée, dont il indique le mode de préparation : on mélange 6^{gr} de jute nitré avec 2^{gr} de nitroamidon et l'on additionne d'éther acétique. Après avoir formé du tout une pâte bien homogène, on dessèche à la température de 50° à 60°. Le produit obtenu par le Dr Mülhäusen, très stable, renfermait 11,54 pour 100 d'azote.

D'après M. Berthelot, la chaleur de formation de l'amidon azotique, depuis ses éléments, est de 812^{cal} pour 1^{gr}, si l'on admet avec M. Rechenberg que la chaleur de combustion totale de l'amidon est égale à + 726^{cal}. La chaleur de combustion totale de l'amidon azotique est de 3413^{cal} pour 1^{gr}. Quant à sa chaleur de décomposition, elle ne pourrait être calculée que si les produits de la décomposition étaient donnés; or, ils n'ont pas été étudiés jusqu'ici et la dose d'oxygène est loin de suffire pour une combustion totale.

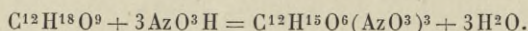
MM. Berthelot et Vieille ont trouvé, lors d'expériences relatives à la vitesse de détonation de l'amidon nitré, les chiffres de 5222^m et 5674^m, sous une densité de chargement = 1,2, dans des tubes d'étain de 4^{mm} de diamètre extérieur; la vitesse s'élevait à 5816^m pour un diamètre de 5^{mm}, et se réduisait à 5006^m dans un tube en plomb.

Les pyroxyles à base d'amidon sont hygroscopiques, insolubles dans l'eau et dans l'alcool. Ils sont très explosibles lorsqu'ils sont secs et s'enflamment vers 173°.

Le traitement de la dextrine et de l'amidon nitrés en vue d'obtenir un succédané de la poudre ordinaire a fait l'objet d'un brevet pris en 1888 par Alfred Nobel. Ces matières, qu'il additionne de nitro-cellulose, sont dissoutes dans l'acétone, que l'on élimine ensuite par distillation. Finalement, le produit est travaillé de manière à acquérir une parfaite homogénéité (1).

Nitrojutes. — Les propriétés de ces composés, analogues en principe aux nitrocelluloses, ont été étudiées par MM. Cross et Bevan (2), ainsi que par le D^r Mülhâusen. Le chimiste allemand effectue la nitration par un mélange, à parties égales, d'acides sulfurique et nitrique. Au bout de trois à quatre heures se produit la désagrégation des fibres ainsi que la nitration, accompagnée de la formation de produits secondaires, solubles dans le liquide.

D'après MM. Cross et Bevan, le produit de nitration maximum correspond à une augmentation en poids de 51 pour 100. Ils représentent le jute par la formule empirique $C^{12}H^{18}O^9$ et la réaction comme suit :



L'augmentation en poids est de 44 pour 100. Le produit de nitration maximum correspondrait au jute tétranitrique (analogue à la cellulose octonitrique) et à une augmentation en poids de 58 pour 100.

Trois expériences, effectuées chacune sur 100^{gr} de jute, donnèrent respectivement 144^{gr}, 4, 153^{gr}, 3 et 154^{gr}, 4 de nitro-jute, les mélanges acides étant composés comme suit :

1° AzO^3H (densité = 1,43) et SO^4H^2 (densité = 1,84); volumes égaux.

2° AzO^3H (densité = 1,50) et SO^4H^2 (densité = 1,84); volumes égaux.

3° 1 volume AzO^3H (densité = 1,50) et 0,75 volume SO^4H^2 (densité = 1,84).

Durée de l'opération : trente minutes; température : 18°.

(1) Brevet anglais n° 6560.

(2) *Journal of the Chemical Society*, 1889, p. 199.

Les produits obtenus renfermaient 10,5 pour 100 d'azote. Théoriquement, le jute trinitrique correspond à 9,5 pour 100 et le produit tétranitrique à 11,5 pour 100.

Le Dr Mülhâusen, dans une Note récente relative au nitro-jute, indique le mode de préparation suivant (1) : Les fibres sont d'abord épurées par l'ébullition en présence d'une solution au $\frac{1}{100}$ de carbonate de soude, puis lavées à l'eau. Ensuite, on les trempe dans le mélange acide où s'opère la nitration, les proportions étant de 1 partie de jute pour 15 de liquide.

Trois expériences, faites avec des mélanges renfermant 1, 2, 3 parties d'acide sulfurique pour 1 partie d'acide nitrique et une quatrième faite au moyen de jute finement cardé et du mélange $\frac{1}{2}$, donnèrent respectivement les résultats suivants :

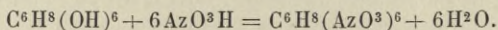
Rendement.	Point d'inflammation.	Azote.
129,5	170°	11,96 pour 100
132,2	167°	12,15 »
135,8	169°	11,91 »
145,4	162°	12 »

Le nitro-jute ne se fabrique pas sur une grande échelle. Ainsi que le font observer MM. Cross et Bevan, ce composé n'offre point d'avantages spéciaux : le prix de la matière première dépasse celui de la cellulose; d'autre part, le rendement est peu satisfaisant, de même que la qualité du produit obtenu.

Nitromannite. — La mannite existe toute formée dans les oignons, les asperges, les céleris, les champignons et surtout dans la sève de certains frênes. Cette sève se concrète à l'air et produit la manne du commerce, qui sert à préparer la mannite. La mannite se produit aussi quand les substances sucrées subissent la fermentation visqueuse. Il y a formation de mannite par l'action de l'hydrogène naissant (amalgame de sodium) sur la lévulose ou la dextrose. C'est un corps cristallisé en prismes rhomboïdaux droits, d'un éclat soyeux. Sa saveur est faiblement sucrée. Il est soluble dans l'eau et l'alcool aqueux. Sa formule est $C^6H^8(OH)^6$.

(1) *Chemiker Zeitung*, t. XXI, p. 163.

La nitromannite cristallise en fines aiguilles blanches. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther et dans l'alcool. Son point d'inflammation est à 190°; chauffée rapidement, elle fait explosion à 315°. La nitromannite, que l'on considère comme un éther nitrique de la mannite, a pour formule $C^6H^8(AzO^3)^6$. Sa formation correspond à la réaction suivante :

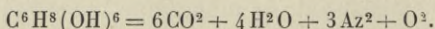


La nitromannite répond, comme composition centésimale, à

Carbone	15,9
Hydrogène.....	1,8
Azote.....	18,6
Oxygène.....	63,7

Elle fond à 112°-113° et se solidifie à 93°. Préparée avec soin et purifiée par recristallisation dans l'alcool à l'effet d'éliminer les produits inférieurs de nitration, ce produit possède une stabilité extraordinaire : plusieurs échantillons furent conservés pendant onze années sans avoir subi aucune altération. Si la pureté n'est pas parfaite, la décomposition spontanée est à redouter.

L'explosion de la nitromannite correspond à l'équation suivante :



Sa puissance explosive est énorme; mais la nitromannite présente l'inconvénient d'être trop sensible : elle fait explosion par le choc de cuivre sur fer ou sur cuivre et même porcelaine sur porcelaine, s'il est d'une violence suffisante. La chaleur de formation depuis ses éléments est de 346^{cal} pour 1^{er} (Rechenberg) ou de 365^{cal} (Sarrau et Vieille).

La nitromannite n'est pas fabriquée industriellement; outre sa trop grande sensibilité, elle est d'un prix très élevé.

A côté des composés nitrés que nous venons de passer en revue, il en est d'autres qui présentent une importance beaucoup moindre. Citons à ce titre la *nitrocolle*, que l'on prépare comme suit : après avoir laissé digérer dans l'eau de la colle ou de la glu épaisse, on solidifie par l'acide nitrique et l'on nitrate ensuite comme à l'ordinaire.

Le pyroxyde obtenu par la nitration du bois constitue la base de la *poudre blanche de Schultze*; la *fulmipaille* sert à préparer les dynamites qu'on appelle *paléines*. Ces composés ne diffèrent point des nitrocelluloses.

On emploie également les produits de nitration des glucoses ou des sucres : *l'explosif Keil* est à base de *nitroglucose*. La *nitromélasse*, brevetée par M. Gilles en 1884, s'obtient en nitrant de la mélasse ou des résidus de mélasse préalablement épurés par du peroxyde de plomb ou du sulfure de carbone. C'est un liquide jaunâtre, que l'on peut employer seul ou mélangé avec des absorbants.

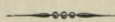
La nitration du sucre donne un composé blanc, d'aspect analogue au sable, soluble dans l'alcool et dans l'éther. Il ne cristallise pas s'il provient du sucre de canne, tandis qu'il cristallise s'il provient du sucre de lait. Il est très hygroscopique et présente une trop grande sensibilité explosive; parfois même, il peut se décomposer spontanément.

La *glukodine* est un liquide blanchâtre produit par la nitration d'une solution saturée de sucre de canne dans la glycérine. Le produit de la nitration du sirop de sucre est la *nitroline*; additionnée de cellulose, de salpêtre et de chlorate de potasse, elle constitue la *vigorite*. La nitrolactose constitue la base d'une autre poudre chloratée que l'on appelle la *romite maritime*.

Citons également le brevet pris par M. Kolf, de Bonn, en 1890, relatif à la nitration de substances telles que les farines de céréales, drèches, mousse des bois ou mousse d'Islande, aiguilles des conifères, tourteaux, résidus d'amidonnerie, de féculerie, de brasserie, de distillerie, etc.

M. Guttler préconise le mélange des pyroxydes avec des hydrocarbures aromatiques nitrés. Le produit obtenu, qu'il appelle *plastomérite*, peut s'employer seul ou mélangé à des nitrates, chlorates, picrates, etc.

On emploie également les produits de nitration de la houille, du goudron et de bien d'autres substances encore. Parmi ces composés, il en est fort peu qui aient fait l'objet d'applications industrielles.



CHAPITRE V.

DÉRIVÉS NITRÉS DES COMPOSÉS AROMATIQUES; FULMINATES, AMORCES, ETC.

Généralités. — Les dérivés nitrés des composés aromatiques : benzine, toluène, phénol, naphtaline, entrent pour une part importante dans la composition des matières explosibles. Les hydrocarbures du groupe de la benzine sont des liquides incolores, très réfringents, d'une odeur pénétrante, brûlant avec une flamme éclairante et très fuligineuse. Ils sont insolubles dans l'eau et moins denses que ce liquide; solubles dans l'alcool et dans l'éther. Sous l'action de l'acide sulfurique concentré, ils donnent naissance à des dérivés sulfoniques. L'action directe de l'acide azotique concentré ou d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique concentrés donne des dérivés nitrés par la substitution de 1, 2, 3 fois le radical monovalent nitryle (AzO^2) à autant d'atomes d'hydrogène.

La benzine (C^6H^6) fut découverte par Faraday en 1825. C'est Hofmann qui, le premier, la retrouva dans le goudron de gaz, en 1845. On obtient industriellement ce composé par la distillation sèche de l'acide benzoïque ou de l'acide phtalique avec la chaux.

La benzine ordinaire du commerce renferme du thiophène ($\text{C}^4\text{H}^4\text{S}$), dont on la débarrasse en l'agitant en présence d'acide sulfurique. Elle bout à 79° ; sa densité à 0° est 0,9. Elle dissout aisément les corps gras, résineux, le soufre, le phosphore, etc.

Les dérivés mono-chloré, bromé et iodé de la benzine sont des liquides incolores, dont l'odeur est caractéristique. On connaît également les dérivés provenant de la substitution de 2, 3, 6 atomes de chlore ou de brome à autant d'atomes

d'hydrogène, ainsi que les mono- et di-chloro-toluènes et bromotoluènes, et leurs isomères.

Les dérivés nitrés des hydrocarbures du groupe de la benzine font l'objet du Tableau suivant, extrait de la *Chimie organique* du Dr Bernthsen :

$C^6H^5(AzO^2)$. Nitrobenzine. Liquide. Température d'ébullition : 206°.	$C^6H^4(AzO^2)^2$. Ortho méta et para- dinitrobenzines. Solides. Températures de fusion : 118°, 90° et 172°.	$C^6H^3(AzO^2)^3$. Trinitrobenzine. Solide. Fond à 121°.
$C^6H^4(CH^3)(AzO^2)$. Ortho méta et para nitrotoluènes. Température d'ébullition : 218°, 230° et 234°. Le troisième est solide.	$C^6H^3(CH^3)(AzO^2)$. Nitroxyène. Liquide.	$C^6H^2(CH^3)(AzO^2)$. Nitromésitylène. Solide.
$C^6H^3(CH^3)(AzO^2)^2$. Dinitrotoluènes.	$C^6H^4Cl(AzO^2)$. Nitrochlorobenzine.	$C^6B^4(AzO^2)^2$. Tétrabromodinitrobenzine.

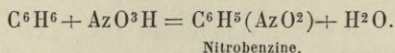
Ces composés, solides ou liquides, sont jaunes en général, et jouissent d'un pouvoir colorant considérable. Facilement combustibles, ils peuvent devenir explosibles par l'action de la chaleur ou du choc. Ils sont plus lourds que l'eau. Sensiblement insolubles dans ce liquide, ils se dissolvent, pour la plupart, dans l'alcool, l'éther et l'acide acétique concentré.

Nitrobenzines. — La mononitrobenzine fut découverte par Mitscherlich en 1837. C'est un liquide jaunâtre, très réfringent, d'une densité de 1,2 à 0°, cristallisable en grosses aiguilles à +3°, et doué d'une odeur agréable d'amandes amères. Elle bout à 205°-206°.

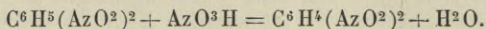
L'acide nitrique fumant, par une ébullition prolongée, la transforme en dinitrobenzine, dont les trois modifications isomériques (*voir* p. 2) prennent naissance dans cette réaction. Par cristallisation dans l'alcool, on obtient pure la modification *méta*, sous forme de longues aiguilles incolores.

C'est d'ailleurs celle qui se produit surtout dans la réaction que nous venons d'indiquer. La modification *ortho* cristallise en minces tables rhombiques; *para*, en aiguilles. Elles sont incolores toutes deux.

La préparation des dérivés nitrés des hydrocarbures du groupe de la benzine est très simple. Il suffit de les mettre en contact avec l'acide nitrique concentré :



L'action de l'acide nitrique sur le composé obtenu donne la dinitrobenzine :



Ces dérivés nitrés ne sont pas des éthers azotiques, de même que la nitroglycérine ou les pyroxyles.

Au laboratoire, on peut préparer la nitrobenzine comme suit : on mélange 150^{cc} d'acide sulfurique et 75^{cc} d'acide nitrique; de même que pour les autres espèces de nitrations, l'acide sulfurique ne prend aucune part directe à la réaction; il sert simplement à absorber l'eau formée, de manière à empêcher l'acide nitrique de s'affaiblir. Le vase dans lequel se trouve le mélange ayant été placé dans de l'eau froide, on y verse 15^{cc} à 20^{cc} de benzine. Il faut avoir soin de les ajouter goutte à goutte, en laissant à la nitration le temps de s'effectuer progressivement; la masse doit être agitée durant tout le cours de l'opération.

Lorsque la nitration est terminée, on transvase le liquide dans un récipient contenant environ 1^{lit} d'eau froide; la nitrobenzine se dépose au fond. On décante et on lave deux ou trois fois à l'eau; puis, on sèche au moyen d'un peu de chlorure de calcium granulé. Après un peu de repos, le produit est finalement soumis à la distillation.

Pour préparer la dinitrobenzine, on se sert d'un mélange contenant 50^{cc} d'acide nitrique et autant d'acide sulfurique. On y verse lentement 10^{cc} de benzine, au moyen d'une pipette, sans qu'il soit nécessaire de réfrigérer. Lorsque la réaction est terminée, on fait bouillir la masse pendant quelques

instants; puis, on transvase dans un récipient contenant un demi-litre d'eau, on filtre et l'on passe entre des feuilles de papier à filtrer les cristaux recueillis. Pour finir, on fait recristalliser dans l'alcool.

Industriellement, la fabrication de la nitrobenzine était réalisée, à l'origine, de la manière suivante : des récipients, d'une contenance d'un gallon (4^{lit}, 54) et rangés sur une table, contenaient une à deux livres de benzine (450^{gr} à 900^{gr}). Les acides étaient versés successivement dans chacun d'eux, par petites portions, jusqu'à ce que la nitration fût terminée. Ce procédé, qui fut appliqué pour la première fois en Angleterre dès 1856, par MM. Simpson, Maule et Nicholson, de Kennington, dut être abandonné par suite du danger qu'il présentait.

Actuellement, la nitration s'opère dans des cylindres verticaux en fonte, d'un diamètre de 4 pieds environ (1^m, 20) et d'une hauteur égale. Chacun de ces cylindres porte un couvercle percé de plusieurs ouvertures, dont l'une livre passage à la tige d'un agitateur et les autres aux tuyaux d'amenée de la benzine et du mélange acide. La périphérie du couvercle, de même que chacune des ouvertures, porte un rebord élevé. Ce rebord sert à maintenir jusqu'à une certaine hauteur une quantité d'eau dont on règle l'écoulement de manière à assurer une réfrigération constante de l'appareil. Le rebord extérieur est percé de plusieurs ouvertures; par suite l'eau, lorsqu'elle atteint leur niveau, s'écoule sur les parois des cylindres; elle en baigne également le pied, entouré d'une sorte de rigole en fonte.

Un système d'arbres et de roues dentées permet d'embrayer ou de débrayer à volonté chacun des agitateurs dont les cylindres sont munis. Au-dessus de chaque cylindre est disposé un réservoir en fonte ou en grès qui contient le mélange acide.

L'atelier où se pratique la nitration ne possède point d'étages; la toiture est légère et les murs en brique dure. Le plancher a une épaisseur de 9 à 12 pouces (225^{mm} à 300^{mm}); une couche de brai le préserve du contact des acides. Une pente légère permet de recueillir, dans une rigole *ad hoc*, la nitrobenzine qui pourrait s'épandre. Des bouches à incendie

doivent être placées en plusieurs points de cet atelier. En cas de nécessité, il faut que l'on puisse immédiatement le remplir de vapeur; à cet effet, on dispose un tuyau de 0^m,05 de diamètre, dont on a soin de placer le robinet à l'extérieur de l'atelier. La chambre de nitration doit être éloignée autant que possible de tout autre bâtiment.

Les acides sont mélangés à l'avance et réfrigérés avant d'être employés. L'acide nitrique est de densité = 1,388, exempt de produits inférieurs de nitration. L'acide sulfurique est de densité = 1,845 (95 à 96 pour 100 de monohydrate). Les proportions employées sont de 100 parties d'acide nitrique, 140 d'acide sulfurique et 78 de benzine.

La benzine ayant été introduite dans le cylindre, on ouvre le robinet qui commande la réfrigération, on embraye l'agitateur, puis on laisse écouler le mélange acide sous forme d'un mince filet. Lorsque la totalité de l'acide s'est écoulée, on arrête la réfrigération et on laisse la température s'élever un peu, jusqu'à 100° environ; puis on la reprend.

Si l'on se trouve obligé d'arrêter la marche de l'agitateur, même momentanément, il faudra fermer d'abord le robinet donnant accès au mélange acide, puis laisser fonctionner l'agitateur pendant un certain temps encore; la réaction est d'une violence telle que, si l'écoulement des acides se continuait au sein de la masse en repos, il en résulterait une élévation de température suffisante pour provoquer l'inflammation du liquide. De tels accidents, d'ailleurs, ne sont pas rares.

La durée de la nitration est de huit à dix heures, pendant lesquelles ni l'agitation, ni la réfrigération du mélange ne peuvent être interrompues. La nitration est terminée lorsque la température cesse de monter. On désembraye alors l'agitateur et on laisse la masse refroidir, en même temps que les liquides se superposent par ordre de densités. Ayant évacué la couche d'acides déposée à la partie inférieure, on lave soigneusement la nitrobenzine à l'eau; parfois, on la distille à l'aide de vapeur humide, afin d'éliminer la benzine et les traces de paraffine (0,5 pour 100 environ au total) qu'elle peut contenir encore.

Dans la plupart des fabriques anglaises, chaque nitration porte sur 100 à 200 gallons de benzine (454 à 908^{lit}); pour la

fabrication des explosifs, il arrive fréquemment que l'on emploie de préférence le toluène, la nitrobenzine étant réservée plutôt pour les usages de la parfumerie (essence de mirbane). En outre, la nitrobenzine sert à la fabrication de l'aniline, que l'on obtient par l'action des agents réducteurs.

Quant aux acides non utilisés, ils ont une densité de 1,6 à 1,7 et renferment un peu de nitrobenzine et d'acide oxalique. On les concentre dans des cuves en fonte et on les utilise à nouveau.

Si, au lieu de la nitrobenzine, on désire obtenir la dinitrobenzine, il faut employer une quantité double d'acide. L'opération se fait en deux phases, ce qui revient à nitrater la nitrobenzine obtenue dans la première des deux. A cet effet, la réfrigération ayant été suspendue après écoulement de la quantité d'acide propre à l'obtention de la nitrobenzine, on laisse arriver immédiatement une seconde quantité d'acide égale à la première. Une notable formation de vapeurs de nitrobenzine, de dinitrobenzine et d'acides résulte de l'élévation de la température. Ces vapeurs sont reçues dans un appareil condenseur en grès, séparées, puis lavées successivement à l'eau froide et à l'eau chaude. La dinitrobenzine étant légèrement soluble, il convient de garder les eaux de lavage afin de les employer à nouveau.

Le lavage terminé, la substance se dépose et on la laisse écouler, encore chaude, dans des bacs en fer où elle se solidifie sous forme de blocs de 0^m,05 à 0^m,10 d'épaisseur. Ainsi que nous l'avons vu, le produit obtenu renferme les trois modifications isomériques de la dinitrobenzine. C'est la modification *méta* qui se forme en plus grande quantité : la température de fusion de la dinitrobenzine du commerce est de 85 à 87°, très rapprochée de celle de la méta-dinitrobenzine, alors que celles des deux autres modifications isomériques sont de 118 et 172°.

La fabrication du dinitrotoluène est analogue à celle que nous venons de décrire; quant à la trinitrobenzine, sa production exige l'emploi d'un grand excès d'acides.

Roburite. — La roburite (*brevet anglais*, n° 267^A, 1887) se présente sous la forme d'une poudre jaune brunâtre, dégageant l'odeur caractéristique de la nitrobenzine. Sa densité est 1,40.

Cet explosif, dû au chimiste allemand Dr Carl Roth, se compose, suivant le principe de Sprengel, de deux substances qui ne sont pas explosibles si on les prend isolément et le deviennent par suite du mélange. Ces deux substances sont l'azotate d'ammoniaque et la dinitrochlorobenzine. Celle-ci peut être remplacée par la trinitrochloronaphtaline. Le produit est additionné ou non de salpêtre, de nitrate de soude ou de sulfate d'ammoniaque.

La formule de la dinitrochlorobenzine est $C^6H^3Cl(AzO^2)^2$; elle renferme théoriquement 13,82 pour 100 d'azote et 17,53 pour 100 de chlore. D'après le Dr Roth, la présence du chlore augmente la vitesse de l'explosion, ainsi que la puissance du produit.

La roburite brûle sans faire explosion sous l'action de la flamme ou de l'étincelle électrique; elle est insensible au choc, à la pression, à la friction, etc. Si une cartouche de roburite ou bien une couche de ce produit est soumise au choc d'un marteau lourd et s'il s'ensuit une explosion, elle se trouvera localisée au point même où elle s'est produite, sans s'étendre aux parties voisines. Si l'on mélange de la roburite avec de la poudre noire à laquelle on met le feu, la roburite est projetée intacte. Le seul moyen d'en provoquer l'explosion consiste à employer une capsule chargée d'un gramme de fulminate de mercure.

La roburite peut être considérée, en somme, comme un explosif dont la manipulation est pratiquement exempte de danger.

L'emploi de la roburite est recommandable dans les charbonnages grisouteux. La sécurité, que l'on ne peut considérer comme absolue, est subordonnée d'ailleurs au mode de bourrage ainsi qu'au mode d'allumage de la mine (1). Il

(1) « L'avantage caractéristique de la roburite, dit l'auteur, c'est que sa température de détonation est tellement basse qu'un bourrage très léger est suffisant si l'on mine dans une atmosphère grisouteuse présentant les conditions de danger maxima et que, même, tout bourrage est inutile si les poussières de houille seules sont en présence. »

Nous ne pourrions laisser passer de telles assertions sans protester formellement. Laisant provisoirement de côté les restrictions qu'il y a lieu de formuler quant au degré réel de sécurité, restrictions sur lesquelles nous reviendrons ci-

faut que le bourrage soit de longueur et de compacité suffisantes, strictement exempt de poussière de houille et de toute autre matière combustible; l'argile humide est d'un emploi pratique. A cet égard, l'article 5 de l'arrêté ministériel au 1^{er} août 1890 s'exprime comme suit :

« Le bourrage sera fait soigneusement avec des matières plastiques, de manière à éviter le débouillage; la hauteur n'en sera pas inférieure à 0^m,20 pour les premiers 100^{gr} de la charge, avec addition de 0^m,05 pour chaque centaine de grammes ajoutée; on ne sera toutefois jamais obligé de dépasser 0^m,50.

» La détonation de la cartouche sera provoquée par une capsule fulminante assez énergique pour assurer la détonation de l'explosif, même à l'air libre. »

Il faudra s'abstenir d'employer comme cartouche-amorce un explosif plus sensible que la roburite, tel que la dynamite ou la gélinite, car la sécurité se trouverait compromise.

L'électricité s'impose en ce qui concerne l'allumage de la mine, la mèche de Bickford n'offrant pas une sécurité suffisante en présence du grisou ou des poussières de houille. Nous décrivons ci-après ces deux modes d'allumage.

L'emploi des explosifs en présence du grisou et des poussières de houille constitue un problème des plus redoutables qui a fait l'objet de maintes recherches. Malgré les solutions si nombreuses que l'on a présentées et dont un certain nombre constituent un progrès réel, on ne peut considérer ce problème comme résolu.

L'azotate d'ammoniaque est le principe d'un certain nombre d'explosifs : roburite, bellite, sécurite, explosif Favier, qui ont été préconisés à ce sujet. La sécurité est basée sur le peu d'élévation de la température à laquelle se produit la décomposition explosive de ce sel. Or, d'une part, la détermination de cette température est basée sur un calcul dont les données présentent une approximation qui est loin d'être

après, nous pensons que l'on commettrait un acte hautement répréhensible si l'on s'avisait d'employer n'importe quel explosif dans un milieu dangereux sans observer toutes les mesures que commande la prudence ou simplement la raison.

(Note du traducteur.)

établie. D'autre part, il est de toute évidence que ce calcul n'a de sens que si le mode de décomposition auquel il se rapporte est effectivement réalisé, et l'azotate d'ammoniaque présente la particularité de pouvoir subir huit modes de décomposition différents ⁽¹⁾; la décomposition incomplète de ce sel se trouve favorisée d'ailleurs par son manque d'aptitude explosive.

Dans le Tableau suivant, où la deuxième colonne indique les températures de détonation des explosifs désignés dans la première, la quatrième donne les températures *calculées* que l'on obtient par l'addition pour 100 des quantités d'azotate d'ammoniaque indiquées dans la troisième.

NOMS DES EXPLOSIFS.	TEMPÉ- TURES d'explosion.	AZOTATE d'am- moniaque.	TEMPÉ- RATURES obtenues.
Nitroglycérine.....	3200°		
Dynamite-gomme (8 pour 100 coton nitré).	3090°	88	1493°
Dynamite (25 pour 100 silice).....	2940°	80	1468°
Coton-poudre.....	2650°	90,5	1450°
	2060°		
Nitrate d'ammoniaque.....	1130°		

La circulaire annexée à l'ordonnance ministérielle du 1^{er} août 1890 préconise un certain nombre de compositions explosibles à base d'azotate d'ammoniaque. Il ne sera pas sans intérêt, croyons-nous, de signaler ici, d'après les conclusions adoptées par le Comité de l'Institut des Ingénieurs des mines du Nord de l'Angleterre, les réserves qu'il y a lieu de formuler quant à l'emploi des *explosifs de sûreté*. Elles résument, à notre sentiment, l'état actuel de la question.

1^o Les explosifs brisants : ammonite, poudre d'Ardeer ⁽²⁾, bellite, carbonite, roburite, sécurite et westphalite, donnent lieu, par leur détonation, à la production de flammes.

(1) BERTHELOT, *Sur la force des matières explosives*, t. I, p. 20 et 364.

(2) Explosif analogue à la grisoutite (dynamite additionnée de carbonate de magnésie).

2° Les explosifs brisants sont susceptibles d'enflammer des mélanges d'air et de grisou, ou d'air et de poussières de charbon, ou d'air, de grisou et de poussières; par conséquent, leur emploi n'est pas d'une sécurité absolue dans les endroits où existent de semblables mélanges.

3° Ces explosifs sont, moins que la poudre noire, susceptibles d'enflammer ces mélanges.

4°

5° Il importe que l'examen minutieux des endroits où l'on va miner et toutes les autres précautions recommandées lorsqu'il s'agit de miner à la poudre noire, soient également imposés lorsqu'on mine aux explosifs brisants.

6° Il ne faut pas perdre de vue, en employant les explosifs brisants, qu'on a simplement diminué le danger, mais qu'on ne l'a pas supprimé.

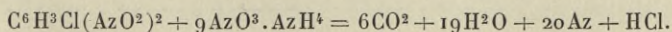
7° Eu égard aux changements qui interviennent dans la composition de ces substances, il est désirable que le nom de l'explosif soit indiqué sur l'enveloppe de chaque cartouche, ainsi que la date de la fabrication et la composition exacte du produit.

8° Eu égard aux altérations qu'un emmagasinage défectueux fait subir à ces explosifs, il est nécessaire d'apporter à leur emmagasinage tous les soins désirables.

Les explosifs à base d'azotate d'ammoniaque ne présentent pas de différences essentielles en ce qui concerne leur composition, leur mode de fabrication et leurs propriétés explosives. Insensibles à l'action du froid, ils présentent par contre l'inconvénient réel de se détériorer très aisément au contact de l'eau, par suite de la déliquescence de l'azotate d'ammoniaque.

La puissance de la roburite varie de deux et demie à quatre fois celle de la poudre, selon les applications que l'on a en vue. Son emploi est très répandu en Angleterre.

D'après le Dr Roth, la décomposition explosive de la roburite correspond à l'équation suivante :



M. Orsman, de l'*Imperial College*, dans une Note présentée à l'*University College* de Nottingham en 1893, indique

2100° comme température de détonation de cet explosif (1).

En ce qui concerne les produits de l'explosion, l'excès d'oxygène du nitrate prévient la formation de l'oxyde de carbone. Dans le Tableau suivant, M. Orsman résume le résultat des analyses auxquelles il a soumis les produits de la détonation de quelques explosifs. Les échantillons étaient de 10^{gr} et renfermés dans de solides cylindres en acier, d'un diamètre intérieur de 125^{mm}.

EXPLOSIFS.	VOLUMES des gaz formés, en c. c.	COMPOSITION CENTÉSIMALE.			
		CO ²	CO	CH ⁴ + H	Az
<i>Poudre noire.</i>					
Salpêtre	75 parties	2,214	51,3	3,5	41,7
Soufre	10 »				
Charbon de bois	15 »				
<i>Gélinite.</i>					
Nitroglycérine	56,5 »	4,980	25	7	67
Nitrocellulose	3,5 »				
Farine de bois	8,0 »				
Salpêtre	32,0 »				
<i>Tonite.</i>					
Nitrocellulose	»	3,750	30	8	62
Azotate de baryum	»				
<i>Roburite.</i>					
Nitrate d'ammonium	86 »	4,780	32		68
Chlorodinitrobenzine	14 »				
<i>Carbonite.</i>					
Nitroglycérine	25 »	2,100	19	15	26
Farine de bois	40 »				
Salpêtre	34 »				

(1) L'article 2 de l'arrêté ministériel du 1^{er} août 1890 assigne 1900° comme maximum en ce qui concerne la température de détonation des explosifs employés en roches, et 1500° pour les travaux en couches.

Des plaintes s'étant élevées, de la part de certains mineurs anglais, au sujet de troubles que l'on pouvait attribuer aux produits de l'explosion de la roburite, une Commission fut nommée à l'effet d'élucider la question. Cette Commission se composait des D^{rs} Hannah et Mouncey, ainsi que du professeur Dixon, membre de la *Royal Society*.

Un rapport des plus intéressants fut publié à ce sujet ⁽¹⁾.

Les questions à résoudre furent posées comme suit :

1^o La manipulation des cartouches de roburite est-elle de nature à exposer les ouvriers à l'action toxique du produit, par suite de son contact direct avec l'épiderme?

2^o L'explosion de la roburite peut-elle se produire sous forme de décomposition incomplète, susceptible de donner naissance à des particules solides de nitrobenzine ou de ses dérivés?

3^o L'explosion produit-elle des gaz délétères tels que l'oxyde de carbone, le deutoxyde d'azote et le chlore?

4^o Les troubles dont se plaignent les ouvriers sont-ils de nature à avoir été provoqués par une des causes qui précèdent?

Les auteurs font observer avec raison, au sujet de la première question, que le contact direct de l'explosif avec l'épiderme n'est nullement imposé pour l'amorçage et que, par suite, l'intoxication de ce chef provient d'un manque de précaution.

Les fumées produites en cas de raté partiel font l'objet de la deuxième question; elles ont d'autant plus d'importance que le charbon, dans ce cas, n'est pas abattu; elles demeurent donc dans les fissures produites par l'explosion et s'échappent au moment où l'ouvrier lui-même détache les blocs.

Pour élucider cette question, on prit une mine comme champ d'expériences, et la ventilation fut arrêtée à l'endroit où avait lieu l'explosion. Les produits engendrés passaient au travers de tampons en ouate de verre légèrement mouillés. La charge de roburite était de 8 onces (227^{gr}) et la quantité de gaz filtrée, de 10 pieds cubes (283^{lit}), pour la majeure partie

(1) *Wigan Observer*, 25 mai 1889.

Transaction of the Manchester Geological Society, vol. XX, p. 320; 1889.

des essais. C'est le dépôt restant dans le filtre que l'on soumettait à l'analyse.

D'autres essais furent effectués dans une chaudière en fer de 30 pieds (9^m, 14) de long et 5 pieds 6 pouces (1^m, 67) de diamètre, à l'effet de recueillir un dépôt plus notable dans le filtre. D'abord, les cartouches furent placées dans des tubes en plomb entourés de poussière de charbon. Dans ce cas, pas plus que dans le précédent, on ne put constater la présence de particules toxiques; mais il en fut autrement lorsque les cartouches détonèrent à l'air libre, sans aucun travail à effectuer.

Les auteurs en conclurent, avec raison, à l'importance du bourrage. Si l'on se place au point de vue de l'effet utile ou si l'on envisage la sécurité dans les milieux grisouteux ou poussiéreux, cette importance est plus grande encore.

La recherche du deutoxyde d'azote et de l'oxyde de carbone, qui fait l'objet de la troisième question, fut effectuée ensuite.

Pour déceler l'oxyde de carbone, on utilisa la réaction de ce gaz sur le chlorure de palladium : si un morceau de papier à filtrer est trempé dans une solution de chlorure de palladium, sa couleur jaunit. Exposé ensuite à l'action de l'oxyde de carbone, la teinte passe au rouge, fonce encore et arrive au noir si la quantité de gaz est assez élevée. Un papier-étalon, qui avait séjourné dans un gazomètre renfermant de l'air contenant 0,1 pour 100 d'oxyde de carbone, fut employé comme témoin.

L'oxyde de carbone fut également recherché au moyen du spectroscope, les produits de l'explosion étant filtrés sur de la ouate de verre et passant par un appareil laveur à la potasse caustique pour traverser ensuite une solution diluée de sang défibriné, que l'on soumettait à l'examen spectroscopique.

La présence de l'oxyde de carbone fut constatée chaque fois que l'explosion des cartouches de roburite était provoquée dans des trous forés au sein d'un gros bloc de houille, mais on n'en découvrit pas lorsque les cartouches étaient placées dans des tubes en plomb. Les auteurs en déduisirent que la présence de l'oxyde de carbone était due à l'action des gaz chauds engendrés par l'explosion sur le charbon environnant; ils en conclurent que tout explosif produisant de l'acide carbonique devait donner naissance également à de l'oxyde

de carbone si on l'employait à l'abatage de la houille (1).

La recherche du deutoxyde d'azote fut effectuée au moyen du papier ioduré qui, sous l'action du peroxyde d'azote, prend la coloration caractéristique produite par la mise en liberté de l'iode (le deutoxyde se peroxyde par son contact avec l'air). On ne put découvrir de deutoxyde d'azote ni de chlore.

En ce qui concerne les troubles constatés chez les ouvriers : somnolence, battement des artères temporales, etc., les auteurs divisèrent les mineurs en deux groupes : les uns, ayant manipulé la roburite, étaient intoxiqués par absorption directe ou par inhalation ; les autres, placés sur le passage des fumées toxiques, les aspiraient partiellement.

L'action de l'oxyde de carbone varie avec l'état de santé des individus et, spécialement, celui des poumons ; elle sera moins sensible s'ils sont très sains, car l'oxygène pourra combattre plus efficacement les effets du poison.

Les conclusions du rapport ne sont pas spéciales au cas dont il s'agit, et il ne sera pas sans intérêt de le rappeler :

1° Le maniement des cartouches devra être confié à des ouvriers spéciaux.

2° Le bourrage des coups de mine sera effectué avec un soin tout particulier.

3° L'aérage sera aménagé de manière que l'oxyde de carbone soit dilué dans une quantité d'air suffisante.

4° Les ouvriers ne pourront revenir à proximité de la mine avant qu'il se soit écoulé un délai suffisant pour permettre la dispersion des fumées dues à l'explosion.

La roburite fut également soumise à l'examen de la Commission spéciale du Durham (*voir p. 72*). Les expériences portèrent d'abord sur 5 $\frac{1}{2}$ livres (2^{kg}, 500), représentant 23 coups, sans que l'on décelât en rien l'oxyde de carbone. Une deuxième série d'expériences analogues engendra des

(1) Il est exact que l'anhydride carbonique, chauffé avec du carbone à une température élevée, se transforme en oxyde de carbone. Mais il ne nous semble guère démontré qu'une telle réaction puisse s'effectuer, même partiellement, pendant un temps aussi court que celui du contact entre l'anhydride carbonique et le charbon qui l'environne.

produits renfermant de 0,019 à 0,042 pour 100 d'oxyde de carbone dans l'atmosphère du retour d'air.

Les D^{rs} Hume et Drummond exprimèrent l'avis que les produits engendrés par l'explosion de la roburite ne pouvaient donner lieu à des désordres graves.

La décomposition explosive d'un composé peut engendrer, en cas de détonation fortuite ou incomplète, des produits extrêmement nuisibles. A ce titre, on peut citer tout d'abord le deutoxyde d'azote, qui se transforme en peroxyde par son contact avec l'air. Or ce composé est extrêmement toxique : il engendre la bronchite aiguë dont, souvent, aucun symptôme ne se manifeste avant plusieurs heures. Les soins médicaux s'imposent d'urgence.

S'il s'agit de combattre l'intoxication par l'oxyde de carbone, il faut pratiquer la respiration artificielle et, si possible, administrer de l'oxygène pendant quelques minutes. A cet effet, on introduira dans la bouche du malade le tuyau amenant le gaz, et l'on bouchera le nez à chaque inspiration. Il faudra que le malade soit couché dans un endroit très tranquille, et bien à l'abri de l'air froid.

La fabrication de la roburite est des plus simples : le nitrate d'ammoniaque, préalablement desséché et broyé, est placé dans un appareil où circule intérieurement de la vapeur chauffée à 80°. On ajoute la dinitrochlorobenzine, qui fond sous l'action de la chaleur, et l'on remue la masse avec soin jusqu'à l'obtention d'un mélange intime. Par suite de la fusion de l'hydrocarbure, il enrobe chaque particule de nitrate, ce qui exerce une action protectrice quant à l'influence de l'humidité. Après refroidissement, le produit est prêt à l'encartouchage. Eu égard à l'hygroscopicité du nitrate d'ammoniaque, la roburite doit être placée dans des cartouches paraffinées.

En Allemagne, la roburite se fabrique à Witten (Westphalie). La manufacture anglaise est installée, depuis 1888, à Gathurst, près de Wigan. Elle est très importante : la production journalière peut atteindre 10 tonnes (1) et le terrain

(1) D'après les renseignements qu'a bien voulu nous communiquer M. Krohn, secrétaire de la *Roburite Explosives Co L^d*, la production effective est de 4 tonnes

qu'elle occupe a une superficie de 30 acres (12 hectares). Il est traversé par un canal, qui sépare la partie chimique des ateliers de la partie explosive proprement dite. Pour les fournitures aux colonies, on expédie séparément les deux composantes de la roburite, que l'on mélange ensuite sur place. Cela augmente encore notablement la sécurité.

La *bellite* a été brevetée en 1886 par M. Carl Lamm, directeur de l'usine de Rôtebro, près de Stockholm. Sa fabrication est autorisée en Angleterre.

Cet explosif se compose de 4 à 5 parties de nitrate d'ammoniaque mélangées à 1 partie de bi- ou trinitrobenzine. Il ne diffère pas essentiellement de la roburite, en ce qui concerne les propriétés explosives; même sécurité quant à la manipulation. Chauffé à l'air libre, il perd sa consistance vers 90°; à 200°, il se vaporise sans faire explosion.

D'après M. Chalon, 0^{gr},5 de fulminate suffit pour provoquer l'explosion de la bellite. Cet explosif a été soumis, notamment en Suède, à de nombreuses expériences. Les résultats furent excellents, tant au point de l'effet utile que de la sécurité. Ce produit, à base d'azotate d'ammoniaque, est préconisé, comme explosif de sûreté, pour le minage en présence de grisou et de poussières de houille.

La fabrication de cet explosif est analogue, dans ses grandes lignes, à celle de la roburite.

La *sécurite*, brevetée en 1886 par le chimiste allemand Schöneweg, se présente sous l'aspect d'une poudre jaune qui possède de la dinitrobenzine l'odeur caractéristique. De même que la roburite et la bellite, elle se compose d'un nitrate minéral (potasse ou ammoniaque) mélangé à un hydrocarbure nitré (bi- ou trinitrobenzine) avec ou sans addition d'oxalate d'ammoniaque.

La *sécurite* était fabriquée à Denaby, près de Sheffield, par la *Flameless Explosives Company Limited*, ainsi qu'à Rottweil (Allemagne).

Le type dénommé *sécurite n° 1* était simplement un mé-

par jour. La manufacture de Gathurst est outillée de manière à pouvoir réaliser réellement une production journalière de 10 tonnes.

(Note du traducteur.)

lange de 5 parties de salpêtre avec 1 de méta-dinitrobenzine. Pour obtenir la sécurite n° 2, on ajoutait à 91 parties de sécurite n° 1 9 parties d'un mélange comprenant 2 parties de salpêtre pour 1 d'oxalate d'ammoniaque.

La sécurite n° 2 présentait donc la composition centésimale suivante :

Salpêtre.....	81,83
Méta-dinitrobenzine.....	15,17
Oxalate d'ammoniaque.....	3

En principe, la fabrication de la sécurite ne diffère pas de celle des explosifs que nous venons d'examiner. Le magasin où se trouve déposée la dinitrobenzine doit être affecté exclusivement à cet usage, et il convient de l'isoler autant que faire se pourra.

Il est nécessaire d'observer des mesures très strictes à l'effet de prévenir l'intoxication par la dinitrobenzine (1). Comme ces mesures sont applicables à tous les composés nitrés, il ne sera pas sans intérêt de les rappeler ici :

L'absorption de ces composés peut s'opérer par simple contact avec l'épiderme ou bien par l'intermédiaire des voies respiratoires. Le premier de ces modes d'absorption a causé plus d'un accident fatal. Il importera d'éviter soigneusement le contact direct ou, si la chose est impossible, de procéder sans retard à un lavage minutieux. En cas de céphalalgie

(1) L'action de la nitrobenzine est telle qu'il est très difficile de la combattre, en dépit des mesures de précaution les mieux conçues. Un de nos collègues, appelé à diriger la fabrication d'un explosif renfermant une certaine proportion de ce composé, donne à cet égard les renseignements suivants : « Je ressentais des douleurs lombaires, des douleurs musculaires dans les jambes, principalement dans les mollets, une lassitude extrême, un malaise général comparable à l'état d'un homme qui eût été roué de coups, des maux de tête variant entre une simple pesanteur et une migraine assez forte.

» Mêmes symptômes au début chez les ouvriers, mais avec aggravation rapide : on constatait des désordres du côté du foie; les hommes prenaient un teint jaune ictérique, contractaient des affections gastriques et s'ils persistaient dans leur travail, la congestion et l'asphyxie ne tardaient pas à survenir. Plusieurs de nos ouvrières sont devenues littéralement bleues; le nez et les oreilles étaient d'une teinte violette. A maintes reprises, on dut les transporter à l'air libre dans un état voisin de l'évanouissement. »

(Note du traducteur.)

violente et persistante, on recourra aux soins du médecin; il conviendra, en attendant son arrivée, de mettre le malade au repos et de lui faire prendre du café fort; des applications de glace, des compresses d'eau froide seront également de nature à le soulager.

Il est nécessaire que les ouvriers obligés de manier journellement les hydrocarbures nitrés ne soient pas astreints à un nombre d'heures de travail trop considérable. La distribution régulière de lait pur (1) produira des résultats salutaires.

Pour prévenir l'absorption de ces produits toxiques par l'intermédiaire des voies respiratoires, il faut veiller avec un soin tout particulier à ce que la ventilation fonctionne d'une manière irréprochable à l'appareil malaxeur (2) d'abord et à l'atelier d'encartouchage ensuite. Celui-ci étant isolé le plus possible, de même que les autres ateliers, il y aura généralement avantage à ce que la ventilation soit commandée par l'intermédiaire d'une transmission électrique. Il importe de ne pas perdre de vue que toute négligence relative à la ventilation pourrait entraîner les suites les plus fâcheuses.

La dinitrobenzine est un poison violent qui, agissant d'une manière directe sur l'hémoglobine, provoque rapidement l'asphyxie. A la différence de la nitroglycérine, l'action de ce composé sur l'organisme s'exerce toujours avec la même intensité, sans s'annihiler ou même s'atténuer au bout d'un certain temps. Dans les cas d'empoisonnement aigu, il faudra administrer de l'oxygène et ce, pendant plusieurs heures durant.

La sécurité, de même que les explosifs analogues, a donné lieu à de nombreux essais en ce qui concerne l'emploi dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses.

La *kinétite*, brevetée en 1885 par MM. Pétry et Fallenstein, se présente sous la forme d'une masse plastique de couleur orangée, douée de l'odeur caractéristique de la nitrobenzine;

(1) La quantité de lait à distribuer peut être évaluée à un demi-litre par jour et par personne.

(2) L'appareil de Werner et Pfeleiderer (que nous avons décrit p. 41) était employé avec succès à l'usine de Denaby. (Notes du traducteur.)

elle ne se fabrique pas en Angleterre. On la prépare à Düren (Allemagne), en gélatinisant de la nitrobenzine par l'addition d'une petite quantité de nitrocellulose soluble. On incorpore ensuite, en pétrissant à la main, du chlorate de potasse finement pulvérisé et du pentasulfure d'antimoine précipité, avec ou sans addition de nitrates de potasse et d'ammoniaque. Voici les proportions du mélange :

		Résultats de l'analyse d'un échantillon.
Nitrobenzine	16 à 21	19,4 pour 100
Chlorate de potasse (et nitrates)...	75 à 82,50	76,9 »
Nitrocellulose	0,75 à 1	} 3,7 »
Pentasulfure d'antimoine	1 à 3	

Le rôle du soufre doré d'antimoine est de régulariser l'explosion et de la rendre plus complète.

L'explosion de la kinétite demande une température très élevée. A l'air libre, la chaleur seule ne peut la provoquer en général. Elle n'est pas très sensible à l'action de l'eau, à moins qu'on ne la prolonge très longuement. Dans ce cas, le chlorate se dissout, laissant un résidu pratiquement inexplosible. Si on l'expose alternativement à l'action de l'air humide et de l'air sec, le chlorate de potasse cristallise, ce qui rend l'explosif excessivement sensible (1).

La kinétite est très sensible à la friction et la percussion combinées. En outre, son instabilité est tellement considérable qu'elle peut faire explosion spontanément.

La tonite n° 3 renferme 10 à 14 pour 100 de nitrobenzine. L'explosif de sûreté de M. Trench contient 10 pour 100 de dinitrobenzine, 80 pour 100 de nitrate d'ammoniaque et 5 pour 100 d'un mélange d'alun, de chlorure de sodium et de chlorure d'ammonium.

Trinitrotoluène. — Le toluène, C_7H_8 , fut découvert en 1837. A l'origine, on l'obtenait par la distillation sèche du baume de Tolu. Actuellement, on le prépare au moyen de la distillation fractionnée des huiles légères de goudron de gaz.

(1) CUNDILL, *Dictionnaire des explosifs*.

Cet hydrocarbure peut être considéré comme de la méthylbenzine, c'est-à-dire de la benzine dont un atome d'hydrogène aurait été remplacé par le radical méthyle CH^3 , donnant $\text{C}^6\text{H}^5.\text{CH}^3$; on peut le considérer également comme du phényl-méthane, c'est-à-dire du méthane dont un atome d'hydrogène serait remplacé par le radical phényle C^6H^5 , ce qui donne $\text{CH}^3.\text{C}^6\text{H}^5$.

Le toluène est un liquide incolore, d'une odeur aromatique, qui bout à la température de 110° . Sa densité est de 0,8824 à 0° .

Pour obtenir le trinitrotoluène, Häussermann conseille de nitrater l'ortho-paradinitrotoluène, dont la préparation s'effectue comme suit : un mélange comprenant 75 parties d'acide nitrique (91 à 92 pour 100) et 150 d'acide sulfurique (95 à 96 pour 100) est versé, sous forme de mince filet, dans 100 parties de para-nitrotoluène, la masse étant soumise à une agitation constante et maintenue à une température comprise entre 60° et 65° . Lorsque l'écoulement du mélange acide est terminé, on porte la température à 80° et on la maintient constante pendant trente minutes. Ensuite, on laisse refroidir le tout et l'on enlève l'excès d'acides. Il reste une masse homogène, cristalline, d'ortho-para-dinitrotoluène.

La nitration de ce composé est réalisée de la manière suivante : on le dissout dans quatre fois son poids d'acide sulfurique (95 à 96 pour 100), l'opération étant facilitée par l'échauffement modéré du mélange. Puis on ajoute, à froid, une fois et demie son poids d'acide nitrique (90 à 92 pour 100) et on laisse ensuite la nitration s'opérer, portant la température à 90° - 95° et remuant de temps à autre, jusqu'à ce que cesse la production de produits gazeux; l'opération dure de quatre à cinq heures. On laisse alors la masse refroidir et les produits se séparent par ordre de densités. Ayant enlevé l'excès d'acide, la partie restante est lavée à l'eau chaude d'abord et à la soude en solution très diluée ensuite. Elle se dépose sous forme de cristaux blancs, qui se solidifient à 70° . Par recristallisation dans l'alcool, on obtient de beaux cristaux brillants, dont le point de fusion est à $81^\circ,5$. Le rendement pour 100 est de 150 parties de trinitrotoluène.

Le même produit peut être obtenu, d'après Häussermann,

en partant du dinitrotoluène commercial, qui fond vers 60° à 64°; dans ce cas, l'opération doit être conduite avec prudence, car la réaction est très violente. Il faut employer 10 pour 100 en plus d'acide nitrique, tandis que le rendement diminue de 10 pour 100.

En ce qui concerne les lavages auxquels on soumet le trinitrotoluène, il est à remarquer qu'il est presque insoluble dans l'eau chaude, mais se décompose par suite du contact avec les alcalis ou les carbonates alcalins en solution diluée. La fabrication n'est ni difficile, ni dangereuse. Le trinitrotoluène est stable : des échantillons, exposés à l'air pendant plusieurs mois, à des températures variant entre 10° et 50°, ne se modifièrent en rien.

L'explosion de ce corps ne peut être provoquée ni par l'action de la flamme, ni par l'échauffement à l'air libre. Soumis sur une enclume à un choc violent, il ne subit qu'une décomposition légère. L'explosion se produit sous l'action d'un détonateur au fulminate de mercure. Mélangé avec du nitrate d'ammoniaque, il constitue un explosif plus puissant que la dinitrobenzine. Mowbray a fait breveter les mélanges de nitrotoluène et de nitroglycérine dans les proportions $\frac{1}{3}$ et $\frac{3}{7}$.

La *nitronaphtaline*, produit de la nitration de la naphtaline $C^{10}H^8$, a une formule $C^{10}H^7AzO^2$. Elle se présente sous la forme d'aiguilles jaunes, qui fondent à 61°. La dinitronaphtaline, $C^{10}H^6(AzO^2)^2$, ne fond qu'à 216°; c'est ce dérivé qui entre de préférence dans la composition de certains explosifs : roburite, sécurite, romite (1), poudre Volney, etc.

L'explosif Fehven est un mélange de poudre à canon (75 pour 100 salpêtre, 10 pour 100 charbon de bois, 10 pour 100 soufre) avec 10 pour 100 nitronaphtaline. Celle-ci renferme une proportion élevée de mononitronaphtaline et une petite proportion de dinitronaphtaline. Elle est obtenue en laissant en contact, pendant cinq jours, 1 partie de naphtaline avec 4 d'acide nitrique de densité = 1,40.

(1) Cet explosif, breveté par M. Sjøberg, contient du chlorate de potasse, de la nitronaphtaline, du nitrate d'ammoniaque et de l'huile de paraffine. D'après les essais officiels auxquels a procédé le D^r Dupré en 1888, il présente une instabilité très considérable.

L'explosif Favier est un mélange de 91,5 parties de nitrate d'ammoniaque avec 8,5 de mononitronaphtaline. Les proportions, d'ailleurs, peuvent être modifiées. Il est fabriqué en Angleterre par la *Miners Safety Explosives Company*. Cet explosif a fait l'objet d'expériences très nombreuses en ce qui concerne la sécurité dans les milieux grisouteux ou poussiéreux.

L'*ammonite*, fabriquée à Stanford-le-Hope, est un mélange de nitrate d'ammoniaque, dinitronaphtaline, paraffine et résine. Le nitrate est séché à la vapeur, pulvérisé à chaud et mélangé à la dinitronaphtaline; ensuite le produit est granulé, criblé et pressé.

Un brevet récent revendique, pour les explosifs se composant d'azotate d'ammoniaque et d'hydrocarbure nitré, un mode de fabrication analogue aux gélatines explosibles, c'est-à-dire l'intervention d'un dissolvant dont on évapore l'excédent. De cette manière, on obtient un mélange très intime des deux composants, et l'explosif acquiert une sensibilité plus considérable : une capsule contenant 0^{gr},54 de fulminate suffit pour en provoquer l'explosion. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que l'inaptitude à la détonation peut être signalée comme l'un des plus graves inconvénients que présentent certains explosifs à base d'azotate d'ammoniaque.

Les *explosifs Sprengel*, de même que la poudre noire et la plupart des substances explosibles, sont constitués par le mélange d'un corps combustible avec un comburant. Le principe de ces explosifs, c'est que le mélange peut se faire au moment même de leur emploi : les composants, généralement non explosibles, peuvent être transportés séparément. C'est ce qui se pratique, avons-nous vu, pour la roburite que l'on consomme dans les colonies anglaises, confectionnée au moyen d'ingrédients fabriqués à l'usine de Gathurst. Le Dr Sprengel préconise les mélanges suivants, dont les proportions répondent théoriquement à la combustion complète :

- 1° 1 équivalent de nitrobenzine et 5 d'acide nitrique;
- 2° 5 équivalents d'acide picrique et 13 d'acide nitrique;
- 3° 87 équivalents de nitronaphtaline et 413 d'acide nitrique;
- 4° Le mélange du chlorate de potasse avec le bisulfure

de carbone, la nitrobenzine, l'acide carbonique, le soufre, la benzine.

Le premier de ces mélanges est la *hellhoffite*, brevetée en Allemagne par MM. Hellhoff et Gruson. On emploie de préférence le mélange de 2 parties de nitrobenzine et 5 d'acide nitrique, avec ou sans addition de pétrole ou d'huile de goudron; on prépare la *hellhoffite* au moment de s'en servir. Elle se présente sous la forme d'un liquide rouge, épais, de densité = 1,40, très corrosif et très instable, qui brûle difficilement à l'air libre en donnant une vive lumière; insensible à l'action du choc. La *roburite*, la *bellite*, la *sécurité* peuvent être regardées également comme des explosifs Sprengel.

Comme mélanges de la seconde catégorie, nous citerons l'*oxomite* et l'*emmensite*, brevetées par le Dr Emmens, de New-York.

Le *rackarock* est un explosif Sprengel à base de chlorate de potasse; il fut employé par le général Newton à la destruction des récifs de Flood-Rock, le sauté le plus important que l'on ait exécuté jusqu'à ce jour. Le chimiste Divine est l'inventeur de ce produit (1), dont il a fait breveter plusieurs variétés en 1881, 1883 et 1884. La variété de *rackarock* employée par le général Newton se composait de 4 parties de chlorate de potasse mélangées à 13 de nitrobenzine.

Les *panclastites*, brevetées par M. Turpin en 1882, constituent une catégorie intéressante d'explosifs, que l'on peut ranger parmi ceux du Dr Sprengel. Elles ont comme comburant commun le peroxyde d'azote. Quant au choix de la substance combustible, l'inventeur indique une variété considérable : sulfure de carbone, dérivés du pétrole (huiles de pétrole, essences minérales, éthers de pétrole, etc.), dérivés de la houille (benzine, toluène, xylène, naphols, goudrons, etc.), huiles végétales (olives, œillette, caoutchouc, coton, ricin, résine, lin, colza, etc.), huiles animales (pieds

(1) La priorité de l'invention fut revendiquée par le Dr Sprengel, dont les brevets datent du 6 avril et du 5 octobre 1871, par une lettre adressée aux *Chemical News* le 26 octobre 1885. Mais, dans sa réponse du 13 novembre 1885, M. Divine opposa à cette prétention le *Caveat* qu'il déposa le 7 janvier 1871 au Bureau des brevets des États-Unis.

de bœuf ou de mouton, poisson, spermaceti, etc.), ou composé organique (benzine, xylène, aniline) nitré.

Préparées sous forme liquide, les panclastites présentent une énergie considérable. Les substances qui les composent peuvent n'être mélangées qu'au moment de l'emploi. A l'état liquide, les panclastites s'emploient dans des cartouches en fer-blanc. On peut également les mélanger à un absorbant inerte ou actif. Les essais auxquels la Commission du Génie belge soumit les panclastites dès leur apparition donnèrent des résultats très satisfaisants.

L'*acide picrique* (trinitrophénol, acide carbazotique, amer de Welter) est un dérivé nitré qui prend naissance par l'action de l'acide azotique sur un grand nombre de corps : phénol, indigo, soie, laine, aloès, myrrhe, résines, etc. Sa formule est $C^6H^2(AzO^2)^3OH$ [2 : 4 : 6].

Il fut découvert par Haussmann en 1788. Au début, on l'obtenait en traitant une gomme originaire de Botany Bay (*Xanthorrhœa hastilis*). Industriellement, la préparation de l'acide picrique est analogue à celle de la nitrobenzine. Il est intéressant de remarquer, en ce qui concerne sa constitution, qu'on peut l'obtenir par la nitration de l'ortho-nitrophénol et du paranitrophénol, ainsi que des dinitrophénols 2 : 4 et 1 : 6, mais non en portant des composés *méta* (1).

L'acide picrique cristallise en paillettes d'un beau jaune, possédant une saveur amère très prononcée. Il est vénéneux. Il fond à 122°,5 et détone si on le chauffe brusquement; chauffé avec précaution, il peut être sublimé. C'est une substance peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude et plus encore dans l'alcool. Il possède un pouvoir colorant très considérable, et son contact donne à l'épiderme une coloration jaune intense. Il est employé en teinture. La chaleur de formation de l'acide picrique depuis ses éléments est de 49^{Cal},1, d'après Berthelot.

Le picrate de potasse $C^6HK(AzO^2)^3OH$ cristallise en longues aiguilles jaune orangé, très peu solubles dans l'eau. Sous l'influence d'une température supérieure à 300°, il détone beaucoup plus violemment que l'acide picrique; il détone

(1) CAREY LEA, *Amer. Journ. Sc.*, 2^e série, XXXII, p. 180.

également par le simple contact d'un corps en ignition. Ce sel est beaucoup plus sensible au choc que l'acide picrique. Son maniement est dangereux : à l'état sec, sa poussière ténue et légère s'enflamme à distance et peut faire détoner toute la masse dont elle émane. Sa chaleur de formation depuis ses éléments est égale à $117^{\text{Cal}},5$, d'après les données de MM. Sarrau et Vieille.

Les pressions développées par l'explosion du picrate de potasse sont notablement inférieures à celles que donne la nitroglycérine ou le fulmicoton. Ce sel ne présente donc pas les avantages que permettrait d'espérer la brusquerie de ses effets explosifs.

Le picrate d'ammoniaque $\text{C}^6\text{H}.\text{AzH}^4(\text{AzO}^2)^3\text{OH}$ se présente sous la forme d'aiguilles jaune orangé, moins dures que le picrate de potasse. Il est bien moins sensible au choc. Enflammé à l'air libre, il brûle avec une flamme fuligineuse. Sa chaleur de formation, depuis ses éléments, est de $80^{\text{Cal}},1$ (Berthelot).

La composition centésimale de l'acide picrique correspond aux chiffres suivants :

Azote.....	18,34
Oxygène.....	49,22
Hydrogène.....	1,00
Carboné.....	31,44

Il ne renferme guère que la moitié de l'oxygène nécessaire pour brûler complètement. Si l'on veut obtenir la combustion totale de l'acide picrique, il faut recourir à un agent oxydant complémentaire : azotate, chlorate, chromate, etc.

L'équation qui représente sa décomposition explosive n'a pas été étudiée. D'après Berthelot, on peut admettre $+130^{\text{Cal}},6$ comme quantité de chaleur dégagée, soit 570^{Cal} par kilogramme. Les produits de l'explosion consistent en acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène, azote et carbone libre.

L'acide picrique, longtemps même après sa découverte, n'était pas considéré comme une substance explosible. L'attention fut appelée sur ce composé à la suite des expériences auxquelles procédèrent le D^r Dupré et le colonel Majendie, ainsi que celles de M. Berthelot :

Si l'on chauffe graduellement une petite quantité d'acide picrique dans un creuset ou dans un tube à réactif ouvert, il fondra d'abord (vers 120° s'il s'agit du produit commercial), puis émettra des vapeurs qui brûleront au contact de l'air avec une flamme fuligineuse, mais sans faire explosion. Si, à ce moment, on verse le liquide sur une surface froide, une dalle par exemple, la flamme s'éteindra immédiatement. Si l'échauffement du tube se produit très lentement, on pourra obtenir la complète volatilisation de l'acide picrique, sans décomposition apparente.

Il serait inexact, toutefois, de supposer que l'explosion de l'acide picrique ne peut être provoquée par l'action exclusive de la chaleur. Citons à cet égard l'expérience suivante de Berthelot : Si l'on chauffe au rouge un tube à réactif et si l'on y introduit alors une minime quantité d'acide picrique, elle détonera bruyamment. Si la quantité de cristaux est plus élevée, son introduction causera une absorption de chaleur plus considérable, et l'explosion, bien moins violente, sera précédée de la volatilisation de l'acide. Si l'on introduit une quantité d'explosif plus grande encore, elle se décomposera partiellement, se volatiliserà, mais aucune explosion ne pourra se produire. On voit donc que le mode de décomposition de l'acide picrique variera avec la quantité de chaleur immédiatement disponible.

Il est indispensable, lors de la fabrication de l'acide picrique, d'en prévenir le contact avec toute substance qui pourrait donner lieu à des réactions chimiques. Par suite, on ne peut employer que des matières premières exemptes de toute impureté. Lorsque le produit sera obtenu, il faudra soigneusement le tenir à l'écart de composés tels que les nitrates, les sulfates, les chlorates, les oxydes, etc. La présence d'une quantité minime de chaux ou de plâtre suffirait pour produire une explosion locale, qui s'étendrait immédiatement à toute la masse.

Les *poudres picratées* se composent de grains plus ou moins gros, de couleur jaune, inodores, de saveur amère; bien que fort peu solubles dans l'eau froide, elles lui communiquent rapidement une coloration jaune. Elles sont toutes susceptibles de faire explosion par simple inflammation.

Les poudres à base de picrate de potasse présentent en général de grands dangers en ce qui concerne leur manipulation : témoin la terrible explosion qui survint en 1869 à Paris, dans l'usine où M. Fontaine fabriquait une poudre composée de picrate et de chlorate de potasse. Désignolle (1869) a fait fabriquer au Bouchet trois espèces de poudre, consistant en un mélange de picrate de potasse et de salpêtre, avec ou sans addition de charbon : poudres pour torpilles, poudres à canon et poudres à mousquet. En dehors de leur supériorité balistique comparativement à la poudre noire, les poudres Désignolle présentent l'avantage de brûler presque sans fumée; en outre, elles n'attaquent pas le métal du canon, à cause de l'absence du soufre.

Le picrate d'ammoniaque, moins sensible au choc que le picrate de potasse, est la base de la poudre Brugère (1869) et de la poudre picrique d'Abel. La première se compose de 54 parties de picrate d'ammoniaque pour 46 de salpêtre et présente de grands avantages sur la poudre noire. Sa manipulation n'est point dangereuse. Quant à la seconde, elle n'en diffère que par les proportions $\left(\frac{2}{3}\right)$; destinée au chargement des obus, elle exige, pour détoner, l'action d'un choc très violent. D'après Abel, on peut l'additionner d'une quantité d'eau suffisante pour l'humecter entièrement sans lui faire perdre ses propriétés; cet avantage permet de la fabriquer et de la comprimer sans danger, et de la conserver sans avoir à craindre d'altération.

L'acide picrique présente sur les autres substances explosibles des avantages marqués : d'une puissance supérieure à celle du coton-poudre et des dynamites, il ne peut faire explosion sous l'action du choc. C'est un composé stable; non susceptible de congélation, d'exsudation, de liquéfaction ou d'évaporation, l'acide picrique n'est pas hygroscopique. En outre, il est insensible aux plus extrêmes variations de la température atmosphérique.

L'explosion de l'acide picrique et des picrates donne naissance à des gaz toxiques; leur emploi ne peut donc convenir aux travaux souterrains. D'après M. Eissler, la puissance maximum qu'ils développent correspond à un mode de dé-

composition engendrant une quantité notable d'oxyde de carbone.

L'emploi de l'acide picrique a acquis, grâce aux recherches de M. Turpin, une importance prépondérante en ce qui concerne la fabrication des explosifs de guerre. Cet ingénieur inventeur a constaté, le premier, que l'acide picrique fondu et comprimé pouvait être aisément adapté à cet usage.

En 1885, M. Turpin fit breveter une poudre composée d'acide picrique fondu en grains recouverts d'une couche de gomme arabique, d'huile ou de nitrocellulose dissoute dans l'éther alcoolisé, qu'on laisse évaporer ensuite (3 ou 5 parties de nitrocellulose dans 100 parties de dissolvant). La fusion de l'acide s'opère dans une cuve, échauffée à 130-145° par le passage d'un courant de vapeur sans pression ou bien par la circulation, dans un double fond dont elle est munie, d'un liquide porté à cette température : huile, chlorure de zinc, glycérine, etc.

L'acide est coulé ensuite dans des moules ou dans des projectiles, que l'on échauffe à 100° afin d'éviter une solidification trop rapide. La densité du produit est, dans cet état, de 1,6. Il résiste au choc produit par la décharge d'un canon dont le projectile est animé d'une vitesse initiale de 600^m. La *mélinite*, employée en France pour le chargement des obus, se compose essentiellement d'acide picrique fondu.

L'*emmensite*, brevetée en 1887 par le Dr Emmens, de New-York, s'obtient en traitant l'acide picrique par de l'acide nitrique fumant de densité = 1,52. La dissolution s'opère avec formation de fumées rouges. Les cristaux produits, après avoir été traités par l'eau chaude, sont fondus avec du nitrate d'ammoniaque.

L'*emmensite* a été soumise à l'examen du département de la Guerre des États-Unis. Un échantillon de poudre à gros grains, essayé dans un pistolet, donna des résultats balistiques supérieurs à la poudre noire. Comparé à la dynamite-gomme, cet explosif fut employé avec succès à la destruction de plaques en fer. En somme, les essais officiels exécutés en Amérique semblent démontrer que l'*emmensite* convient à la fois aux opérations de sautage et aux besoins de l'artillerie,

à titre de poudre sans fumée. La densité de l'émulsion est de 1,8.

La *victorite* est une poudre à gros grains d'un jaune grisâtre, laissant sur le papier une trace huileuse. En voici la composition :

Acide picrique.....	110 parties
Chlorate de potasse.....	80 »
Salpêtre.....	10 »
Charbon de bois.....	5 »

La présence du chlorate de potasse rend cet explosif très sensible au choc et à la friction. Il n'est point fabriqué en Angleterre. La poudre Tschiner est un produit analogue.

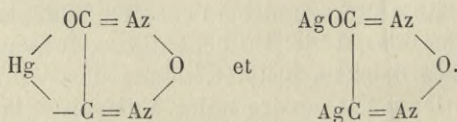
Les poudres à base d'acide picrique ne sont pas d'une application assez ancienne pour que l'on puisse se prononcer d'une manière absolue quant à leur stabilité.

On trouvera, dans le *Dictionnaire des explosifs* de Cundill, la liste des principales poudres picratées.

Les dérivés nitrés du crésylol ou crésol diffèrent peu de l'acide picrique. Ce sont des composés stables. Le dinitrocrésylate de soude est employé dans les arts sous le nom de *jaune Victoria*.

Fulminates. — Ces composés curieux, dont la constitution n'est pas encore connue, semblent dériver du cyanure de méthyle $\text{CH}^3 \cdot \text{CAz}$, un atome d'hydrogène étant remplacé par le radical AzO^2 et les deux autres par des radicaux métalliques.

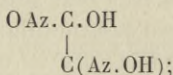
Le Dr Divers, membre de la *Royal Society*, et M. Kawikita assignent au fulminate de mercure et au fulminate d'argent les formules suivantes (1) :



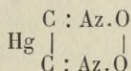
Le Dr Armstrong préfère, pour l'acide fulminique (nitro-

(1) *Journal of the chemical Society*, 1884, p. 13-19.

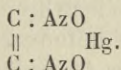
acétonitryle, corps non isolé), la formule



M. Holleman (*Berichte*, T. XXVI, p. 1403) indique, pour le fulminate de mercure, la formule



et M. Schol (*Berichte*, T. XXIII, p. 3505),



Le principal de ces composés est le fulminate de mercure ou mercure fulminant; il fut découvert par Howard en 1799. La préparation de ce corps s'effectue, dans les laboratoires, de la manière suivante : on dissout, en chauffant, 1 partie de mercure dans 11 parties d'acide azotique de densité = 1,35. On ajoute 11 parties d'alcool de 90° à 92° Gay-Lussac. Une réaction violente se produit : il se dégage de l'anhydride carbonique, de l'aldéhyde et de l'éther azoteux. Il reste dans le ballon une poudre cristalline qui est le fulminate de mercure. C'est un corps blanc, qui se présente sous la forme d'aiguilles soyeuses, difficilement solubles dans l'eau froide. Il est très vénéneux de même que tous les composés mercuriels.

Le choc, le frottement, même celui de bois sur bois, le contact de l'acide sulfurique concentré, l'échauffement à 186° le font détoner avec une grande violence. Le frottement peut même en provoquer la détonation lorsqu'il est humide. Son maniement est très dangereux.

Le zinc ou le cuivre précipite le mercure et donne naissance aux fulminates de zinc ou de cuivre. Celui-ci se présente sous la forme de cristaux verts, très explosibles. On connaît également les fulminates doubles de cuivre et d'ammoniaque, ainsi que de cuivre et de potassium.

La préparation du fulminate d'argent est analogue à celle

du fulminate de mercure. C'est un corps blanc, cristallisé en aiguilles très brillantes très peu solubles dans l'eau froide, solubles dans 36 parties d'eau bouillante. Gay-Lussac indiqua pour ce sel, la formule $C^2Az^2Ag^2O^2$ et la composition centésimale suivante :

Carbone	7,92
Azote.....	9,24
Argent.....	72,19
Oxygène.....	10,65

Laurent et Gerhardt lui assignent la formule $C^2Az.AzO^2.Ag^2$.

Les propriétés explosives du fulminate d'argent sont très développées : l'étincelle électrique, le contact d'une goutte d'acide sulfurique le font détoner. Vers 100° , il détone avec une extrême violence sous le moindre choc. Même noyé, ce sel présente encore une sensibilité supérieure à celle du fulminate de mercure.

Avec l'ammonium et les autres radicaux métalliques, il forme des fulminates doubles très sensibles. Si l'on ajoute du chlorure de potassium à une solution bouillante de fulminate d'argent, on obtient, après évaporation, du fulminate double d'argent et de potassium $C(AzO^2)KAg.CAz$ sous forme d'un dépôt blanc et brillant; l'action sur ce corps de l'acide nitrique dilué précipitera de l'hydro-fulminate ou fulminate acide d'argent $C(AzO^2)HAg.CAz$.

Par suite du danger que présente la manipulation du fulminate d'argent, ce composé n'a pu recevoir d'applications industrielles. En doses minuscules, on l'emploie pour la fabrication des bonbons à pétards dits *papillotes*.

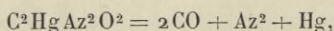
L'*argent fulminant de Berthollet* est un composé qu'on prépare en faisant digérer pendant vingt-quatre heures de l'oxyde d'argent fraîchement précipité avec un excès d'une dissolution concentrée d'ammoniaque. La poudre noire qui se produit est séchée avec précaution sur du papier gris. La sensibilité de ce sel est si considérable qu'il détone sous la moindre pression.

Le fulminate d'or se dépose sous la forme d'un précipité de couleur chamois, lorsqu'on traite par l'ammoniaque le trichlorure d'or. Si l'on traite de même une solution d'oxyde

platinique dans de l'acide sulfurique dilué, on obtient un précipité noir de fulminate de platine. Ces composés détonent avec violence.

A l'état de pureté, le fulminate de mercure peut être conservé longtemps sans se modifier en rien. La vitesse de sa détonation est telle que, si on la provoque à l'air libre en noyant le fulminate dans de la poudre noire, celle-ci se trouve projetée absolument intacte. Il n'en sera pas de même s'il est renfermé dans une enveloppe, fût-elle même très faible; c'est le principe des détonateurs, que nous décrivons ci-après. La présence de 10 pour 100 d'humidité empêche l'explosion du fulminate de mercure; cela n'est vrai, toutefois, que pour les petites quantités de matière. Le fulminate humide se décompose lentement au contact des métaux susceptibles de s'oxyder.

L'équation de décomposition de ce sel est, d'après Berthelot.



et le volume réduit des gaz produits est de 235^{lit},6 par kilogramme.

La fabrication industrielle du fulminate de mercure s'effectue d'après deux procédés : la méthode allemande (procédé de Liebig) consiste à traiter 1 partie de mercure par 72 d'acide nitrique de densité = 1,375, dans un vase dont la capacité soit au moins égale à 18 fois le volume de la liqueur; on ajoute graduellement à la solution 16,5 parties d'alcool absolu, et l'on chauffe jusqu'à cessation des fumées denses dues à la réaction. Lorsque celle-ci devient tumultueuse, on verse peu à peu 16,5 autres parties d'alcool, à l'effet de la modérer. Le fulminate de mercure se dépose en cristaux au fond du vase. Le rendement est d'environ 112 pour 100.

Dans le procédé de Chandelon, on dissout 10 parties de mercure dans 100 parties d'acide nitrique de densité = 1,4, en chauffant doucement; lorsque la liqueur a atteint la température de 54°, on la verse dans un ballon contenant 83 parties d'alcool (densité = 0,83) et dont le volume doit être au moins 6 fois égal à celui de son contenu. Au bout de quinze minutes environ, la réaction commence; calme au début, elle

ne tarde pas à devenir tumultueuse. Elle se termine par la précipitation du fulminate, sous forme de petites aiguilles d'une teinte légèrement grisâtre. On les filtre, les lave et les sèche à une température inférieure à 100°. Le fulminate est placé ensuite dans des boîtes en carton mince ou des bouteilles fermées, et on le conserve à l'état humide. Le rendement est d'environ 13 pour 100. Ce procédé est avantageux au point de vue de la sécurité; en outre, il est économique.

Le fulminate du commerce est souvent falsifié au moyen de chlorate de potasse.

Les amorces, *détonateurs* ou *capsules*, employés pour provoquer l'explosion des mines, sont constitués de mélanges à base de fulminate de mercure, que l'on place au fond de cylindres en cuivre de 4^{mm} à 5^{mm} de diamètre et d'une hauteur variant de 15^{mm} à 45^{mm} et au-dessus. Parmi les mélanges les plus usuels, nous citerons celui de 2 parties de fulminate avec 1 partie de salpêtre ou de poudre fine.

Les charges varient dans une mesure très large. Voici les chiffres indiqués dans le Dictionnaire des explosifs, de Cundill, pour les amorces numérotées de 1 à 8 : 0^{sr}, 3, 0^{sr}, 4, 0^{sr}, 54, 0^{sr}, 65, 0^{sr}, 8, 1^{sr}, 1^{sr}, 5 et 2^{sr}.

Le n° 3 s'emploie pour la dynamite ordinaire; les nos 5, 6, 7, pour le coton-poudre, la gomme, la roburite, etc.

Les amorces à percussion employées en Angleterre présentent la composition suivante :

Fulminate de mercure (en poids).....	6 parties
Chlorate de potasse.....	6 »
Sulfure d'antimoine.....	4 »

Fusées à temps :

Fulminate de mercure.....	4 parties
Chlorate de potasse.....	6 »
Sulfure d'antimoine.....	4 »

On recouvre le mélange d'un vernis composé de 645 *grains* de gomme laque (41^{sr}) dissous dans 1 *pint* d'alcool méthylique (0^{lit}, 568).

L'amorce électrique d'Abel, pour faibles tensions, contient :

Sous-phosphure de cuivre.....	2 parties
Sous-sulfure de cuivre.....	9 »
Chlorate de potasse.....	3 »

L'amorce Abel n° 2 est un mélange de fulmicoton et de poudre fine.

Amorce Ebner, pour moyennes tensions :

Sulfure d'antimoine.....	44 parties
Chlorate de potasse.....	44 »
Plombagine.....	12 »

Cette amorce s'emploie avec la machine électrique à friction.

La fabrication des capsules se fait au moyen d'une machine qui coupe en disques les feuilles ou bandes de cuivre employées et donne ensuite aux disques, à l'aide de poinçons, la forme voulue. Le chargement se fait également à la machine, l'eau dans laquelle on conserve le fulminate ayant été préalablement remplacée par de l'alcool méthylique.

A l'usine de la *Cotton-Powder Company Limited*, à Faversham, le fulminate est additionné d'un mélange très finement moulu comprenant $\frac{1}{6}$ coton-poudre et $\frac{1}{6}$ chlorate de potasse pour 1 partie de fulminate. Le liquide qu'on ajoute est de l'éther ou de l'alcool, dont l'addition est faite avant celle du mélange. Les détonateurs, après avoir été chargés, passent dans une presse qui tasse la matière.

Le procédé actuel de chargement des amorces présente des inconvénients sur lesquels a été appelée l'attention lors de la onzième réunion annuelle des industries chimiques de Bavière, tenue à Regensburg II : arrive fréquemment que des explosions, minimales à la vérité, surviennent au cours du chargement. D'autre part, les vapeurs mercurielles en suspension dans l'atmosphère sont hautement préjudiciables à la santé des ouvriers. La fabrication du fulminate donne naissance, d'ailleurs, à des produits très délétères, ainsi que l'addition subséquente d'alcool.

Il importe de mélanger à l'état humide les substances qui

entrent dans la composition des amorces; l'opération doit se faire par petites parties à la fois sur une table feutrée, et dans un atelier spécial dont le plancher est recouvert d'un tapis. Les fenêtres de l'atelier sont badigeonnées en blanc, afin de le protéger des rayons du soleil. Les personnes qui y travaillent doivent porter des chaussures en feutre. Il faut maintenir dans un parfait état de propreté tous les outils et appareils employés : le grenage, que l'on fait subir à la composition avant de charger les amorces, se pratique au moyen de tamis en crin; il importe, après chaque opération, de laver les tamis à l'eau pure ou mieux à l'acide sulfurique très étendu. Pour donner aux grains de la consistance, on les fait sécher sur des feuilles de papier que l'on dispose sur des châssis légers en toile. Il est nécessaire de munir ces châssis de bandes en caoutchouc, afin de les protéger contre les chocs éventuels.

Le fulminate de mercure n'est pas la seule substance employée pour la confection des amorces : Trauzl préconise le coton-poudre imprégné de nitroglycérine dans le rapport de 3 à 1 ou bien à poids égaux, ainsi que le fulmicoton chloraté ou nitraté; ces amorces sont très avantageuses dans les mines inondées.

M. H. Maxim, de New-York, a fait breveter récemment une composition destinée aux explosifs puissants et dont le maniement n'est point dangereux. Pour la préparer, on part de la nitroglycérine, que l'on gélatinise au moyen de la pyroxyline de manière à obtenir la consistance du caoutchouc brut. Le mélange contient de 75 à 85 pour 100 de nitroglycérine, suivant le degré de consistance que l'on désire. On y ajoute de l'acétone, afin de dissoudre la nitrocellulose. La gélatine explosible que l'on obtient est additionnée enfin à du fulminate, dans la proportion de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{3}$. On diminuera la sensibilité du produit obtenu en l'agitant lorsqu'il est encore de consistance sirupeuse.

EMPLOI DES AMORCES. — Le tirage d'un coup de mine, appelé aussi *pétard* ou *fourneau*, comprend la succession des opérations suivantes :

On commence par forer un trou de mine en forme de cy-

lindre étroit. Ensuite on introduit la charge de manière qu'elle en occupe la partie postérieure. Cette charge est amorcée, c'est-à-dire que la dernière cartouche introduite porte l'amorce qui en provoquera l'explosion; cette amorce est solidaire d'une *mèche*, que le mineur allumera lorsqu'il désirera faire sauter la mine. On achève le remplissage du trou de mine au moyen d'une matière non explosible qui constitue le bourrage et s'oppose, par son inertie, à l'évacuation des gaz qu'engendre l'explosion.

Supposant résolu le choix de l'explosif à employer (1), il faut déterminer tout d'abord l'emplacement du trou de mine, sa direction et ses dimensions. C'est là un problème fort complexe, dont la solution dépend d'une foule de facteurs et notamment de la nature des roches, de leur structure et du résultat que l'on a en vue. Dans les travaux souterrains ordinaires, la profondeur des trous de mine varie entre 0^m, 50 et 1^m, 50; leur diamètre, de 22^{mm} à 50^{mm}. Ces chiffres n'ont évidemment rien d'absolu.

Quant à la perforation, elle peut être faite à la main ou à la machine. La valeur de la charge ayant été déterminée d'après le travail à effectuer, on l'introduit dans le trou de mine après l'avoir amorcée. Ensuite viendra le bourrage, que l'on pratique en tassant de la terre, de l'argile ou toute autre matière analogue au moyen d'une tige en bois; on peut également bourrer à l'eau. La dynamite et les autres explosifs brisants exigent un bourrage beaucoup moins serré que les poudres lentes.

L'intermédiaire à l'aide duquel on réalise l'allumage peut être le fêtu de paille, la mèche Bickford ou bien l'électricité.

Le premier de ces procédés, dont l'usage tend à disparaître, consiste à ménager dans le bourrage, au moyen d'une *épinglette*, un logement cylindrique dans lequel on introduit subséquentement une paille que l'on emplit de pulvérin.

(1) En ce qui concerne l'examen des considérations qui interviennent dans le choix des explosifs, nous avons publié une Note dans la *Revue universelle des Mines* (t. XVII, 3^e série, p. 162; 1894). Le mode d'emploi des matières explosibles fait d'ailleurs l'objet du Chapitre III de notre Ouvrage intitulé : *Les explosifs industriels*.
(Note du traducteur.)

Ce mode d'allumage n'est applicable qu'à la poudre noire.

Les mèches Bickford se composent d'une âme en poudre fine renfermée dans un double ou triple tissu constitué de fils de jute enroulés en hélice; leur section est circulaire. On les livre en rouleaux de 10^m.

En principe, la combustion se produit exclusivement à l'intérieur de la mèche. Il faut qu'elle s'effectue de manière que le mineur ait le temps de se mettre en sûreté avant que se produise l'explosion de la charge. On considère qu'une mèche Bickford brûle en moyenne à raison de 1^m par minute.

La *préparation de la cartouche-amorce* est très importante. Si elle est défectueuse, on courra le risque d'un *raté*, c'est-à-dire d'une explosion incomplète ou nulle. Or, les ratés ne se traduisent pas seulement par des pertes; ils peuvent causer des accidents graves et donnent naissance, en outre, à des produits toxiques (*voir* p. 106).

Pour préparer la cartouche-amorce, on commence par couper la mèche à la longueur voulue. En général, les mineurs font en sorte que la mèche dépasse d'au moins 0^m,25 l'orifice extérieur du trou de mine. La mèche étant coupée, on introduit l'une de ses extrémités dans la capsule, où elle doit pénétrer le plus loin possible; pour assurer un bon contact avec le fulminate, il faut avoir soin de couper nettement et normalement le bout de la mèche. Ensuite, on serre fortement la capsule sur la mèche, de manière que celle-ci soit solidement emprisonnée; il faut avoir soin d'opérer avec précaution, d'exercer une pression graduelle, car tout mouvement brusque pourrait déplacer la mèche et l'éloigner du fulminate, ou bien causer la détérioration de la capsule. Il est désirable que la mèche ait un diamètre aussi fort que possible, eu égard à celui de la capsule: l'explosion de la charge sera d'autant plus complète que la solidarité entre la mèche et la capsule sera mieux établie.

Le coupage des mèches et leur sertissage dans les capsules s'effectue très commodément à l'aide de la pince Vian à double cran ou de pinces analogues. Les mineurs coupent généralement la mèche au moyen d'une hache et, pour la sertir, pressent la capsule entre les mâchoires. C'est là une

pratique fort dangereuse et qui a occasionné plus d'un accident mortel; aussi importe-t-il de l'interdire strictement.

Les capsules doivent d'ailleurs être maniées en tout état de cause avec beaucoup de précaution : la friction du fulminate au moyen d'un corps dur suffit pour en déterminer l'explosion. On ne saurait compter les accidents causés par des imprudences de cette nature.

L'humidité atténuée considérablement les propriétés détonantes du fulminate; aussi les capsules sont-elles généralement emplies de sciure de bois avant leur emballage. Pour l'enlever complètement lors de l'emploi, il faut se garder de souffler dans les capsules, ce qui y introduirait de l'humidité. Il est prudent également de ne pas leur imprimer une série de petits chocs sur un corps dur, une pierre par exemple.

La solidarité de la mèche et du détonateur étant assurée, il s'agit d'établir celle de ce système avec la cartouche que l'on se propose d'amorcer et dont l'explosion entraînera celle de la charge entière. A cet effet, on ouvre la cartouche en dépliant le papier qui se trouve à sa partie supérieure.

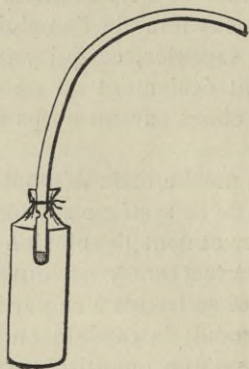
Ensuite on y introduit la capsule en l'enfonçant dans la substance explosible d'une quantité qui ne pourra dépasser les trois quarts de sa longueur, de manière qu'il ne puisse y avoir contact direct entre la mèche et l'explosif. Ce point est capital; en effet, si ce contact a lieu, il pourra arriver que l'explosif brûle au lieu de détoner; par suite, explosion ratée, production de gaz délétères et source de danger grave dans les milieux grisouteux ou poussiéreux. Pour obvier à cet inconvénient, on se sert dans certaines régions (district de Bonn), de cartouches-amorces ne mesurant que 0^m,02 à 0^m,03 de longueur.

La capsule introduite, on ramène le papier de la cartouche sur la mèche autour de laquelle on le lie solidement au moyen d'une cordelette (voir *fig.* 24); il importe de procéder avec grand soin, afin que la solidarité ne puisse être détruite au cours du bourrage. Dans le cas où la résistance du papier inspirerait des craintes à ce sujet, il serait bon de passer en outre la cordelette en croix autour de la cartouche. Parfois, la solidarité est assurée par de petits dispositifs

métalliques placés à l'intérieur des cartouches, lesquelles ne portent pas de papier.

Si l'explosion a lieu dans l'eau ou dans un milieu très humide, il faut avoir soin de graisser le joint de la cartouche et de la mèche, pour que l'humidité ne puisse pénétrer jusqu'au fulminate. Dans le cas où l'explosif serait susceptible de s'altérer rapidement sous l'action de l'eau, il serait

Fig. 24.



utile de le placer dans une enveloppe en caoutchouc ou, mieux encore, un récipient étanche en tôle mince.

Toute cartouche amorcée ne peut être maniée qu'avec de grandes précautions. De même que pour les amorces seules, l'action du feu ou d'un choc brusque est susceptible de provoquer l'explosion, en amplifiant considérablement les résultats. Aussi est-il absolument essentiel de *n'amorcer les cartouches qu'au moment même de leur emploi.*

La cartouche-amorce préparée, on l'introduit avec précaution dans la mine, que l'on bourre ensuite. Il importe d'être très prudent au début de l'opération. Vient enfin l'allumage.

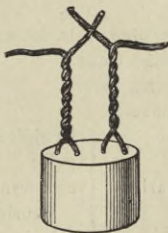
Le fulmicoton humide (*voir p. 55*) s'emploie avec des amorces composées de fulmicoton que l'on a séché sur des plaques de fer chaudes et dont l'explosion est provoquée par une faible capsule au fulminate. Le poids de ces amorces

augmente très rapidement avec l'humidité de la charge.
D'après Abel,

6 ^{es}	de fulmicoton séché correspondent à..	17	pour 100 d'eau
28 ^{es}	»	»	20
115 ^{es}	»	»	30-35

Ces amorces présentent l'inconvénient de pouvoir donner naissance à des vapeurs nitreuses, très délétères, en cas d'explosion incomplète.

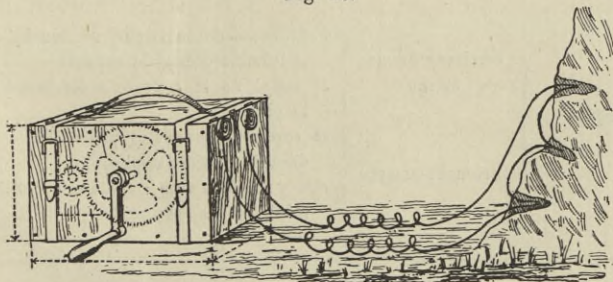
Fig. 25.



L'emploi de l'électricité permet d'allumer la mine directement, sans avoir recours à la mèche Bickford. Le matériel nécessaire pour le sautage électrique des mines comprend une source d'énergie électrique, un conducteur et une amorce ou détonateur.

Les amorces électriques (*fig. 25*) se composent d'une enveloppe en bois, en métal ou en carton dans laquelle est placée

Fig. 26.



la composition (*voir p. 127*) dont l'explosion entraînera celle de la charge.

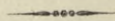
Les sources d'électricité peuvent être chimiques ou mécaniques, selon que l'on emploie des piles ou bien un exploseur électrique (*fig.* 26).

Nous avons résumé, dans le Tableau ci-dessous ⁽¹⁾, l'ensemble des éléments dont la défektivité pourra entraver la réussite des coups de mine :

1. Trou de mine	{	emplacement	
		direction	
		dimensions	
2. Explosif	{	choix	{ inaptitude à la détonation
			{ venues d'eau
			{ terrain fissuré
		qualité	{ mauvaise
			{ avariée
			{ humidité
			{ gelée
			{ conservation : décomposition spontanée,
			{ favorisée par l'élévation habituelle de
			{ la température ambiante
		charge	{ trop faible
			{ trop forte
3. Détonateur	{	qualité	{ mauvaise
			{ avariée (humidité)
		charge trop faible	
4. Mèche	{	qualité	{ mauvaise
			{ avariée (humidité)
		diamètre trop faible	
5. Amorçage	{	sertissage de la mèche	{ l'extrémité de la mèche ne touche pas le fulminate dans la capsule
			{ le métal de la capsule a été coupé par la pince
		cartouche-amorce	{ la capsule ne pénètre pas suffisamment dans la matière explosible
			{ elle y pénètre trop : contact direct de la mèche et de l'explosif

(¹) Ce Tableau est extrait de notre Ouvrage intitulé : *Les explosifs industriels* (p. 84).

6. Chargement { les cartouches laissent trop de vide dans le trou de mine
le contact de la cartouche-amorce avec le restant de la charge ou bien de deux cartouches consécutives quelconques est contrarié par l'interposition de substances étrangères, parfois même par une couche d'air
7. Bourrage { défaut de compression
défaut de précaution { amorçage dérangé
quantité insuffisante { mèche coupée



CHAPITRE VI.

POUDRES SANS FUMÉE.

La fabrication des poudres sans fumée a été l'objet, au cours de ces dernières années, de perfectionnements très considérables. En général, elles se composent de nitrocellulose additionnée de nitroglycérine et fréquemment de camphre ou autres substances propres à diminuer la sensibilité. Comme composés nitrés que l'on a employés ou simplement proposés, citons l'amidon, la jute, le papier, la benzine, l'acide picrique, seuls ou mélangés avec des nitrates, chlorates, etc.

Parmi les poudres sans fumée, on distingue les poudres de chasse et les poudres de guerre, mais cette classification n'est pas absolue, car si la plupart des poudres de guerre ne sont guère employées pour la chasse, il n'en est pas moins aisé d'obtenir, à peu près dans toutes les fabriques de poudres de chasse, des produits propres aux armes de guerre.

Comme poudres de guerre sans fumée, les plus connues sont la cordite, la balistite, la mélinite, la poudre française B.-N. et la poudre allemande; comme poudres convenant aux usages de la guerre et de la chasse : la poudre Schultze, les poudres E.-C., S.-R. et S.-V., la riflélite, la poudre Walsrode, la canonite, la poudre Cooppal, l'ambérite, etc.

La *cordite* est la poudre sans fumée du Gouvernement anglais. Nous en avons examiné succinctement la fabrication (p. 46). Lors des expériences auxquelles a été soumis cet explosif, on a constaté que la vitesse initiale était de 2400 pieds ($731^m, 50$), dans un fusil à 6 pouces de calibre (15^{mm}); avec le calibre de 4,7 pouces (12^{mm}), on obtint, la charge étant de $5 \frac{1}{2}$ livres ($2^{kg}, 5$), le même résultat que si l'on avait

employé 12 livres de poudre noire (5^{kg},450); avec une charge de 2^{gr}, la pression exercée sur les parois du canon est de 14 tonnes par pouce carré (2133^{atm}).

Le Tableau ci-dessous montre les résultats de deux expériences comparatives auxquelles fut soumise la cordite :

INDICATION du fusil.	CALIBRE.	POIDS du projectile.	POUDRE NOIRE.		CORDITE.	
			Charge.	Vitesse initiale.	Charge.	Vitesse initiale.
14 Pr.....	7 ^{mm} , 6	6 ^{kg} , 356	3 ^{kg} , 234	640 ^m	1 ^{kg} , 248	748 ^m , 50
3 Pr.....	2 ^{mm} , 8	1 ^{kg} , 498	0 ^{kg} , 632	585 ^m	0 ^{kg} , 340	696 ^m , 50

Le mode d'explosion de la cordite varie avec son diamètre. Voici les dimensions qui correspondent, d'après le colonel Barker, aux diverses catégories d'armes :

	po	mm
Carabine 0,303	0,0375	0,09525
Fusil 12 Pr. B. L.....	0,05	0,127
	0,075	0,1905
Fusil G. F. calibre 12.....	0,100	0,254
Fusil G. F. calibre 15.....	0,300	0,762
Canons	0,4 à 0,5	1,016 à 1,27

Pour les carabines, on l'emploie sous forme de cordes constituées de 60 torons; pour les fusils de chasse, leur longueur est de 11 pouces (254^{mm}); elle en atteint 14 (355^{mm},5) lorsque le diamètre est plus considérable.

Dans les torpilles, la cordite donne une vitesse de 50 pieds (15^m,25) et une pression de 35 livres dans le tube (16^{kg}). En ce qui concerne l'action de cet explosif sur le canon des armes, le colonel Barker rapporte qu'à Waltham, un fusil Q. F., calibre 12, ne fut point détérioré après 40 coups à la poudre noire et 249 à la cordite; un fusil B. L. de 4^{kg},5 donna les mêmes résultats.

Le capitaine Sir A. Noble a également soumis la cor-

dite à d'intéressantes expériences : avec une charge de 5 livres 10 onces ($2^{\text{kg}}, 550$) de cordite de diamètre = 0,2 pouce ($0^{\text{mm}}, 5$), la pression moyenne obtenue au *crusher gauge* (1) fut de 13,3 tonnes par pouce carré (13,6 maximum et 12,9 minimum), soit 2027^{atm} . La vitesse initiale fut de 2146 pieds ($654^{\text{m}}, 50$) et l'énergie de 1437 tonnes-pieds (445010^{kg}).

D'après ces expériences, la quantité de gaz engendrée par 1^{er} de cordite est de 700^{cc} à 0° et sous la pression de 760^{mm} ; aux gaz permanents, il convient d'ajouter une notable proportion de vapeur d'eau; il en est de même pour la balistite. La quantité de chaleur développée est de 1260^{cal} .

Un essai comparatif, portant sur 12 livres ($5^{\text{kg}}, 5$) de poudre *pebble* (caillou) ordinaire, donna une pression moyenne de 15,9 tonnes par pouce carré, soit 2424^{atm} . La vitesse initiale imprimée à un projectile de 45 livres ($18^{\text{kg}}, 400$) fut de 1839 pieds (561^{m}) et l'énergie développée, de 1055 tonnes-pieds (326712^{kgm}). Un gramme de cette poudre, à 0° et sous la pression de 760^{mm} , engendre 280^{cc} de gaz permanents et développe une quantité de chaleur égale à 720^{cal} .

Les expériences auxquelles procéda en 1891 une Commission nommée par le Ministre de la Guerre montrèrent que la cordite, même en quantité considérable, peut être enflammée sans que l'explosion s'ensuive : sur un vaste bûcher furent placées plusieurs caisses contenant chacune de 500 à 600 livres de cordite (227 à $262^{\text{kg}}, 5$); elles brûlèrent tranquillement pendant quinze minutes environ. A Woolwich en 1892, dix cartouches de cordite, enveloppées dans du papier, furent soumises à la décharge d'une carabine ($0,303$) chargée de cordite, sans qu'aucune fit explosion.

En ce qui concerne l'action exercée par les produits de l'explosion de la cordite sur le canon des armes à feu, Sir A. Noble fait remarquer qu'elle diffère totalement de celle que produit la poudre noire. Celle-ci creuse, mange en quelque sorte le métal, tandis qu'avec la cordite les érosions sont d'une nature beaucoup plus douce. La détérioration est moindre avec la cordite qu'avec la balistite et plus considé-

(1) *Manomètre écraseur*. Cet appareil, auquel on conserve sa dénomination anglaise, est décrit ci-après dans le Chapitre IX.

nable qu'avec la poudre brune prismatique. C'est la poudre amide (1) qui a donné à cet égard les résultats les plus favorables.

Dans le tableau ci-dessous (2), Sir A. Noble a résumé les résultats des expériences auxquelles il a soumis un certain nombre d'explosifs :

NOMS DES EXPLOSIFS.	CALIBRE 40.		CALIBRE 50.		CALIBRE 75.		CALIBRE 100.	
	Vitesses.	Énergies.	Vitesses.	Énergies.	Vitesses.	Énergies.	Vitesses.	Énergies.
Cordite de diamètre = 1 ^{mm} , 016	^m 851,60	^{km} 1676298	^m 896,10	^{km} 1856222	^m 964,98	^{km} 2152276	^m 1001,55	^{km} 2315787
Cordite de diamètre = 0 ^{mm} , 762	752,54		798,26		856,79		885,43	
Balistine en cubes de 0 ^{mm} , 762	736,48	1309017	773,26	1472219	829,96	1696737	855,25	1812247
Poudre française B. N. pour fusils de cal. 15.	685,48	1253275	719,32	1392192	772,96	1580607	797,34	1690853
Poudre amide prisma- tique	676,04	1086048	713,83	1195985	765,34	1381373	784,54	1469432

Dans la *fig. 27*, nous indiquons, d'après une communication faite par le Professeur Lewes à la *Society of Arts*, les courbes comparatives concernant les pressions exercées par la cordite et par la poudre noire. Les expériences furent exécutées sous la direction du Dr Anderson, Directeur général des manufactures de l'Artillerie, au moyen d'un fusil à 6 pouces (15^{mm}) de calibre; le poids du projectile était de 100 livres (45^{kg}, 359) et la vitesse initiale due à la cordite, 1960 pieds (597^m, 58).

Les opinions diffèrent quant à l'action exercée par l'élévation

(1) Cette poudre, brevetée en 1885 par M. Gaens, se compose des substances suivantes :

Nitrate de potasse	48,50
Nitrate d'ammoniaque ..	38,50
Charbon de bois	13,00

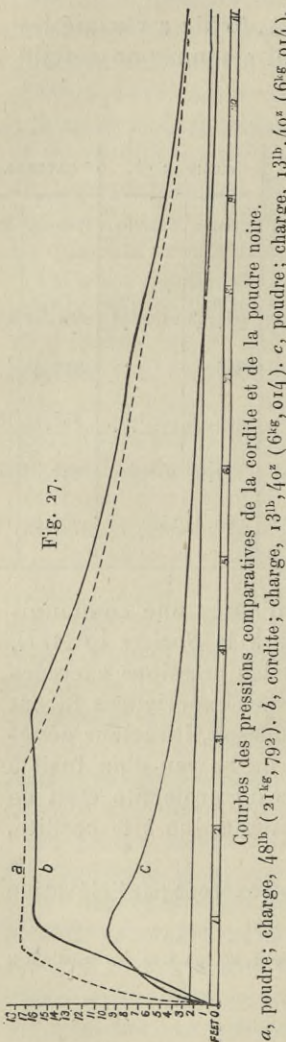
(2) Les mesures anglaises sont traduites en mesures françaises.

de la température : d'après le Dr Anderson, cette influence serait plus sensible sur la cordite que sur la poudre noire :

à la température de 110° F. (47°, 3), la pression exercée dans un fusil de 12^{mm} était notablement affectée. Mais le colonel Barker ne partage point cette manière de voir et, sans méconnaître l'influence qu'exerce la chaleur sur les propriétés balistiques de la cordite, ne la considère pas comme supérieure à son action sur la poudre noire. Les expériences nombreuses auxquelles a été soumise la cordite, aussi bien sous le climat glacé de la région septentrionale du Canada que sous le ciel torride des Indes, ont donné les meilleurs résultats quant à la stabilité de cet explosif, dont les propriétés balistiques ne purent être affectées d'une manière sensible.

Le Dr Anderson recommande de ne point charger la cordite dans le voisinage des chaudières marines. Dans le même ordre d'idées, le professeur Lewes pense qu'il pourrait être utile d'établir, dans les vaisseaux de guerre, une circulation d'eau autour des magasins à cordite, afin que la température ne puisse dépasser 100° F. (43°, 3).

La *balistite*, brevetée par Nobel, était à l'origine une gélatine camphrée composée de 1 partie de camphre pour 10 de nitroglycérine, avec addition de 20 parties de benzine et 5 de nitrocellulose soluble. Après avoir laissé digérer le mélange, on chauffait afin d'évaporer la benzine ; puis, la



zine et 5 de nitrocellulose soluble. Après avoir laissé digérer le mélange, on chauffait afin d'évaporer la benzine ; puis, la

matière était passée entre des rouleaux chauffés à la vapeur qui la transformaient en feuilles, découpées ensuite à volonté. Plus tard, on supprima le camphre et l'on constitua le mélange, moitié par moitié, de nitroglycérine et de nitrocellulose soluble; dans de telles proportions, l'intervention d'un dissolvant était nécessaire. La benzine, que l'on emploie à cet effet, est évaporée ensuite.

La balistite se présente sous la forme de petits cubes de 0,2 pouce de côté (5^{mm}), de teinte brun foncé. L'incorporation se fait dans une auge en bois doublée de zinc, que l'on peut chauffer au moyen de tuyaux à circulation de vapeur.

Les feuilles de balistite brûlent avec projection d'étincelles. Lors des expériences auxquelles Sir A. Noble soumit cet explosif, la pression moyenne obtenue au *crusher gauge* fut de 14,3 tonnes par pouce carré, soit 2180^{atm} (maximum : 2210 et minimum : 2142), la charge étant de 5 livres 8 onces (2^{kg}, 290). La vitesse initiale fut de 2100 pieds (640^m) et l'énergie, de 1429 tonnes-pieds (442533^{kgm}). La quantité de gaz permanents engendrés, 615^{cc} par gramme; la quantité de chaleur développée, 1365^{cal}.

La balistite est fabriquée à Ardeer, en Écosse, ainsi qu'à Chilworth (Surrey). En Italie, elle se présente sous la forme de fils au lieu de cubes et a reçu le nom de *filite*. Le produit confectionné en Allemagne contient une proportion plus élevée de nitrocellulose; on le recouvre d'une couche de graphite.

Parmi les poudres sans fumée à base de coton ou de bois nitré, une des plus anciennes en date est le fulmicoton de Prentice, mélange de 15 parties de papier nitré avec 58 de cellulose, dont on constituait des cartouches cylindriques.

La poudre Punshon se composait de fulmicoton que l'on mélangeait avec du nitrate de potasse ou de soude, après l'avoir imprégné au préalable d'une dissolution de sucre. Plus tard, on employa du nitrate de baryum et la poudre fut soumise à la granulation. La tonite, proposée à l'origine comme poudre de guerre, est affectée actuellement aux applications industrielles.

Poudre Schultze. — Le capitaine Schultze, de l'artillerie prussienne, fit breveter en 1867 une poudre blanche destinée à la fois aux travaux de mine et au tir. Cette poudre, qui ne contenait à l'origine que du charbon de bois et du salpêtre, répond à la composition centésimale suivante, que nous extrayons du Dictionnaire des explosifs de Cundill :

Bois nitré soluble.....	14,83
Bois nitré insoluble.....	23,36
Bois.....	13,14
Nitrates de potassium et de baryum.....	32,35
Paraffine.....	3,65
Éléments solubles dans l'alcool.....	0,11
Humidité.....	2,56

D'autres échantillons contiennent de l'amidon, du collodion, etc.

Pour fabriquer cette poudre, il faut tout d'abord débarrasser le plus possible la matière des impuretés et spécialement des sucs qu'elle renferme. On débite le bois dur en feuilles minces, d'une épaisseur correspondant à la grosseur du grain à obtenir; ces feuilles sont ensuite découpées à l'emporte-pièce en petits morceaux réguliers. La matière est alors soumise à plusieurs ébullitions successives dans des lessives faibles de carbonate de soude, lavée à grande eau, reprise par la vapeur dans des caisses perforées, lavée à l'eau, séchée, blanchie par le chlorure de chaux, reprise par l'eau bouillante et séchée : la cellulose obtenue, sensiblement pure, est soumise ensuite à la nitration, puis mélangée aux ingrédients qui constituent la poudre Schultze. Cette poudre, que l'on fabrique à Londres, est d'un usage très répandu.

La *poudre E.-C.* fut brevetée en 1882 par MM. Reid et Johnson. Elle est fabriquée à Greenhite (Kent) et à New-Jersey en Amérique. La cellulose employée, provenant de coton d'excellente qualité purifié avec soin, est nitratée de même. Après l'avoir réduite en une poudre très fine, on procède à un grenage, que l'on effectue en turbinant la matière humide. Les grains sont ensuite séchés, puis humectés

avec de l'éther alcoolisé, ce qui gélatinise la surface. Ils sont alors teints en orangé, soumis à une nouvelle dessiccation et tamisés enfin à l'effet de séparer ceux qui se sont agglomérés au cours de la gélatinisation.

La poudre E.-C. n° 2 contient un peu de camphre; le traitement à l'éther alcoolisé s'opère en même temps que la granulation. On obtient un grain plus dur et plus dense. Cette poudre, moins comprimée en cartouches que la première, brûle avec grande régularité et imprime aux projectiles une plus grande vitesse, sans développer de pression plus élevée dans l'âme du fusil. Les poudres E.-C. sont stables. A l'essai de résistance à la chaleur, elles donnent d'excellents résultats. On les emploie beaucoup comme poudres de chasse.

Les poudres J.-B., fabriquées par MM. Judson et Borland, sont analogues aux poudres E.-C.

L'*indurite* est due au professeur Munroe, attaché au Service des torpilles aux États-Unis. Elle se compose de coton-poudre que l'on traite par de la vapeur, et que l'on mélange ensuite avec de la nitrobenzine. La *poudre Dupont* est un produit analogue. Une autre poudre américaine, due à M. Léonard, contient 75 parties de nitroglycérine, 25 de coton-poudre, 5 de lycopode et 4 de cristaux d'urée dissous dans l'acétone.

La *poudre sans fumée française*, due à M. l'ingénieur Vieille (poudre B.-N.) et employée pour le fusil Lebel, est un mélange de nitrocellulose et de tanin, additionné d'un mélange d'azotates de potasse et de baryte; la détonation est accompagnée d'un très léger nuage de fumée bleuâtre, qui se dissipe très rapidement.

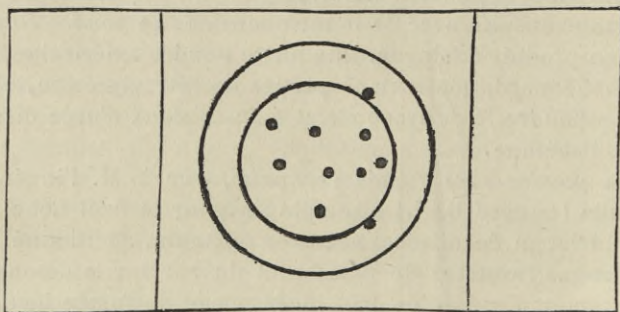
Parmi les poudres sans fumée les plus en vue, citons la *rifléite*, que fabrique la *Smokeless Powder Company Limited* dans son usine de Barwick, Herts. C'est une poudre de guerre et de chasse qui a donné d'excellents résultats. On en confectionne de plusieurs espèces, qui diffèrent d'après les armes auxquelles on les destine.

La composition de la rifléite n'est guère complexe: elle ne contient purement et simplement que du bois nitré. Certaines analyses que l'on a publiées mentionnent d'autres

substances; mais d'après les renseignements que nous communiqua feu M. Dougall, qui fut Directeur de la Compagnie, elles ne sont point exactes. Les variétés dans la nature de la poudre obtenue se réalisent en mélangeant des composés à degrés divers de la nitration du bois. On emploie la nitrobenzine simplement à titre de dissolvant, et on l'évapore ensuite.

La riflélite présenterait des avantages nombreux : sécurité dans la fabrication, le transport, l'emmagasinage et l'emploi pour toutes les catégories d'armes à feu; régularité de la force et de la vitesse; dureté des grains; absence de poussière; innocuité des produits de l'explosion, qui ne peuvent détériorer ni encrasser le canon des armes à feu; recul faible; pas de choc; peu d'échauffement ni de bruit; grande vitesse initiale; absence de fumée le jour et de flamme la nuit; stabilité sous tous les climats.

Fig. 28.



A la réunion tenue en 1895 à Bisley par la *National Rifle Association* fut organisé un concours de tir à la riflélite; la distance était de 900 yards (822^m,60) et l'arme employée la carabine Lee-Metford 0,303; 10 coups par tireur. La charge était de 38 grains (2^{gr},5), la balle pesait 215 grains (14^{gr}). Le premier prix, dont nous reproduisons le carton dans la *fig. 28*, obtint 48 sur un maximum de 50. La *fig. 29* représente les effets obtenus au moyen de la riflélite, à une distance de 100 yards (91^m,40), sur un sac contenant du sable

fin humide. L'arme employée était un fusil de chasse à double canon, 0,303. On remarquera l'épanouissement en champi-

Fig. 29.



gnon, dont il est aisé de déduire les résultats que l'on peut obtenir en ce qui concerne la chasse.

Le Tableau ci-dessous permet d'établir la comparaison entre la riflélite et la cordite; les essais furent exécutés au fusil Lee-Metford.

DATES.	TEMPÉ- RATURES.	PRESSIONS barométriques en millimètres.	VITESSES INITIALES en mètres.		NOMBRE DE COUPS.
			Riflélite.	Cordite.	
1892.					
22 novembre...	+ 6 ⁰	767,1	651,08		4
5 décembre...	+ 1,6	749,3	617,82		5
8 décembre...	- 1	762	612,03	579,72	5
22 décembre...	+ 4	760	617,51		5
1893.					
2 janvier.....	- 4,4	757,4	609,59	580,63	5
11 janvier.....	- 6,7		614,47		6
8 février.....	+ 6,7	754,9	616,91	594,35	5
23 février.....	+ 0,6	748	613,25	604,41	5
4 mai.....	+18,3	767,6	612,94	604,41	5
19 juin.....	+29,4	760	627,88	610,51	5

D'autres expériences furent effectuées à l'effet de comparer la riflélite à la poudre noire. Les charges de poudre étaient de 40^{gr}; l'arme employée, le fusil Martini-Henry. Les charges de riflélite (1), déterminées de manière à imprimer au pro-

(1) La *Smokeless Powder Company Limited* fabriquait à cette époque la poudre S. R., qui fut l'objet des essais ci-dessus. Aujourd'hui, cette poudre est abandonnée et remplacée par la riflélite 0,450.

jectile une vitesse supérieure de 1 pour 100 au plus à celle de la poudre, correspondaient à des quantités de deux à deux et demie fois plus petites. Cela étant, voici les résultats obtenus :

DATES.	TEMPÉ- RATURES.	PRESSIONS barométriques en millimètres.	VITESSES INITIALES EN MÈTRES.	
			Riffléite.	Poudre noire.
1893. 2 janvier.....	- 4,4	757,4	406,59 406,59 401,41 404,46 404,46	397,14 402,33 401,41 401,41 400,19
8 février.....	+ 6,7	754,9	405,68 419,08 410,86 409,95 406,92	419,69 401,10 403,97 407,38 406,59
6 mars.....	+10,6	764,9	405,38 412,08 407,38 410,07 403,97	425,79 407,38 406,59 403,97 407,38

Les résultats sont encore plus marqués avec d'autres armes, la Remington, par exemple. La charge dépend d'ailleurs, indépendamment du fusil employé, de plusieurs circonstances : force de la capsule, calibre, poids de la balle, etc. On peut considérer qu'en général les proportions correspondantes en poids sont de 35 à 50 de riflélite pour 100 de poudre noire.

La riflélite est très employée en Angleterre, ainsi qu'aux Indes. Pour les opérations industrielles, la Compagnie fabrique les poudres S. B. : le n° 1 pour les roches dures et le n° 2 pour les autres.

La *canonite* est due à M. Chapman. Elle est fabriquée par le Syndicat des poudres sans fumée, à Trimley (Suffolk). Sa densité est égale à 1,6. Elle se présente sous l'aspect d'une poudre noire à grains fins. La vitesse initiale qu'elle imprime

aux projectiles est de 2030 pieds (618^m,73) et la pression exercée, de 15 à 17 tonnes par pouce carré, soit 2286^{atm} à 2591^{atm}. Les produits de l'explosion ne corrodent ni encrassent le canon du fusil. La force de pénétration des projectiles est très grande.

Grâce à l'obligeance de M. Ponsonby, nous avons pu visiter la manufacture et assister à plusieurs expériences. Avec le fusil M. B. L. 0,303 ou le Martini-Henry, la fumée était difficilement visible. L'échauffement du fusil était moindre qu'avec beaucoup d'autres poudres. L'essai de résistance à la chaleur donna d'excellents résultats. La vitesse initiale moyenne mesurée lors des essais rapportés dans la revue *Arms and Explosives*, fut de 2007 pieds (611^m,72). La charge à employer est de 35 grains (2^{gr},268) pour les fusils.

La fabrication de la canonite peut être résumée comme suit : le fulmicoton, qui constitue la base de cette poudre, est d'abord soumis à complète dessiccation, puis mélangé à des produits résineux et traité par des dissolvants, à l'effet de le gélatiniser. La matière, après avoir subi une pression élevée, passe à travers une plaque en bronze percée de petites ouvertures. On obtient des fils dont le diamètre varie d'après l'usage auquel on destine la poudre; on évapore ensuite le dissolvant, que l'on a soin de recueillir, puis le produit est broyé finement entre des cylindres de bronze à surface rugueuse, granulé, et tamisé à l'effet de le débarrasser de la poussière. Pour terminer, on le recouvre d'une couche de graphite.

La *poudre Walsrode* se compose exclusivement de nitro-cellulose chimiquement pure. L'humidité ne peut l'affecter en rien : des échantillons, qui avaient séjourné plusieurs jours dans l'eau, purent parfaitement être employés après avoir été séchés. La chaleur n'exerce aucune influence et même après plusieurs années d'emmagasinage, le produit ne se trouve modifié en rien.

La poudre Walsrode chauffe et corrode beaucoup moins que la poudre noire le canon des fusils. La charge type est de 30 grains (1^{gr},950). Il est nécessaire que l'amorce soit forte, car les grains sont très durs et exigent une grande flamme. Pour les cartouches de chasse, on introduit une

bourre supplémentaire en feutre afin de compenser le peu d'espace occupé par la charge.

La pression exercée dans l'âme du fusil par les produits de l'explosion n'est guère élevée : dans certaines armes, elle se réduirait à la moitié de celle qui correspond à d'autres poudres ; le recul est donc très petit. La poudre Walsrode a donné de très bons résultats au concours de la *National Rifle Association*, à Bisley.

Cette poudre est fabriquée comme suit : la nitrocellulose ayant été gélatinisée au moyen d'éther acétique est soumise ensuite à une pression élevée qui la force à passer dans de petites ouvertures dont est percée une plaque de bronze. On réduit les fils obtenus en grains de dimensions voulues. La poudre Walsrode M.-H. est une variété de couleur claire qui donne, avec une charge de 40 grains (2⁵^r, 592) une vitesse initiale de 1350 pieds (411^m, 47) et une pression de trois tonnes, avec un recul imperceptible.

La *poudre Cooppal* est fabriquée par la société Cooppal, de Wetteren (Belgique). Elle se compose de coton ou de jute nitré, mélangé ou non avec des nitrates et gélatinisé par l'addition d'un dissolvant. Il en existe un grand nombre de variétés. Celle qui est destinée aux Hotchkiss consiste en cubes noirs de trois millimètres de côté. Cette poudre est colorée à volonté par l'addition d'aniline. L'usine de Wetteren produit en grandes quantités les poudres noire, chocolat, prismatique, pebble, etc.

L'*ambérite*, fabriquée par la *Clyde Mills Company*, à Sandbank, N. B., se compose de coton-poudre, paraffine (exempte d'acides minéraux), et de cachou. La variété n° 2 est un mélange de nitrocellulose, paraffine, vaseline, graphite et nitrate de potasse ou de baryte. Les types fabriqués au début, à base de nitrocellulose également, contenaient de la nitroglycérine, de l'huile de castor et des nitrates. C'est une poudre à grains durs, résistants et que l'on charge de la même manière que la poudre noire. Elle donne de bons résultats, point de fumée et n'encrasse pas le canon des fusils. L'*ambérite* n° 2 est destinée au Martini-Henry.

La *poudre Greiner* est un mélange de nitrocellulose, nitrobenzine, graphite et noir de fumée.

La *poudre von Foster* se compose de nitrocellulose gélatinisée, additionnée d'une petite quantité de carbonate de chaux.

La *poudre Troisdorf*, fabriquée en Allemagne, est un mélange de nitrocellulose gélatinisée et d'un nitrate.

La *maximite* contient des nitrocelluloses solubles et insolubles, de la nitroglycérine et du carbonate de soude. Sa composition exacte et son mode de fabrication ne sont point connus; il en est de même, d'ailleurs, en ce qui concerne la majeure partie des autres poudres sans fumée. Elle est fabriquée par la *Columbia Powder Manufacturing Company*, de New-York.

La *poudre Saint-Marc*, d'invention récente, est due à un officier français. Elle a été expérimentée par MM. Armstrong and Co, à Elswick, dans un canon-revolver de calibre 47. Poids du projectile : 1^{kg}, 800. Avec une charge de 12 onces (340^{gr}, 2), la vitesse initiale fut de 657^m; avec 14 onces (397^{gr}), 702^m; et avec 16 onces (453^{gr}, 60), 874^m. C'est une poudre de couleur bleue, dont les grains ont une surface de 10^{mm} × 4^{mm}. D'après l'inventeur, elle se conserverait indéfiniment sans absorber l'humidité.

La *poudre normale* est fabriquée par la *Swedish Powder Manufacturing Company* à Landskrona (Suède), et employée par l'armée suisse depuis plusieurs années. Pour les fusils de chasse de calibre 8,4 on l'utilise sous forme de grains cylindriques de couleur jaune, et d'un diamètre de 0^{mm}, 8 à 0^{mm}, 9. Densité : 0,790; la charge comprend environ 840 grains. Pour les armes de guerre, on se sert de cubes gris, de densité = 0,750. Une série de 100 coups, tirés en dix-huit minutes, porta la température du canon à 284° F. (140°), tandis qu'avec une poudre à base de nitroglycérine on eût obtenu 464° F. (240°).

Cette poudre présente de grands avantages : facile à fabriquer, d'une sensibilité suffisante quoique pas trop considérable en ce qui concerne le choc et la friction, d'une densité peu élevée, elle est en outre très stable : un échantillon, employé après trois ans et demi de conservation, donna d'excellents résultats. D'autres, maintenus pendant vingt-trois mois dans l'atmosphère humide d'une cave contenaient 2 pour 100 d'humidité, donnèrent une vitesse initiale

de 1478 pieds (450^m, 50) et une pression de 1356^{atm}. Dans un fusil de calibre 7,5, avec une balle de 13^{gr}, 8 et une charge de 2^{gr}, la vitesse initiale fut de 2035 pieds (620^m, 26) et la pression de 2200^{atm}. Avec un canon de calibre 84, une charge de 600^{gr} et un projectile de 6^{kg}, 700, la vitesse initiale fut de 1640 pieds (500^m) et la pression de 1750^{atm}.

L'analyse d'un échantillon de poudre normale destinée au fusil 0,303 M. nous a donné le résultat suivant :

Nitrocellulose insoluble.....	96,21
Nitrocellulose soluble..	1,80
Coton non nitré.....	traces
Résines et divers	1,99

La *poudre Hengst* est à base de paille nitrée finement pulpée. Il en existe plusieurs variétés.

La *poudre Ryves* contient de la nitroglycérine, de la nitrocellulose, de l'huile de castor, de la pulpe de papier et du carbonate de magnésie.

La *Dynamite Actien-Gesellschaft Nobel* fabrique une poudre sans fumée composée de 70 à 99 parties d'amidon nitré pour 30 à 1 de di- ou trinitrobenzine.

La *poudre de chasse Bracket*, fabriquée en Amérique, se compose de bois nitré (mélange de composés solubles et insolubles) additionné de charbon de bois, humus et nitrate de soude.

L'*explosif Snyder*, breveté en Amérique pour le chargement des obus, est un mélange de 94 pour 100 nitroglycérine et de 6 pour 100 nitrocellulose soluble, avec addition d'un peu de camphre. Expérimenté dans un canon rayé de 6 pouces (152^{mm}), il détruisit de fond en comble une cible composée de 12 plaques d'acier d'un pouce chacune soudées ensemble, et sur lesquelles se trouvaient fixés des blocs en chêne de 12 et 14 pouces d'épaisseur (305^{mm} et 356^{mm}). Cette cible, du poids de 20 tonnes, était placée à une distance de 220 yards (201^m). Les charges étaient de 10 livres (4^{kg}, 536) par obus.

Comme poudres sans fumée, nous pouvons encore citer les poudres picratées, que nous avons passées en revue dans le Chapitre précédent.

Des *essais comparatifs* concernant la poudre noire et plusieurs catégories de poudres sans fumée ont été exécutés à Berlin par l'Association des tireurs allemands. La force de pénétration était déterminée au moyen de cadres placés en ligne droite à une distance de 20 pouces (508^{mm}) les uns des autres et portant chacun 5 cartons d'un millimètre d'épaisseur, distants de 3 pouces (76^{mm}). La vitesse, les cartons et la force de pénétration étaient mesurés à une distance de 40 yards (36^m,50) de la bouche du canon. La pression des gaz était mesurée au moyen d'un appareil spécial. Toutes les bombes étaient chargées de 1 $\frac{1}{8}$ once (31^{gr},5) de plomb n° 3.

Les chiffres indiqués dans le Tableau ci-dessous représentent les moyennes obtenues dans des cibles de 30 pouces (762^{mm}). Les poudres Schultze, E. C. et Walsrode étaient chargées dans des projectiles d'Eley, de 2 $\frac{1}{2}$ pouces (52^{mm}) de long. Les chiffres de la première colonne indiquent les pressions en atmosphères; ceux de la deuxième, les vitesses initiales en mètres et ceux de la dernière le nombre de feuilles traversées. Les chiffres indiqués sont les moyennes d'un grand nombre de coups tirés dans des conditions identiques.

NOMS DES POUDRES.	PRESSIONS.	VITESSES.	CIBLES.	PÉNÉTRATION.
Poudre noire à grains fins, charge réglementaire	514,2	280	pour 100 78,6 = 66	19
Poudre noire à gros grains, charge réglementaire	473,4	281,4	78,2 = 65	19,4
Poudre Schultze 2 ^{gr} ,73	921	290	64,2 = 54	20,2
Poudre Schultze 2 ^{gr} ,92	1052,8	305,8	52,2 = 42	20,6
Poudre E. C. 2 ^{gr} ,73	920,2	298,4	81,4 = 67	18,8
Poudre Walsrode 1 ^{gr} ,58	586,4	280,6	83 = 69	19

Baromètre	760 ^{mm}
Thermomètre	30°
Hygromètre	65
Direction du vent	S-O

CHAPITRE VII.

ANALYSE DES EXPLOSIFS.

Dynamite ordinaire. — L'analyse de cet explosif, qui contient 75 pour 100 de nitroglycérine et 25 pour 100 de kieselguhr, est des plus simples. On dose l'humidité par perte de poids, en plaçant un échantillon de 10^{gr} environ dans un dessiccateur au chlorure de calcium (1), où il séjourne de six à huit jours. La quantité d'humidité n'est pas élevée, inférieure en général à 1 pour 100.

M. Handy a proposé une méthode plus rapide : on prend une capsule en porcelaine d'un pouce de diamètre. Après y avoir placé 1^{gr} de la dynamite à analyser, on l'introduit à la partie inférieure d'un ballon de 600^{cc} environ, à goulot très large. Ensuite, au moyen d'un aspirateur, on fait passer sur la dynamite un courant d'air préalablement desséché par un barbotage dans l'acide sulfurique concentré. L'air est débité à raison de 10^{cc} environ par seconde et arrive à une distance d'un pouce environ de la capsule où se trouve la dynamite. A l'entrée ainsi qu'à la sortie, le courant d'air passe par des flacons de sûreté destinés à protéger la dynamite en cas d'entraînement mécanique de l'acide sulfurique ou d'introduction de l'eau provenant de l'aspirateur. Au bout de trois heures, on arrête le courant et l'on détermine l'humidité par la perte de poids. Ce procédé donne également de bons résultats avec la nitroglycérine.

Ce dosage effectué, la dynamite est placée sur du papier à filtrer; on pèse le tout, puis on sépare la nitroglycérine au

(1) Il serait dangereux d'employer à cet usage l'acide sulfurique concentré, car la moindre parcelle d'explosif projeté dans l'acide pourrait amener une explosion.

moyen de l'éther, dans un appareil de Soxhlet. Il sera nécessaire de redistiller l'éther à vingt-quatre reprises au moins.

Le procédé que nous employons, beaucoup plus simple, n'offre pas moins d'exactitude : il consiste à placer la dynamite dans un petit flacon d'Erlenmeyer, où on la laisse en contact avec de l'éther pendant vingt-quatre heures. Ensuite, on décante et on la met en contact à nouveau, pendant une heure, avec de l'éther; puis on fait passer sur un filtre taré, on dessèche à 100° et l'on pèse la kieselguhr, laissée comme résidu. On déterminera la nitroglycérine par différence. Si l'on voulait l'isoler par distillation de l'éther, on obtiendrait fatalement un résultat trop bas, car elle se volatilise elle-même à la température de volatilisation de l'éther.

Le résidu de guhr sèche peut être repris en vue de la recherche de sels minéraux : carbonate de soude, etc.

Un échantillon de dynamite n° 1, analysé à l'usine de Hayle, nous a donné le résultat suivant :

Humidité.....	0,92 pour 100
Kieselguhr.....	26,15 »
Nitroglycérine (dosée par différence)...	72,93

Gélatines explosibles. — Le plus simple de ces produits est la dynamite-gomme, qui contient 7 à 10 parties de dinitrocellulose dissoute dans 93 à 90 parties de nitroglycérine. La gélatine-dynamite et la gélinite renferment en outre du salpêtre et de la farine de bois.

Voici la méthode à employer pour l'analyse de ces explosifs : On pèse environ 10^{gr} de la substance, préalablement réduite en morceaux de petites dimensions à l'aide d'une spatule en platine. On détermine l'humidité de même que pour la dynamite ordinaire. On prend ensuite un petit entonnoir, dont l'ouverture supérieure est obturée par un chardon débarrassé de sa queue et l'ouverture inférieure par un tampon en laine de verre. Autour de cet entonnoir se trouve fixé un fil de platine qui permet de le manier; le tout est soigneusement taré. On y place l'échantillon desséché, puis on le transporte dans un appareil de Soxhlet, où l'on épuise par l'éther. La perte de poids indiquera la

quantité de nitroglycérine. Le résidu est traité ensuite par l'éther alcoolisé, qui dissout la nitrocellulose.

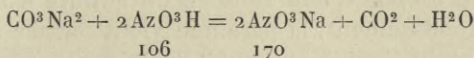
Une méthode plus simple et non moins exacte consiste à placer la gélatine, après dessiccation, dans un flacon d'Er-lenmeyer de 500^{cc}. On ajoute 250^{cc} d'éther alcoolisé (2 parties d'éther pour 1 partie d'alcool) et on laisse digérer jusqu'au lendemain; puis on filtre. La filtration terminée, il est bon d'ajouter à la liqueur 100^{cc} d'éther alcoolisé et de laisser reposer vingt minutes. Le dépôt se composera des sels minéraux et de la farine de bois que peut renfermer la gélatine.

La liqueur contient en solution la nitrocellulose et la nitroglycérine. On les sépare en l'additionnant d'un excès de chloroforme, 100^{cc} environ, qui donne naissance à un précipité gélatineux de nitrocellulose. Ensuite, on filtre sur de la toile et on laisse égoutter. On redissout le résidu dans l'éther alcoolisé, 20^{cc}, et l'on traite à nouveau par le chloroforme. Ce second traitement est nécessaire, car il a pour effet d'éliminer la nitroglycérine qui se trouve mélangée à la nitrocellulose. Le nouveau précipité que l'on obtient est mis à égoutter, puis à sécher dans une étuve chauffée à 40°, jusqu'à ce qu'on puisse aisément le détacher du filtre à l'aide d'une spatule. On le place alors dans un verre de montre taré, puis enfin dans l'étuve à 40° jusqu'à obtention de la constance du poids, lequel indique exactement la quantité de nitrocellulose.

Le résidu obtenu lors de la première filtration est insignifiant dans le cas de la dynamite-gomme : il se compose en général de carbonate de soude; il suffira de le sécher à 100° et de le peser ensuite.

S'il s'agit de dynamite-gélatine ou de gélinite, ce résidu sera traité comme suit : faire bouillir avec de l'eau distillée que l'on renouvelle une dizaine de fois. Filtrer ensuite sur un filtre taré, puis laver à l'eau chaude. Le dépôt obtenu se compose de la farine de bois; il reste à le sécher à 100° jusqu'à obtention de la constance du poids. La liqueur et les eaux de lavage contiennent les sels minéraux : salpêtre et carbonate de soude. Elles sont mises à évaporer dans une capsule en platine; puis le résidu est desséché à 100° et pesé. Pour doser le carbonate de soude, on ajoute quelques gouttes

d'acide nitrique dilué. On évapore de nouveau à siccité, puis on pèse. Si d représente la différence de poids et x le nombre de grammes de carbonate de soude, la valeur de x sera $\frac{106d}{64}$. La réaction chimique, en effet, se présente comme suit :



Donc $\frac{x}{d} = \frac{106}{170 - 106}$.

Quant à la nitroglycérine, on peut la doser par différence. On peut également reprendre la liqueur obtenue après la séparation de la nitrocellulose, la faire évaporer au bain-marie chauffé à 30° ou 40° et dessécher au moyen du chlorure de calcium jusqu'à ce qu'on ne puisse plus percevoir l'odeur de l'éther ou du chloroforme; peser enfin la nitroglycérine qui reste. Il est à remarquer que, des pertes étant inévitables, on obtiendra un chiffre trop bas.

Voici le résultat de l'analyse d'un échantillon de gélatine-dynamite :

Dinitrocellulose.....	3,819	pour 100
Nitroglycérine.....	66,691	»
Farine de bois.....	16,260	»
Azotate de potassium.....	12,890	»
Carbonate de sodium.....	néant	
Humidité.....	0,340	»

La dynamite contient fréquemment des ingrédients variés : paraffine, résine, soufre, bois, poussière de houille, charbon de bois, carbonate de magnésie, chlorate de potasse, etc. Dans ces cas, la marche de l'analyse devra forcément être modifiée : on traite la substance, non pas par l'éther alcoolisé, mais par l'éther pur. Après filtration, la nitroglycérine, la paraffine, la résine et la majeure partie du soufre passent dans la solution. Celle-ci ayant été soumise à l'évaporation, on pèse le résidu, que l'on traite par une solution de soude caustique. La résine se dissout. On décante la liqueur, puis on précipite la résine par l'acide chlorhydrique et on la recueille sur un

filtre taré, préalablement desséché à 100°; puis, on fait sécher le dépôt à 100° et on le pèse.

Le dépôt obtenu après la séparation de la résine est traité par de l'alcool concentré; ensuite, on décante. Il reste un résidu de paraffine et de soufre qu'on lave à l'alcool et pèse ensuite. Pour séparer ces deux substances, on chauffe le mélange en présence d'une solution de sulfure d'ammonium. Après refroidissement, la paraffine vient former une croûte à la surface du liquide et il suffit de la percer avec une tige de verre pour évacuer le liquide. Il reste à la laver à l'eau, sécher et peser. On déterminera le soufre par différence.

Si l'explosif contient du camphre, on traite d'abord par l'éther alcoolisé, puis par le bisulfure de carbone qui laisse passer dans la solution, en même temps que le camphre, la résine, la paraffine, le soufre et une petite quantité de nitroglycérine. Il suffit d'évaporer pour obtenir la volatilisation du camphre, que l'on dosera par la perte de poids.

Le bisulfure de carbone peut s'employer aisément pour séparer le camphre de la nitroglycérine; toutefois, la solubilité légère du liquide dans le réactif oblige à effectuer une seconde séparation, et l'on réalisera le dosage comme suit: après le traitement par le bisulfure de carbone et la séparation des deux liqueurs, on les chauffera au bain-marie jusqu'à 60°; on complétera la dessiccation au moyen du chlorure de calcium. De cette manière, le bisulfure de carbone et le camphre ayant été volatilisés laisseront comme résidu la petite quantité de nitroglycérine qui s'était dissoute dans le sulfure de carbone; on l'ajoutera à la portion séparée par le réactif. Il y aura une correction à faire, du chef de la nitroglycérine qui se volatilise en même temps que le sulfure de carbone; d'après le capitaine Hess, elle est égale à 1,25 pour 100.

Ainsi que le fait observer M. Morton Liebschutz (1), la variété des substances qui peuvent entrer dans la composition des dynamites est telle que leur détermination peut être parfois des plus délicates. Le dosage de la nitroglycérine dans la dynamite n° 1 n'offre aucune difficulté; mais il en est tout

(1) *Moniteur scientifique*, janvier 1893.

autrement lorsque la dynamite renferme des corps solubles dans l'éther : soufre, résine, paraffine, naphthaline, etc. M. Liebschutz préconise, dans ce cas, l'emploi de l'acide acétique, qui dissout la nitroglycérine.

D'après M. Marpurgo, la nitroglycérine en solution dans l'éther peut être décelée comme suit : on met dans un verre de montre quelques gouttes du liquide à examiner, et l'on ajoute une goutte ou deux d'aniline. Ensuite, faisant évaporer l'éther et ajoutant une goutte d'acide sulfurique concentré, on obtiendra, si la nitroglycérine est présente, une coloration rouge vif due à l'action du sulfate d'aniline sur l'acide nitrique dégagé par la nitroglycérine. S'il s'agit de la recherche de la nitrobenzine, on se sert d'une capsule en porcelaine dans laquelle on verse 2 gouttes de phénol liquéfié, 3 gouttes d'eau et un fragment de potasse gros comme un pois. On porte à l'ébullition et l'on ajoute la substance à examiner additionnée d'eau. Après une ébullition prolongée, la nitrobenzine produira à la surface du liquide une coloration rouge vif, qui devient vert émeraude par l'addition d'hy-pochlorite de potassium.

Tonite. — L'analyse de cet explosif n'est pas compliquée et peut s'effectuer comme suit : on prend 10^{gr} d'explosif au moins et on les fait bouillir avec de l'eau, en ayant soin de renouveler le liquide quatre ou cinq fois ; ensuite, on filtre : le nitrate de baryum passe en solution. On lave le résidu deux ou trois fois à l'eau bouillante ; puis, on évapore à siccité tout le liquide dans un creuset en platine. On sèche et l'on pèse ; le poids obtenu est celui du nitrate de baryum.

La tonite n° 3 renferme de la dinitrobenzine. Il faut d'abord la traiter par l'éther, qui dissout ce composé ; puis, filtrer. Après évaporation de l'éther que contient la solution, on pèsera le résidu, constitué de dinitrobenzine. Quant au dépôt sur le filtre, on le traitera par l'eau bouillante, pour séparer le nitrate de baryum.

Le résidu de ce traitement se compose de nitrocellulose. Après l'avoir séché et pesé, on le laissera digérer pendant trois heures dans un flacon conique, avec de l'éther alcoolisé ; ensuite, on passe sur un filtre taré, on dessèche le

résidu à 40° et l'on pèse. On obtiendra ainsi le poids du fulmicoton; la nitrocellulose soluble sera dosée par différence. Le dosage de l'azote, que nous examinerons ci-après, sera effectué sur le résidu du traitement à l'eau bouillante, résidu constitué du mélange des nitrocelluloses.

Cordite. — L'analyse de cette gélatine, dont nous avons indiqué la composition (*voir* page 46), s'effectue comme suit : on prend 5^{gr} de la substance et on les place dans un flacon conique, où on les laisse digérer jusqu'au lendemain avec de l'éther alcoolisé; puis, on filtre sur de la toile. Le résidu est lavé avec un peu d'éther, pressé, desséché à 40° et pesé. On obtient ainsi le poids de fulmicoton que renferme l'explosif.

La solution renferme la nitroglycérine, la nitrocellulose soluble et la vaseline. La nitrocellulose est précipitée par le chloroforme, recueillie sur le filtre, séchée et pesée. On reprend les deux solutions que l'on mélange; puis on les soumet à l'évaporation, à basse température, dans une capsule en platine chauffée au bain-marie. On obtient un résidu, que l'on additionne de 80 pour 100 d'acide acétique, à l'effet de dissoudre la nitroglycérine. Celle-ci est dosée par différence.

Nitrocelluloses. — Le dosage de l'*humidité* est la première détermination qu'il importe d'effectuer lorsqu'on se trouve en présence d'une caisse de fulmicoton ou bien d'un échantillon arrivant du *poacher*. A cet effet, on place 1^{kg} environ de la substance sur une feuille de papier tarée, que l'on a préalablement desséchée dans une étuve à 100° jusqu'à obtention de la constance du poids. Soumettant le coton-poudre au même traitement, on obtiendra, par perte de poids, la dose d'humidité initiale. Cette dose varie entre 20 et 30 pour 100.

L'*essai de solubilité* sert à déterminer les proportions de nitrocelluloses solubles et insolubles : on prélève 5^{gr} de l'échantillon qui vient de subir la dessiccation, et après les avoir exposés deux heures à l'air libre, on les place dans un flacon conique, où l'on verse ensuite 250^{cc} d'éther alcoolisé; puis on bouche et on laisse digérer deux à trois heures, en ayant soin d'agiter à plusieurs reprises. On filtre sur de la toile et on lave le dépôt avec un peu d'éther. Cela fait, on

l'enveloppe dans du papier à filtrer, que l'on soumet à l'action d'une presse à main. La matière passe ensuite à un deuxième traitement à l'éther alcoolisé, sans que le contact avec le liquide doive excéder une heure, puis elle est remplacée dans un papier à filtrer; on exprime le liquide à la main d'abord, à la presse ensuite et on soumet la substance à l'évaporation. On la transfère alors dans un verre de montre, que l'on place dans une étuve à 100° chauffée à l'eau. Lorsque la dessiccation est terminée, on l'expose deux heures à l'air libre et on la pèse ensuite.

Le poids obtenu indique la somme de nitrocellulose insoluble et de cellulose non nitrée; la nitration, en effet, laisse généralement intacte une partie de la cellulose traitée. On la dose à part sur 5^{gr} de la substance, que l'on soumet à l'ébullition avec une solution saturée de sulfure de sodium; puis, après un repos de quarante-huit heures, on filtre ou on décante. Ensuite, on soumet le produit à une seconde ébullition avec la même solution et l'on filtre à nouveau; on lave successivement à l'acide chlorhydrique étendu et à l'eau, on sèche et l'on pèse. Le poids obtenu est celui de la cellulose, plus les cendres, etc. Si l'on calcine, la perte de poids indiquera la quantité de cellulose.

Dans les laboratoires du Gouvernement anglais, la nitrocellulose soluble est dosée comme suit : on dissout dans 150^{cc} d'éther alcoolisé 50 grains (3^{gr}, 24) de la nitrocellulose à examiner et on laisse le contact se prolonger pendant six heures dans un flacon bouché de 200^{cc}, que l'on agite fréquemment. On prélève, à l'aide d'une pipette, 75^{cc} de la solution claire et on les soumet à l'évaporation au bain-marie d'abord, puis à l'étuve, jusqu'à obtention de la constance du poids; l'étuve est chauffée par de l'eau à la température de 120° F. (49°). Le poids obtenu est celui de la nitrocellulose soluble.

Alcalinité. — Ayant pris l'échantillon au centre de la nitrocellulose à examiner, on en prélève 5^{gr}, que l'on sèche à l'air et pulvérise ensuite. On les met à digérer avec environ 20^{cc} d'une solution $\frac{N}{2}$ d'acide chlorhydrique et l'on ajoute de l'eau

jusqu'à obtention de 250^{cc}; on agite pendant quinze minutes à peu près, puis on décante et on lave jusqu'à ce que les eaux qui passent ne donnent plus de réaction acide. On dose la solution, ainsi que les eaux du lavage, au moyen de la solution $\frac{N}{4}$ de carbonate de sodium; le papier de tournesol est employé comme indicateur.

Cendres et matières inorganiques. — On prend 2^{gr} à 3^{gr} de nitrocellulose, que l'on place dans une capsule en platine en présence d'un peu de paraffine raclée; on chauffe ensuite, de manière à provoquer la fusion de la paraffine et l'inflammation du mélange. Il reste à peser, après refroidissement.

Le procédé de Schjerning se pratique de la manière suivante : on prend 5^{gr} de la nitrocellulose à analyser et on les place dans une grande capsule en platine. On les humecte avec une liqueur composée d'éther alcoolisé saturé de paraffine, filtré et additionné d'un quart de son volume d'eau. On ajoute quelques fragments de paraffine, puis on enflamme. Durant la combustion, la capsule est maintenue dans une position oblique tout en subissant un mouvement de rotation, de manière que la nitrocellulose s'imprègne uniformément de paraffine. Ensuite, au moyen d'une baguette de verre, on détache la substance des bords de la capsule, que l'on chauffe pendant quinze à vingt minutes au chalumeau; il faut avoir soin de placer un couvercle, que l'on soulève de temps à autre. On pèse le résidu, on le lave ensuite à l'eau dans une capsule en porcelaine et on le chauffe à 90° en présence d'acide chlorhydrique. De cette manière, on dissout l'oxyde de fer, l'alumine, la chaux et la magnésie; la silice constitue un résidu insoluble. On continue ensuite l'analyse suivant la marche ordinaire. En général d'ailleurs, il suffit de connaître la proportion totale de cendres.

Le dosage de l'azote présente un intérêt tout particulier. Il permet en effet, indépendamment de toute autre détermination, de pouvoir se rendre compte *a priori* de la composition du coton nitré que l'on examine, par comparaison entre la quantité d'azote qu'il renferme et celles qui correspondent aux produits divers de la nitration du coton (*voir p. 52*).

Le procédé de dosage le plus expéditif consiste à employer le nitromètre de Lunge. L'opération s'effectue comme suit : on pèse avec le plus grand soin 0^{sr},6 (1) de la substance préalablement desséchée, que l'on place dans un flacon taré d'environ 15^{cc}; on ajoute ensuite, au moyen d'une pipette, 10^{cc} d'acide sulfurique concentré et on laisse digérer jusqu'à dissolution totale.

Le nitromètre de Lunge est basé sur la réaction qui se produit lorsqu'on met en présence de mercure de l'acide azotique : il se forme de l'azotate de mercure, avec dégagement de deutoxyde d'azote. Cela étant, il suffira d'évaluer la quantité de ce gaz qui a été produite pour en déduire la proportion d'azote.

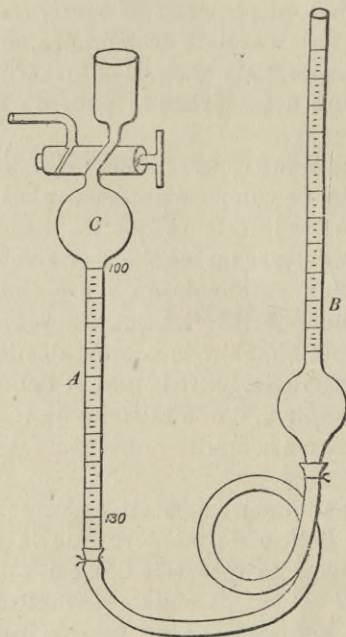
L'appareil, que nous représentons (*fig.* 30) sous sa forme la plus habituelle, se compose de deux tubes gradués A et B reliés à leurs parties inférieures par un tuyau de caoutchouc qui permet de les élever ou les abaisser à volonté. Le tube A est surmonté d'un entonnoir en verre commandé par un robinet de Greiner et Friederich qui, d'après la position qu'on lui donne, permet d'établir la communication avec ce tube ou bien avec l'extérieur. Entre le tube et l'entonnoir se trouve ménagé un réservoir C, d'une capacité de 100^{cc}; celle du restant de l'appareil est comprise entre 150^{cc} et 200^{cc}. Le tube B est ouvert.

Pour faire fonctionner l'appareil, on verse dans ce tube du mercure et on l'élève de manière que le liquide atteigne exactement le haut du réservoir C, c'est-à-dire le niveau du robinet; celui-ci est ouvert afin de permettre l'échappement de l'air. Ayant nettoyé avec un peu de papier à filtrer la surface du mercure et celle de l'entonnoir, on ferme le robinet. Puis, on verse la solution de nitrocellulose. Ensuite, à l'aide d'une pipette, on rince avec 15^{cc} d'acide sulfurique le flacon où elle se trouvait renfermée et on les verse de manière à arroser également le bouchon. On ouvre le robinet partiellement et l'on abaisse le tube B jusqu'à ce que la presque totalité de la solution se soit écoulée. Puis on

(1) Ce poids s'applique à la dinitrocellulose. S'il s'agit de fulmicoton, 0^{sr},5 suffiront.

referme le robinet, on verse dans l'entonnoir l'acide qui a servi au lavage du flacon et on le laisse écouler de même en C. Ensuite, on lave l'entonnoir au moyen de 10^{cc} d'acide sulfurique, que l'on verse par portions et dont on règle l'écoulement avec soin de manière à prévenir toute introduction d'air dans l'appareil. De même, il importe de ne pas

Fig. 30.



baisser trop brusquement le tube B, car le liquide entraînerait de l'air en s'introduisant dans le réservoir.

Le lavage de l'entonnoir terminé, on élève légèrement le tube B et plaçant horizontalement le tube A, on l'agite très violemment pendant une dizaine de minutes. La réaction s'accomplit et le gaz s'accumule entre la surface du mercure et l'entonnoir, dans le réservoir C et la partie supérieure du tube A. Cela fait, on remet le tube B dans sa position première et on laisse l'appareil reposer pendant vingt minutes,

pour permettre au deutoxyde d'azote de prendre la température de la salle, qu'indique un thermomètre disposé dans le voisinage immédiat du réservoir C.

Pour déterminer le volume de gaz produit, on établit l'égalité des niveaux dans les tubes, mais en faisant en sorte que celui de mercure en B dépasse d'une hauteur égale au $\frac{1}{2}$ de l'acide contenu en A le niveau du mercure dans ce dernier; de cette manière, on compense, eu égard aux densités, les différences des pressions exercées par l'acide et par le mercure. On constatera que la compensation est établie rigoureusement en introduisant par le robinet une goutte d'acide; il faudra qu'en l'ouvrant très légèrement, cette goutte n'ait de tendance ni à monter ni à descendre lorsqu'elle se trouvera dans le canal oblique qui traverse le robinet et relie l'entonnoir au réservoir C. S'il se produit un de ces deux mouvements, c'est qu'il n'y a pas égalité rigoureuse de pressions dans les tubes A et B. Il faudra mouvoir légèrement ce dernier afin de l'établir. Ce réglage final présente une certaine délicatesse et doit être pratiqué avec grande attention.

Lorsqu'il est terminé, il reste à lire le volume de gaz produit et à le corriger d'après les indications du thermomètre et du baromètre. Si V représente, en centimètres cubes, le volume que l'on a lu; B , la pression barométrique en millimètres et t la température en degrés centigrades, le volume corrigé V_1 sera donné par la formule

$$V_1 = \frac{VB}{760(1 + \delta t)};$$

δ est un coefficient dont la valeur est 0,003665.

Dans la Table suivante, nous donnons la valeur de $760(1 + \delta t)$ pour les températures comprises entre 0° et 30° :

Table pour la correction des volumes gazeux d'après la température, faisant connaître la valeur du dénominateur de l'expression

$$V_1 = \frac{V \times B}{760 \times (1 + \delta t)}$$

t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$
0,0	760,000	3,3	769,1918	6,6	778,3836
1	760,2785	4	769,4704	7	778,6622
2	760,5571	5	769,7489	8	778,9407
3	760,8356	6	770,0274	9	779,2193
4	761,1142	7	770,3060	7,0	779,4978
5	761,3927	8	770,5845	1	779,7763
6	761,6712	9	770,8631	2	780,0549
7	761,9498	4,0	771,1416	3	780,3334
8	762,2283	1	771,4201	4	780,6120
9	762,5069	2	771,6987	5	780,8905
1,0	762,7854	3	771,9772	6	781,1690
1	763,0639	4	772,2558	7	781,4476
2	763,3425	5	772,5343	8	781,7261
3	763,6210	6	772,8128	9	782,0047
4	763,8996	7	773,0914	8,0	782,2832
5	764,1781	8	773,3699	1	782,5617
6	764,4566	9	773,6485	2	782,8403
7	764,7352	5,0	773,9270	3	783,1188
8	765,0137	1	774,2055	4	783,3974
9	765,2923	2	774,4841	5	783,6759
2,0	765,5708	3	774,7626	6	783,9544
1	766,8493	4	775,0412	7	784,2330
2	766,1279	5	775,3197	8	784,5115
3	766,4064	6	775,5982	9	784,7901
4	766,6850	7	775,8768	9,0	785,0686
5	766,9635	8	776,1553	1	785,3471
6	767,2420	9	776,4339	2	785,6257
7	767,5206	6,0	776,7124	3	785,9042
8	767,7991	1	776,9909	4	786,1828
9	768,0777	2	777,2695	5	786,4613
3,0	768,3562	3	777,5480	6	786,7398
1	768,6347	4	777,8266	7	787,0184
2	768,9133	5	778,1051	8	787,2969

Table pour la correction des volumes gazeux (suite).

t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$
.C.		.C.		.C.	
9,9	787,5755	13,8	798,4385	17,7	809,3016
10,0	787,8540	9	798,7171	8	809,5801
1	788,1325	14,0	798,9956	9	809,8587
2	788,4111	1	799,2741	18,0	810,1372
3	788,6896	2	799,5527	1	810,4175
4	788,9682	3	799,8312	2	810,6943
5	789,2467	4	800,1098	3	810,9728
6	789,5252	5	800,3883	4	811,2514
7	789,8038	6	800,6668	5	811,5299
8	790,0823	7	800,9454	6	811,8084
9	790,3609	8	801,2239	7	812,0870
11,0	790,6394	9	801,5025	8	812,3655
1	790,9179	15,0	801,7810	9	812,6441
2	791,1965	1	802,0595	19,0	812,9226
3	791,4750	2	802,3381	1	813,2011
4	791,7536	3	802,6166	2	813,4797
5	792,0321	4	802,8952	3	813,7582
6	792,3106	5	803,1737	4	814,0368
7	792,5896	6	803,4522	5	814,3153
8	792,8677	7	803,7308	6	814,5938
9	793,1463	8	804,0093	7	814,8724
12,0	793,4248	9	804,2879	8	815,1500
1	793,7033	16,0	804,5664	9	815,4285
2	793,9819	1	804,8449	20,0	815,7080
3	794,2604	2	805,1235	1	815,9865
4	794,5390	3	805,4020	2	816,2651
5	794,8175	4	805,6806	3	816,5436
6	795,0960	5	805,9591	4	816,8222
7	795,3746	6	806,2376	5	817,1007
8	795,6531	7	806,5162	6	817,3792
9	795,9317	8	806,7947	7	817,6578
13,0	796,2102	9	807,0733	8	817,9363
1	796,4887	17,0	807,3518	9	818,2149
2	796,7673	1	807,6303	21,0	818,4934
3	797,0458	2	807,9089	1	818,7719
4	797,3244	3	808,1874	2	819,0505
5	797,6029	4	808,4660	3	819,3290
6	797,8814	5	808,7445	4	819,6076
7	798,1600	6	809,0230	5	819,8861

Table pour la correction des volumes gazeux (*suite*).

t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$	t	$760 \times (1 + \delta t)$
$21,6$	820,1646	$24,5$	828,2423	$27,4$	836,3200
7	820,4432		828,5208	5	836,5985
8	820,7217	7	828,7994	6	836,8770
9	821,0003	8	829,0779	7	837,1556
$22,0$	821,2788	9	829,3565	8	837,4341
1	821,5573	$25,0$	829,6350	9	837,7127
2	821,8359	1	829,9135	$28,0$	837,9912
3	822,1144	2	830,1921	1	838,2697
4	822,3930	3	830,4706	2	838,5483
5	822,6715	4	830,7492	3	838,8268
6	822,9500	5	831,0277	4	839,1054
7	823,2286	6	831,3062	5	839,3839
8	823,5071	7	831,5848	6	839,6624
9	823,7857	8	831,8633	7	839,9410
$23,0$	824,0642	9	832,1419	8	840,2195
1	824,3427	$26,0$	832,4204	9	840,4981
2	824,6213	1	832,6989	$29,0$	840,7766
3	824,8998	2	832,9775	1	841,0551
4	825,1784	3	833,2560	2	841,3337
5	825,4569	4	833,5346	3	841,6122
6	825,7354	5	833,8131	4	841,8908
7	826,0140	6	834,0916	5	842,1693
8	826,2925	7	834,3702	6	842,4478
9	826,5711	8	834,6487	7	842,7264
$24,0$	826,8496	9	834,9273	8	843,0049
1	827,1281	$27,0$	834,2058	9	843,2835
2	827,4067	1	835,4843	$30,0$	843,5620
3	827,6852	2	835,7629		
4	827,9638	3	836,0414		

Si nous représentons $760(1 + \delta t)$ par Δ , le poids en grammes de l'échantillon analysé par p , et si nous tenons compte en outre de ce que 1^{re} AzO renferme 0^{sr},6272Az, la proportion centésimale de ce gaz contenue dans la nitrocellulose analysée sera donnée par l'expression

$$x = \frac{100 VB \times 0,6272}{p \Delta}.$$

Comme exemple numérique supposons que

$$V = 114,6,$$

$$B = 750,$$

$$p = 0,6,$$

$$t = 15,$$

d'où, d'après la Table ci-dessus,

$$\Delta = 801,781.$$

Il viendra

$$x = \frac{100 \times 114,6 \times 750 \times 0,6272}{0,6 \times 801,781} = 11,22.$$

S'il s'agissait de nitroglycérine, la marche à suivre serait la même, mais on traiterait une quantité moindre : 0,1 à 0,28 pourrait suffire. Prenons également un exemple numérique :

$$V = 32,5,$$

$$B = 761,$$

$$p = 0,1048,$$

$$t = 15.$$

Nous aurons

$$x = \frac{100 \times 32,5 \times 761 \times 0,6272}{0,1048 \times 801,781} = 18,46.$$

La proportion théorique est 18,50 pour 100.

Pour doser les composés de l'azote, il suffira de multiplier la valeur de x par un coefficient qui variera d'après la quantité de ce gaz qu'ils renferment. La Table ci-dessous indique les poids qui correspondent, à la température de 0° et sous la pression de 760^{mm}, aux volumes de deutoxyde d'azote qui se trouvent dans la première colonne. L'un ou l'autre des nombres qui constituent la première ligne devra remplacer le dernier des facteurs du numérateur, dans l'expression donnant la valeur de x , d'après le composé que l'on désire doser.

VOLUMES de Az O en centimètres cubes.	POIDS CORRESPONDANTS EN MILLIGRAMMES.						
	Az	Az O	Az O ²	Az O ³ H	Az O ³ K	Az O ³ Na	Nitro- glycérine.
1	0,627	1,343	2,060	2,820	4,523	3,807	3,389
2	1,254	2,686	4,120	5,640	9,046	7,614	6,778
3	1,881	4,029	6,180	8,460	13,569	11,421	10,167
4	2,508	5,372	8,240	11,280	18,092	15,228	13,556
5	3,135	6,715	10,300	14,100	22,615	19,035	16,945
6	3,762	8,058	12,360	16,920	27,138	22,842	20,334
7	4,389	9,401	14,420	19,740	31,661	26,649	23,723
8	5,016	10,744	16,480	22,560	36,184	30,456	27,112
9	5,643	12,087	18,540	25,380	40,707	34,263	30,501

Le professeur Lunge a fait subir à son nitromètre, pour la mesure de petites quantités de gaz, une ingénieuse modification : le réservoir C, au lieu d'être placé à la partie supé-

Fig. 31.

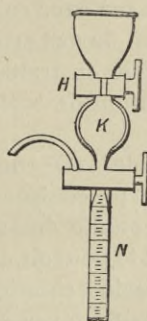


rieure du tube A, se trouve dans le corps même de ce tube (fig. 31). De cette manière, les quantités minimales de AzO peuvent se lire au moyen de la graduation supé-

rière du tube. La capacité du réservoir est de 70^{cc} et celle de chacune des parties du tube vaut 30^{cc}.

La forme donnée à l'appareil par M. Horn (1) s'emploie spécialement pour l'analyse des poudres sans fumée. Un premier robinet H (fig. 32) est pourvu d'une large ouverture

Fig. 32.



à travers laquelle on introduit, dans le réservoir K, une quantité pesée de la poudre réduite en fragments très petits. On ajoute ensuite 4^{cc} à 5^{cc} d'acide sulfurique préalablement chauffé à 30°, en ayant soin de fermer immédiatement après le robinet H. Lorsque la dissolution est effectuée, ce que l'on pourra accélérer en échauffant le réservoir avec précaution, on ouvre le robinet inférieur et la solution passe dans le tube N. On rince ensuite plusieurs fois à l'acide le réservoir K et l'opération est continuée comme il est indiqué ci-dessus.

MÉTHODE DE CHAMPION ET PELLET. — Cette méthode, qui n'est plus employée fréquemment, est basée sur le principe suivant : Si l'on fait bouillir de la nitrocellulose avec du chlorure de fer et de l'acide chlorhydrique, la nitrocellulose est décomposée et la totalité de l'azote est mise en liberté sous forme de AzO. Pour appliquer cette méthode, on prend 0^{gr}, 12 à 0^{gr}, 16 de nitrocellulose, que l'on dissout dans 5^{cc} à 6^{cc} d'acide

(1) *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1892, p. 358.

sulfurique. La solution est versée dans un flacon contenant du chlorure de fer et de l'acide chlorhydrique, et dont l'air a été chassé par l'ébullition préalable du mélange. Ayant échauffé le tout, la réaction se produit; le deutoxyde d'azote est recueilli dans un tube gradué, après avoir passé sur de la soude caustique. Le dégagement du gaz ne commence que lorsque la solution a acquis un certain degré de concentration. Il faut boucher le flacon avec soin après avoir introduit la solution, car la pression du gaz produit est assez violente.

Eder a modifié ce procédé en traitant la solution de nitrocellulose par une dissolution de sulfate de fer dans l'acide chlorhydrique.

Pour doser la quantité de AzO^2 contenue dans la nitroglycérine, Champion et Pellet préconisent le procédé suivant ⁽¹⁾ : on prend une quantité connue de sulfate de fer dont on a déterminé préalablement le pouvoir déducteur, on l'introduit dans un flacon avec de l'acide chlorhydrique, puis on ajoute un peu de pétrole. Cela fait, on verse 0^{sr}, 5 de nitroglycérine et l'on chauffe au bain-marie. Lorsque la décomposition est terminée, on chauffe à l'ébullition pour chasser AzO et l'on dose le sulfate de fer par le permanganate : 56 parties de fer oxydées par la réaction correspondent à 23 de AzO^2 dans la nitroglycérine analysée.

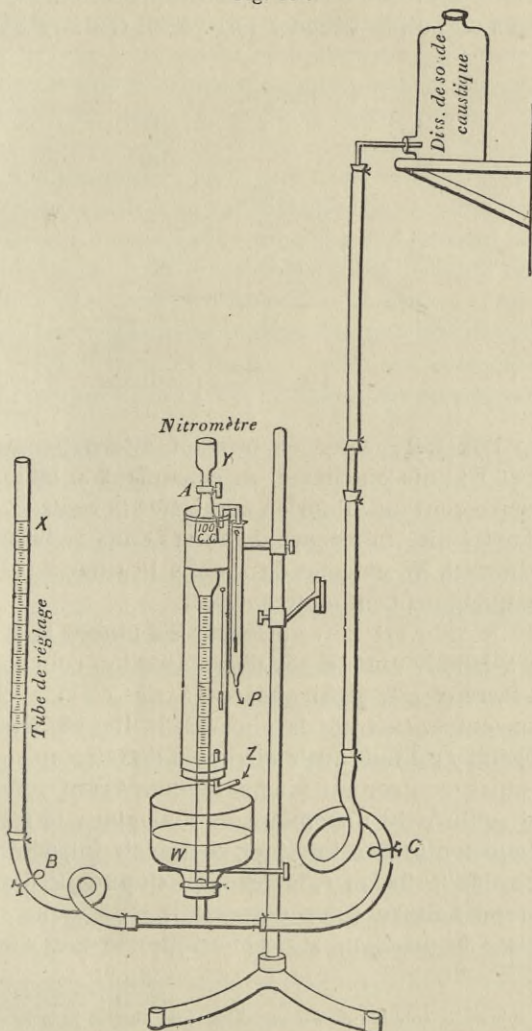
L'appareil de *Schultze-Tieman* est spécialement recommandable pour l'examen des nitrocelluloses et de la nitroglycérine; il permet d'obtenir des résultats qui présentent une grande exactitude. Nous en devons la description à l'obligeance de M. William Bate (usine de Hayle).

La *fig. 33^a* représente l'appareil employé. Il est basé sur le même principe que la méthode de Champion et Pellet. Le gaz est recueilli dans un nitromètre réfrigéré par une circulation d'eau extérieure. Pour faire fonctionner l'appareil, il faut d'abord l'emplir d'une solution de soude caustique. A cet effet, on dispose le nitromètre de manière que son extrémité inférieure soit introduite dans l'ouverture que porte le bouchon en caoutchouc obturant le bas du vase W; puis, on ouvre le robinet A et la pince C, la pince B restant fermée. La

(¹) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXIII, p. 707.

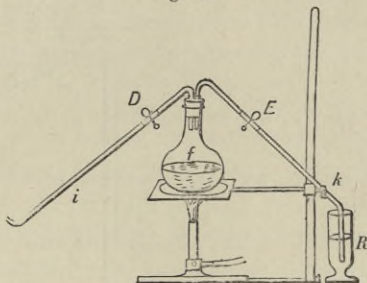
dissolution de soude caustique (densité 1,21 à 1,26), placée dans un récipient situé vers le haut, ne tarde pas à emplir

Fig. 33^a.



l'appareil, et lorsqu'elle atteint la moitié environ de l'entonnoir Y, on ferme le robinet A et la pince C, et l'on ouvre B.

D'autre part, on prend 0^{gr},5 à 0^{gr},65 de la nitrocellulose à examiner; après l'avoir desséchée d'abord à la température de 70° pendant huit à dix heures, et ensuite dans un dessiccateur à l'acide sulfurique où elle séjourne trois heures, on l'introduit dans un solide flacon *f* (fig. 33^b). On lave avec 25^{cc}

Fig. 33^b.

d'eau que l'on fait passer en ouvrant alternativement les pinces D et E; puis on chasse, en échauffant le ballon, l'air qui s'y trouve contenu. Pour en empêcher la rentrée, on fait plonger l'extrémité inférieure du tube *i* dans le liquide que contient le vase W et celle de *k* dans le tube à réactif R, contenant quelques centimètres d'eau.

Dès que le vide est fait, on ferme les pinces D et E. On place alors dans le tube R 25^{cc} d'une solution concentrée de chlorure ferreux (¹), ainsi que 10^{cc} à 15^{cc} d'acide chlorhydrique concentré. Ouvrant la pince E, le liquide s'introduit dans le flacon *f*; il faut avoir bien soin de faire en sorte que l'air ne puisse entrer en même temps. Ayant refermé la pince, on soulève le nitromètre et l'on place le tube *i* de manière que son orifice inférieur vienne s'y introduire. Cela fait, on chauffe le flacon *f*, la réaction s'opère, le deutoxyde d'azote prend naissance; on desserre D et, lorsque sa pression dépasse la pression atmosphérique, le gaz s'introduit

(¹) Pour obtenir la solution du sel métallique, on dissout le fer, sous forme de clous ou d'objets analogues, dans de l'acide chlorhydrique concentré, le fer étant en excès. Lorsque le dégagement d'hydrogène cesse, on filtre à chaud et on acidifie en ajoutant quelques gouttes de HCl.

dans le nitromètre. L'ébullition se continue avec des soubresauts, et lorsque l'introduction des bulles gazeuses au sein du liquide contenu dans le nitromètre vient à cesser on perçoit le bruit caractéristique produit par la distillation de l'acide chlorhydrique; on ferme alors la pince D et l'on ouvre E.

Ayant dégagé l'extrémité inférieure de *i*, on replace celle du nitromètre dans l'ouverture que porte le bouchon obturant le bas du vase W; puis on laisse reposer l'appareil jusqu'au moment où la température du nitromètre s'est abaissée suffisamment pour que l'eau servant à la réfrigération n'accuse plus à sa sortie P une température supérieure à celle de son entrée Z. Il reste alors à égaliser les niveaux du liquide dans le nitromètre et dans le tube de réglage X, ce que l'on réalisera en élevant ou abaissant celui-ci; puis on lira, à 0^{cc}, 1 près, le volume occupé par le deutoxyde d'azote, volume auquel on fera subir les corrections relatives à la température et à la pression barométrique.

MÉTHODE DE KJELDAHL ET CHENEL. — M. Kjeldahl, du laboratoire Carlsberg à Copenhague, est l'auteur d'une méthode de dosage de l'azote ⁽¹⁾ que l'on a appliquée aux substances organiques en général et en particulier aux engrais. Cette méthode, modifiée par M. Jodlbauer ⁽²⁾, fut adaptée à l'analyse des explosifs nitrés par M. Chenel, du Laboratoire central des Poudres et Salpêtres.

La marche peut être résumée comme suit : on prend 0^{gr}, 5 de la substance à analyser finement pulvérisée, et on les laisse digérer, à froid, avec une solution de 1^{gr}, 2 phénol et 0^{gr}, 4 anhydride phosphorique dans 30^{cc} SO⁺H². On agite fréquemment jusqu'à ce que la dissolution soit complète. Puis on ajoute, par petites quantités, 3^{gr} à 4^{gr} de poussière de zinc, en ayant soin de réfrigérer jusqu'à ce que la réduction soit complètement effectuée. On y verse ensuite 0^{gr}, 7 de mercure et l'on distille, la totalité de l'ammoniaque produit étant absorbée par de l'acide titré. Il reste à doser au moyen d'une solution titrée d'ammoniaque.

⁽¹⁾ KJELDAHL, *Zeitschrift Anal. Chem.*, 1883, T. XXII, p. 366.

⁽²⁾ JODLBAUER, *Chemisches Centralblatt*, 1886, p. 434-484.

M. Chenel a obtenu d'excellents résultats par l'application de ce procédé. Il fait observer que le succès de l'opération est subordonné à la parfaite transformation du phénol en dérivé nitré, laquelle se manifeste par la limpidité complète de la solution sulfurique. Pour les nitrocelluloses, il sera nécessaire d'apporter un soin tout particulier à la pulvérisation préalable au traitement initial. Dans le Tableau suivant se trouve consignés un certain nombre des résultats obtenus par M. Chenel :

SUBSTANCES ANALYSÉES.	AZOTE TOTAL	
	théorique.	déterminé analytiquement.
Salpêtre.....	13,86	13,91 13,82 13,73 13,96
Nitrate d'ammonium.....	35,00	35,31 34,90 34,96
Nitrate de baryum.....	10,72	10,67 10,62
Nitroglycérine.....	18,50	18,45
Dinitrobenzine (*).....	16,67	16,78 16,57
Para-nitrophénol.....	10,07	10,03
Acide picrique (*).....	18,34	18,42 18,43
Picrate d'ammonium.....	22,76	22,63 22,67
Ortho-dinitrocrésol.....	14,14	14,10 13,98
Méta-trinitrocrésol.....	17,28	17,57 17,27

(*) Le D^r Dyer a obtenu 16,54 pour 100 pour la dinitrobenzine et 18,39 pour 100 pour l'acide picrique (*Journ. Chem. Soc.*, août 1895).

M. Chenel a constaté que ce procédé ne peut être appliqué à l'analyse de la naphtaline tri- ou tétranitrée, ces composés

n'étant pas complètement solubles dans l'acide sulfurique à froid. Il est nécessaire de les transformer préalablement en naphtylamines, suivant la méthode de MM. d'Aguiar et Lautemann (1) : on prend 12^{gr} d'iode, que l'on ajoute par petites quantités à une solution de 2^{gr} Ph dans 15^{cc} à 20^{cc} S²C, contenue dans un flacon de 250^{cc}. On chauffe le tout au bain-marie à 100°, avec précaution, jusqu'à distillation complète du sulfure de carbone; puis on laisse refroidir et l'on détache, en agitant un peu, l'iodure de phosphore des parois du flacon. On introduit alors 0^{gr},5 à 0^{gr},6 de la substance à analyser puis 8^{cc} d'eau, et l'on agite doucement le flacon deux ou trois fois. La réaction est terminée au bout d'une minute. On laisse refroidir, puis on verse graduellement 25^{cc} SO⁴H², ainsi que 0^{gr},7 Hg; il se forme de l'acide iodhydrique (HI), qui est chassé par suite de l'élévation de la température. Il reste à continuer l'analyse d'après la méthode de Kjeldahl.

En ce qui concerne les nitrocelluloses, nous pensons que cette méthode ne présente pas d'avantages bien marqués sur l'emploi du nitromètre.

Dans le Tableau ci-après, nous donnons les proportions centésimales d'azote et de peroxyde d'azote que renferment les composés dont les noms s'y trouvent indiqués :

(1) *Bull. Soc. Chim.*, vol. III (nouvelles séries), p. 256.

NOMS.	FORMULES.	Az	Az O ²
Nitroglycérine	C ³ H ⁵ (O Az O ²) ³	18,50	60,70
Cellulose dodécanitrique	C ²⁴ H ²⁸ O ⁸ (O Az O ²) ¹²	14,14	46,42
Cellulose décanitrique	C ²⁴ H ³² O ¹⁰ (O Az O ²) ¹⁰	11,11	36,50
Nitrobenzine	C ⁶ H ⁵ .Az O ²	11,38	37,39
Dinitrobenzine	C ⁶ H ⁴ (Az O ²) ²	16,67	54,77
Trinitrobenzine	C ⁶ H ³ (Az O ²) ³	19,24	63,22
Nitrotoluène	C ⁷ H ⁷ .Az O ²	10,21	33,49
Nitronaphtaline	C ¹⁰ H ⁷ .Az O ²	8,09	26,53
Dinitronaphtaline	C ¹⁰ H ⁶ (Az O ²) ²	12,84	42,12
Nitromannite	C ⁶ H ⁴ (Az O ³) ⁶	23,59	77,37
Nitroamidon	C ²⁴ H ³² O ¹⁶ .H Az O ³	6,76	22,18
Acide picrique	C ⁶ H ² .OH (Az O ²) ²	18,34	60,15
Chloronitrobenzine	C ⁶ H ³ Cl (Az O ²) ²	13,82	45,43
Nitrate d'ammonium	Az O ³ .Az H ⁴	35,00	
Nitrate de sodium	Az O ³ Na	16,47	
Nitrate de potassium	Az O ³ K	13,86	
Nitrate de baryum	(Az O ³) ² Ba	10,72	
Acide nitrique	Az O ³ H	22,22	

Celluloïd. — Pour le dosage de l'azote au nitromètre de Lunge, on facilitera la dissolution de la substance dans SO⁴H² concentré en agitant au moyen d'un fil de platine. Il est utile d'éliminer le camphre. A cet effet, voici le traitement préconisé par M. Zaunschirm (1) : on dissout une quantité donnée de celluloïd dans de l'éther alcoolisé; on ajoute une quantité connue d'asbeste lavée et calcinée, ou bien de pierre ponce. Ensuite, on sèche, pulvérise et extrait le camphre par le chloroforme; après une seconde dessiccation suivie d'une pesée destinée à l'évaluation du camphre, on traite par de l'alcool méthylique absolu, on évapore et on pèse à nouveau; finalement, on dose l'azote au nitromètre.

Acide picrique et picrates. — L'acide picrique est soluble dans l'éther, le chloroforme, la glycérine, l'alcool, l'esprit de

(1) *Chem. Zeitsch.*, t. XIV, p. 905.

bois, le sulfure de carbone, la benzine, le pétrole et l'eau chaude. A froid, il se dissout dans 100 parties d'eau et 10 de soude caustique. Soumis à l'ébullition en présence d'une solution concentrée de cyanure de potassium, il donne naissance à de l'iso-purpurate de potassium, reconnaissable à sa teinte rouge foncé et qui ne tarde pas à cristalliser en lames rouge brun, au reflet vert chatoyant. Par l'addition de chlorure d'ammonium, ce sel se transforme en iso-purpurate d'ammonium ($C^8H^4.Az^5O^6.AzH^4$) ou murex artificiel, produit employé pour la teinture de la soie et la laine, auxquelles il donne une belle nuance rouge pourpre. L'addition de chlorure de baryum à l'un de ces sels produit un précipité rouge vermillon d'iso-purpurate de baryum. Avec le sulfate de cuprammonium, l'acide picrique donne un précipité vert clair.

L'essai de l'acide picrique peut être effectué comme suit, d'après l'Ouvrage de M. Allen sur l'*Analyse commerciale organique* :

Les matières résineuses ou goudroneuses s'y rencontrent fréquemment : il suffit, pour les séparer, de dissoudre la matière dans l'eau bouillante. La séparation sera parfaite si l'on neutralise la solution chaude au moyen de soude caustique.

Les acides sulfurique, chlorhydrique, oxalique ou leurs sels seront décelés en ajoutant respectivement du picrate de baryum, d'argent ou de calcium à la solution aqueuse, préalablement filtrée, de l'échantillon à analyser. Ces solutions de picrate sont obtenues aisément en faisant bouillir de l'acide picrique avec le carbonate métallique correspondant, et filtrant ensuite. Aux picrates on peut substituer d'autres sels solubles des mêmes métaux, mais les résultats sont moins satisfaisants.

L'acide nitrique est décelé par les fumées rouges qui se dégagent lorsqu'on chauffe la substance avec de la tournure de cuivre.

Les impuretés inorganiques, les picrates de potassium ou de sodium, laissent un résidu à la calcination.

Pour rechercher d'une manière générale les impuretés que renferme l'acide picrique ou les adultérations qu'il a subies,

on prend 1^{er} de l'échantillon à examiner et on l'agite dans un tube gradué avec 25^{cc} d'éther. L'acide se dissout, tandis que les nitrates, les picrates, l'acide oxalique, l'acide borique, l'alun, le sucre, etc., restent insolubles. Pour déceler l'eau ou l'acide oxalique, il sera préférable de substituer à l'éther 50^{cc} de benzine et de traiter à chaud. On séparera le sucre en traitant le résidu insoluble dans l'éther ou dans la benzine par de l'alcool rectifié : seuls, le sucre et l'acide borique se dissoudront. Pour déceler ce dernier, il suffira d'enflammer la dissolution alcoolique, qui brûlera avec une flamme verte.

Le mononitro- et le dinitrophénol se reconnaissent par leur point de fusion inférieur à celui du trinitro- (122°). Leurs sels de calcium sont moins solubles que le picrate et on peut les séparer presque totalement par cristallisation fractionnée ou précipitation de la solution chaude saturée de l'échantillon à examiner par un excès d'eau de chaux.

On peut doser l'acide picrique comme picrate de potassium : si une solution concentrée de l'acide à analyser est neutralisée au moyen de carbonate de potassium, le picrate cristallise en aiguilles jaunes, solubles dans 260 parties d'eau froide et 16 d'eau chaude.

L'acide picrique forme avec la plupart des alcaloïdes des sels insolubles. On peut utiliser cette propriété comme suit : à la solution de l'acide picrique ou du picrate à examiner, on ajoute une solution de sulfate de cinchonine acidulé par SO^4H^2 . Il se forme un précipité de picrate de cinchonine $[\text{C}^{20}\text{H}^{24}\text{Az}^2\text{O}(\text{C}^6\text{H}^2\text{Az}^3\text{O}^7)^2]$ qu'on lave à l'eau froide. On filtre, puis on évapore au bain-marie. Il reste à peser le résidu ; le poids obtenu, multiplié par 0,6123, indiquera la quantité d'acide picrique contenue dans l'échantillon analysé.

Glycérine. — La glycérine à employer pour la fabrication de la nitroglycérine doit avoir une densité minima de 1,261 à 15°. Pour déterminer celle-ci, on peut employer la balance de Westphal ou bien un flacon dont le volume est compris entre 10^{cc} et 25^{cc}.

La glycérine est susceptible de renfermer des impuretés très nombreuses : plomb, arsenic, chaux, chlore, acide sulfu-

rique, thio-sulfates, composés cyaniques, acides organiques (spécialement l'acide oléique et les acides gras), résines, etc. Comme adultération, on trouve du sucre, de la glucose et de la dextrine.

On peut tolérer la présence de traces d'arsenic et d'acide sulfurique; de chaux et de chlore en quantités moindres encore.

En ce qui concerne les *impuretés inorganiques*, la glycérine ne peut laisser à la calcination un résidu supérieur à 0,25 pour 100. Pour l'évaluer, on prend 25^{gr} de glycérine, on les évapore à 160°, dans une capsule en platine d'abord et à l'étuve ensuite; on continuera jusqu'à obtention de la constance du poids. Calciner ensuite sur un bec de Bunsen et peser les cendres obtenues.

On peut doser à part le chlorure de sodium en prenant 100^{cc} de glycérine, ajoutant un peu d'eau et neutralisant par le carbonate de sodium. On dosera au moyen d'une solution décimale de nitrate d'argent, le chromate de potassium étant employé comme indicateur.

La recherche de l'*acroléine*, ainsi que des *acides formique et butyrique* est pratiquée comme suit : une petite quantité de la glycérine à examiner est versée dans un petit flacon et l'on y ajoute le quart de son poids d'une solution $\frac{N}{10}$ de nitrate d'argent titrée; on agite et on laisse reposer quinze minutes dans une armoire sombre. Si au bout de ce temps la liqueur devient noire ou brun foncé, c'est qu'elle n'est pas pure.

Les acides formique et butyrique peuvent également être recherchés de la manière suivante : on chauffe, dans un tube à réactif, une petite quantité de la glycérine à examiner en présence d'alcool et d'acide sulfurique. Si ces acides sont présents, ils donneront naissance à des éthers composés : formiate et butyrate d'éthyle, faciles à reconnaître par leurs parfums analogues à ceux de la pêche et de l'ananas.

L'*essai de nitration* (voir p. 27) est très important. On mélange dans un vase 3 parties d'acide nitrique concentré (densité = 1,53) et 5 d'acide sulfurique (densité = 1,84), le volume total étant de 400^{cc}. On y verse 50^{gr} de glycérine.

Cette opération nécessite des précautions minutieuses : il faut avoir soin de se servir d'un vase de grande capacité et de tenir d'une main un récipient plein d'eau tandis que, de l'autre, on verse la glycérine; en outre, le vase où s'opère le mélange doit être animé d'un mouvement constant de rotation.

Lorsque l'opération est terminée, on laisse reposer le liquide afin d'effectuer la séparation. Si la glycérine est de bonne qualité, la ligne de démarcation entre le mélange acide et la nitroglycérine sera nettement indiquée et il n'y aura pas de flocons en suspension dans le liquide. Après avoir fait évacuer les acides, on agite une ou deux fois la nitroglycérine avec une solution chaude de carbonate de soude et, au moment de la neutralisation, il faudra également observer avec soin s'il se forme un précipité floconneux; dans l'affirmative, l'échantillon essayé doit être déclaré mauvais. La neutralisation terminée, on lave à l'eau; puis on verse la nitroglycérine dans un récipient taré, préalablement desséché au moyen de papier à filtrer. On pèse le tout. Le rendement ne devra pas être inférieur à 230 pour 100.

On peut également déterminer le rendement en évaluant le volume de la nitroglycérine produite, à condition de connaître la densité de la glycérine employée. Il suffira de prélever 10^{cc} de glycérine au moyen d'une burette graduée, et de les nitrater ainsi que nous venons de l'indiquer. Tenant compte des densités respectives, il sera très simple d'obtenir le rapport en poids.

M. Barton (1) propose de rechercher les *acides gras* comme suit : verser 100^{cc} de glycérine dans un récipient et les diluer avec un volume double d'eau. Ajouter quelques gouttes d'une solution à 1 pour 100 de phénophtaléine et 10^{cc} de soude caustique en solution normale. Après ébullition, titrer par HCl normal. L'essai pourra être considéré comme satisfaisant si la quantité de réactif à ajouter n'est pas supérieure à 0^{cc},6.

Pour doser les acides gras libres, on prend une quantité déterminée de glycérine et on l'agite dans un entonnoir à séparation avec un peu d'éther neutre. Puis on laisse reposer

(1) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 1895.

et, après séparation, on reprend l'éther, dans lequel se trouvent dissous les acides gras. On le lave à trois reprises successives avec de l'eau fraîchement bouillie, absolument exempte d'acide carbonique. On ajoute 1 goutte de phénolphtaléine, puis un peu d'eau, et l'on dose les acides au moyen de la solution décimale de baryte.

Pour la recherche des acides gras combinés, on verse dans un flacon environ 30^{gr} de glycérine, à laquelle on ajoute 0^{gr},5 de soude caustique en solution. On chauffe pendant dix minutes à 150°. Après refroidissement, on ajoute de l'éther, puis on acidifie franchement au moyen de SO^4H^2 et l'on agite le tout. Les acides gras passent en solution dans l'éther. Après séparation, on lave celui-ci avec soin pour éliminer la totalité de l'acide sulfurique. On ajoute du phénolphtaléine et l'on dose les acides. Déduisant des acides gras totaux les acides libres, il restera les acides gras combinés.

L'*acide oléique*, s'il existe en proportion élevée, se déposera en diluant la glycérine dans de l'eau. Pour déceler des quantités peu élevées, on fera passer dans la liqueur étendue un courant de peroxyde d'azote (obtenu en chauffant du nitrate de plomb) et il se formera un précipité floconneux d'acide élaïdique, moins soluble que l'acide oléique.

Le *dosage direct de la glycérine* peut être pratiqué par la méthode de Benedikt et Canton, qui consiste à la transformer en triacétine, saponifier celle-ci et doser par l'acide : on prend 1^{gr},5 de la glycérine à analyser et on la fait bouillir avec 7^{gr} d'anhydride acétique et 3^{gr} à 4^{gr} d'acétate de sodium anhydre; si ce sel n'était pas absolument anhydre, la conversion de glycérine en triacétine serait fatalement imparfaite. L'ébullition dure une heure et demie; il est nécessaire de se servir d'un condenseur à cause de la volatilité de la triacétine. On laisse refroidir, puis on ajoute 50^{cc} d'eau et l'on chauffe afin de dissoudre la triacétine; puis on filtre sur un flacon de grande capacité. L'opération doit être conduite très rapidement, car l'eau décompose peu à peu la triacétine.

La filtration terminée, on lave soigneusement le résidu à l'eau; puis, après refroidissement de tout le liquide, on ajoute du phénolphtaléine et on neutralise exactement à l'aide d'une solution alcaline à 2 ou 3 pour 100. Cette neu-

tralisation doit être faite avec soin et en agitant rapidement, de manière qu'il ne puisse y avoir en aucun endroit d'alcali en excès. Cela fait, on verse, au moyen d'une pipette, 25^{cc} d'une solution à 10 pour 100 de soude caustique, que l'on a titrée exactement au moyen d'acide normal. On chauffe à l'ébullition pendant dix minutes pour saponifier la triacétine et l'on dose l'excès d'alcali au moyen d'acide normal. Chaque centimètre cube de celui-ci correspond à 0^{gr},03067 de glycérine.

On peut également doser la glycérine par le protoxyde de plomb : on prend 2^{gr} de l'échantillon et on les mélange avec 40^{gr} de litharge; puis on chauffe à l'étuve, à 130°, jusqu'à obtention de la constance du poids. Il est nécessaire que la litharge soit absolument exempte de tout autre sel de plomb ou autres impuretés, car les résultats se trouveraient sensiblement faussés. Il importe également que l'atmosphère de l'étuve ne contienne pas d'acide carbonique.

On obtiendra le poids de la glycérine contenue dans les 2^{gr} prélevés en multipliant par 1,243 l'augmentation du poids de la litharge, déduction faite des substances non susceptibles de se volatiliser. Cet essai, pour donner des résultats précis, nécessite une glycérine relativement pure, exempte de résines et d'anhydride sulfurique.

Analyses des acides qui restent comme résidus dans la fabrication de la nitroglycérine ou de la nitrocellulose. — On détermine la densité au moyen d'un flacon ou de l'hydromètre. On dose Az²O⁴ au moyen du permanganate de potasse (voir p. 18); puis, on dose l'acidité totale au moyen d'une solution décimale d'hydrate de sodium et l'acide nitrique au nitromètre; des chiffres obtenus, on déduira la teneur en acide sulfurique. Soit, par exemple, l'acidité totale = 97,41 pour 100 et AzO³H = 11,07 pour 100;

$$97,46 - 11,07 = 86,39.$$

Donc, il y aura $\frac{86,39 \times 49}{63} = 67,20$ pour 100 SO⁴H², et le

résultat de l'analyse sera :

Acide sulfurique.....	67,20	pour 100	} densité = 1,7075.
Acide nitrique.....	11,07	»	
Eau.....	21,73	»	

Ce procédé présente une exactitude suffisante. On peut employer la liqueur telle quelle dans le nitromètre; 2^{cc} conviendront fort bien. Dans l'exemple ci-dessus, ces 2^{cc}, représentant $2 \times 1,7075 = 3^{\text{gr}},414$, produisirent 145^{cc} AzO (baromètre = 748^{mm} et température = 15°). Corrigé, ce volume représente 134^{cc},9 et comme 1^{cc} AzO correspond à 0^{gr},0282 AzO³H (voir p. 168), on aura 0^{gr},0282 \times 135 = 0^{gr},378 = 11,07 pour 100.

Nitrate de soude. — Doser l'humidité et le chlorure par les procédés ordinaires; déterminer au nitromètre la proportion de nitrate. La quantité à traiter est de 0^{gr},45, produisant environ 123^{cc} de gaz. Il faut la pulvériser très finement et la dissoudre au moyen d'une quantité très petite d'eau chaude dans l'entonnoir du nitromètre. On emploiera environ 15^{cc} SO⁴H² concentré.

Il y aura lieu de doser en outre les matières insolubles organiques ou inorganiques, le sulfate de soude et la chaux.

Fulminate de mercure. — On prend une quantité déterminée de fulminate de mercure et on l'introduit dans une cornue où se trouve un excès d'acide chlorhydrique, en quantité pesée également, et qui communique avec un récipient contenant de l'eau. Après avoir chauffé la cornue, on introduit l'eau du récipient, puis on précipite le mercure par H²S. On élimine l'excès du gaz en chauffant à nouveau à l'air libre. On dose alors la liqueur au moyen de KOH, ainsi qu'une nouvelle quantité d'acide égale à la première. Comme l'hydrogène sulfuré a reconverti le chlorure mercurique en acide chlorhydrique et comme l'hydroxylamine ne le neutralise pas, la quantité de HCl libre est égale à celle qu'on a introduite d'abord. Donc tout excès d'acide sera dû à l'acide formique engendré par le fulminate.

Cette méthode est due à MM. Divers et Kawakita qui

ont obtenu 31,30 pour 100 d'acide formique au lieu de 32,40, chiffre théorique (1). La quantité de fulminate employée étant de 2^{gr},351, ils obtinrent une teneur en mercure égale à 70,40 pour 100. Dans la solution, après précipitation du mercure, ils dosèrent l'hydroxylamine par l'iode et trouvèrent 9,85 pour 100 Az; Cl = 9,55 pour 100, après évaporation. Un autre dosage, effectué sur un échantillon de 2^{gr},6665 de fulminate, donna comme résultat une quantité d'acide formique correspondant à 8,17 pour 100 C. Mettons ces chiffres en regard de ceux qui correspondent au calcul théorique :

	Chiffres théoriques.	I.	II.	III.
Mercure.....	70,42	70,40	»	»
Azote.....	9,86	9,85	9,55	»
Carbone.....	8,45	»	»	8,17
Oxygène.....	11,27	»	»	»
	100			

La *vaseline*, employée dans la fabrication de certains explosifs, s'enflamme à 400° F. (204°, 5). Elle ne peut perdre plus de 0,2 pour 100 de matières volatiles, après avoir subi un échauffement de douze heures au bain-marie. La densité doit être de 0,87 à 100° F. (38°). Point d'ébullition : 278°; point de fusion : 86° F. (30°).

L'*acétone* ($\text{CH}^3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}^3$) a une densité de 0,81 (2). Il bout à 56°, 3. On l'emploie pur. Il doit satisfaire aux frais suivants : si on l'échauffe, il faut que 98 pour 100 distillent entre 56°, 2 et 56°, 4. Traité par une solution de permanganate de potasse à 1 pour 100, il faut que la coloration rose subsiste pendant plus de deux minutes. Il ne peut contenir plus de 0,005 d'acidité ni plus de 0,1 pour 100 d'aldéhyde.

Pour voir s'il n'a point été additionné d'eau, on pourra employer la méthode suivante, due à Schweitzer et Lungwitz (3) : on agite ensemble, à volumes égaux, l'acétone avec du naphte.

(1) *Journ. Chem. Soc.*, 1884, p. 17.

(2) D'après M. Squibb : 0,808157 à 4°; 0,79662 à 15° et 0,786988 à 25°.

(3) *Chem. Zeit.*, 1895, p. 1384.

S'il se trouve de l'eau, elle se déposera lors de la séparation des liquides par ordre de densité.

L'acétone employé pour la fabrication de la cordite doit perdre les $\frac{4}{5}$ de son volume par la distillation à 59°. Pour déterminer l'acidité, on en prélève 50^{cc}, auxquels on ajoute la même quantité d'eau ainsi que 2^{cc} de phénolphtaléine en solution dans l'alcool (1^{er} par litre). On dose au moyen de la solution $\frac{N}{100}$ de Na OH (1^{cc} = 0^{gr}, 0006 acide acétique).

CHAPITRE VIII.

POINT D'INFLAMMATION DES EXPLOSIFS, ESSAIS DE RÉSISTANCE A LA CHALEUR, ETC.

La détermination du point d'inflammation des explosifs s'effectue au moyen d'un récipient circulaire en cuivre, d'environ 0^m,075 de profondeur et 0^m,150 ou plus de diamètre. Ce vase est surmonté d'un couvercle percé de plusieurs trous de 0^m,005 de diamètre, portant chacun un tube descendant jusque vers le fond. Au centre du couvercle, une ouverture plus large que les autres est destinée à livrer passage à un thermomètre. Le récipient est rempli d'un alliage très fusible ou bien de paraffine, d'après la température que l'on présume devoir atteindre. Cela étant, l'opération s'effectue comme suit : le thermomètre ayant été introduit et assujéti au moyen d'un peu d'asbeste, on fait passer dans le bain, par l'intermédiaire des tubes, une certaine quantité de l'explosif à examiner. Élevant ensuite progressivement la température du bain, il reste à la noter au moment où se produit l'inflammation. On notera également la température au moment de l'introduction de l'explosif.

L'appareil d'Horsley se compose d'un vase hémisphérique en fer fixé à un support et dans lequel on introduit de la paraffine solide. Au même support se trouve fixé un thermomètre, dont le tube plonge dans la paraffine. Un tube cylindrique en cuivre, de $\frac{5}{8}$ pouce de diamètre (16^{mm}) et 1 $\frac{15}{16}$ de long (49^{mm}), est disposé au-dessus du bain de manière qu'on puisse l'immerger d'un pouce. Ayant échauffé la paraffine un peu au-dessus de son point de fusion, on place dans le tube une quantité minime d'explosif, le thermomètre plongeant dans le bain; puis, après avoir noté la température initiale, on immerge le tube renfermant la matière à essayer.

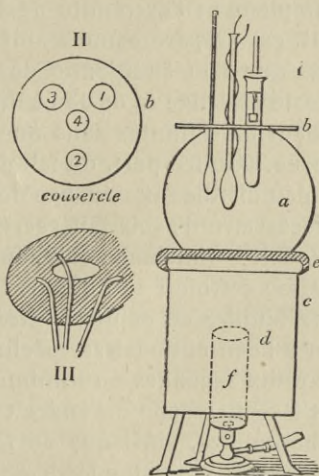
Il reste simplement à élever la température jusqu'à ce que se produise l'inflammation ou bien l'explosion du composé, et à prendre note du degré correspondant.

Le professeur Munroe, attaché au Service des Torpilles aux États-Unis, a déterminé au moyen de cet appareil le point d'inflammation des explosifs suivants :

NOMS DES EXPLOSIFS.	POINT d'inflammation (degrés centigrades).	OBSERVATIONS.
Nitroglycérine.....	203-205	Échantillon datant de 5 ans. L'essai porta sur une goutte.
Coton-poudre comprimé..	192-201	Échantillon destiné aux usages militaires. Densité = 1,5.
Coton-poudre séché à l'air libre.....	179-187	Emmagasiné depuis 4 ans.
Coton-poudre séché à l'air libre.....	187-189	Emmagasiné depuis 1 an.
Coton-poudre séché à l'air libre.....	186-191	Emmagasiné depuis 3 ans. Filaments longs, de l'espèce dite <i>Red Island</i> .
Coton-poudre séché à l'air libre.....	197-199	Emmagasiné depuis 3 ans. Emmagasiné humide.
Hydro-nitrocellulose....	201-203	
Dynamite n° 1.....	197-200	
Gélatine explosible.....	203-209	
Fulminate de mercure...	175-181	
Poudre noire (obus)....	278-287	
Poudre picrique de Hill (obus).....	273-283	Picrate d'ammo- pour 100. nium..... 42,18 Picrate de potas- sium..... 53,79 Charbon de bois (aune)..... 3,85 Emmagasinée depuis 10 ans.
Poudre picrique de Hill (fusil).....	282-290	
Forcite n° 1.....	187-200	
Poudre Atlas.....	175-185	75 pour 100 nitroglycérine.
Emmensite n° 1.....	167-184	Emmagasinée depuis plusieurs mois (caisse en bois).
Emmensite n° 2.....	165-177	Emmagasinées depuis plusieurs mois (caisses en fer-blanc).
Emmensite n° 3.....	305-217	
Poudre pour Chassepot..	191	Déterminations effectuées par Leygue et Champion.
Poudre à canon française.	295	
Poudre pour fusil (pi- crate).....	358	
Poudre pour canon (pi- crate).....	380	

Essai de résistance à la chaleur. — L'appareil employé par le Gouvernement anglais (*fig. 34*) se compose d'un récipient *a* en cuivre, d'environ 8 pouces de diamètre (203^{mm}), que l'on remplit d'eau jusqu'à $\frac{1}{4}$ pouce (6^{mm}) du bord. Ce vase, dont la partie supérieure a un diamètre de 5 pouces (129^{mm}), porte

Fig. 34.



un couvercle *b* percé de 4 ouvertures : en 1 et 2 viennent s'adapter les tubes destinés à renfermer l'explosif à examiner; en 3 un thermomètre gradué de 0° à 100° , et en 4 un régulateur de Page ⁽¹⁾ ou de Scheibler. Chacune des ouvertures 1 et 2 porte 3 fils de laiton (représentés en III) destinés à agir comme des ressorts à l'effet de maintenir les tubes à essai et les enlever facilement. Le diamètre du couvercle est de 6 pouces (152^{mm}).

Le vase *a* repose sur un support *c* d'environ 14 pouces de haut (356^{mm}) dont il est séparé par une solide toile métallique. Au-dessous se trouve placé un bec d'Argand *f*; un écran *d*, consistant en une mince feuille de cuivre, sert à éviter toute déperdition de chaleur.

(¹) Cet appareil se trouve décrit à la fin du présent Chapitre.

Les tubes dans lesquels on introduit l'explosif à examiner ont une longueur de $5\frac{1}{4}$ à $5\frac{1}{2}$ pouces (133^{mm} à 139^{mm}) et un diamètre de 18^{mm} . Ils sont en verre solide et portent un bouchon en caoutchouc où passe une mince tige en verre, dont la partie inférieure est munie d'un fil de platine destiné à l'introduction d'un papier réactif, qui mesure $0^{\text{m}},02$ de long sur $0^{\text{m}},01$ de large; il est loisible de supprimer le fil de platine et d'étirer simplement l'extrémité de la tige de verre.

Le papier réactif est préparé comme suit : on prend $2^{\text{sr}},9$ de farine de maïs que l'on additionne de $8\frac{1}{2}$ onces d'eau ($264^{\text{sr}},4$); on agite le mélange et on le chauffe jusqu'à ébullition, le maintenant dix minutes sans que la température devienne trop élevée. D'autre part, on fait dissoudre dans la même quantité d'eau distillée 1^{sr} d'iodure de potassium, qu'il est absolument nécessaire d'avoir fait recristalliser au préalable dans de l'alcool. On mélange soigneusement les deux solutions et on laisse refroidir la liqueur. Puis, on y plonge des bandes ou des feuilles de papier à filtrer blanc, que l'on a eu soin de laver à l'eau et de laisser sécher ensuite; après une immersion de dix secondes au minimum, le papier est mis à égoutter et à sécher dans un endroit où il soit à l'abri des fumées de laboratoire, ainsi que de la poussière. Cela fait, on l'ébarbe et on emmagasine les bandes obtenues dans des flacons soigneusement bouchés, que l'on conserve dans l'obscurité.

Pour s'assurer au moment de l'emploi que le papier réactif ne s'est pas modifié, on y dépose une goutte d'acide acétique dilué, au moyen d'une tige en verre. Si le papier reste incolore, c'est qu'il n'a pas été altéré; dans le cas contraire, il prend une teinte brunâtre et doit être rejeté.

Indépendamment du papier réactif, l'essai de résistance à la chaleur nécessite l'emploi d'un papier étalon que l'on obtient en préparant une solution de caramel dans l'eau d'une concentration telle que, diluée au $\frac{1}{100}$, elle prenne la même teinte que le réactif de Nessler dilué à raison de $0^{\text{sr}},000075$ d'ammoniaque (ou $0,00023505$ de chlorure d'ammonium) dans 100^{cc} d'eau.

Avec cette solution on trace, à l'aide d'une plume d'oie, des traits parallèles distants de 2^{cm} sur des bandes de

papier à filtrer blanc préalablement lavé à l'eau distillée et séché ensuite. Lorsque ces traits sont secs, on découpe le papier de la même manière que le papier réactif, en faisant en sorte que chacun des traits occupe le milieu d'un des morceaux de papier; on rejettera ceux dont l'épaisseur du trait n'est pas comprise entre $\frac{1}{2}$ et 1^{mm} .

Cela posé, examinons la manière dont on effectue, au moyen de l'appareil que nous venons de décrire, l'*essai d'une nitroglycérine* : on commence par fixer le thermomètre dans le couvercle *b* (*fig. 34*), de manière qu'il plonge de $2\frac{3}{4}$ pouces (70^{mm}) dans l'eau qui emplit le vase *a*. On pèse dans un des tubes à essai 50 grains ($3^{\text{gr}}, 29$) de nitroglycérine, que l'on a soin d'introduire à l'aide d'une burette, de manière à prévenir le contact avec les parois du tube. Puis, ayant fixé un papier à réactif à l'extrémité de la tige de verre qui traverse le bouchon destiné à recouvrir ce tube, on étend, vers le haut de ce papier, un mélange mi-partie glycérine et eau distillée, en quantité telle que la moitié du papier se trouve humectée; on emploie à cet effet une tige en verre ou un pinceau en poils de chameau.

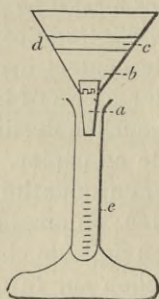
On place alors le bouchon sur le tube et l'on fixe la baguette en verre de manière que le bas du papier à réactif soit sensiblement au niveau du milieu du tube; quant à celui-ci, on le dispose de manière que la limite de la partie humide du papier dépasse de $\frac{5}{8}$ pouce (16^{mm} environ) la surface du couvercle *b*.

L'eau contenue dans le vase *a* étant chauffée à la température de 72° , il ne tarde pas à se former une ligne brun clair à la limite de la partie humide du papier à réactif, et l'opération est terminée lorsque la nuance de cette ligne est identique à celle du trait qui se trouve tracé sur le papier étalon. Il reste à noter le temps pendant lequel a été immergée la nitroglycérine. Si celle-ci a résisté quinze minutes, on peut la considérer comme un produit d'excellente qualité.

S'il s'agit de l'*essai des dynamites*, il faut tout d'abord séparer la nitroglycérine. On se sert à cet effet d'un entonnoir de 5^{cm} de diamètre surmontant une éprouvette graduée *e* (*fig. 35*). Le bas de l'entonnoir étant obturé par un tampon lâche *a* en asbeste fraîchement purifié par le feu, on

place une couche *b* de dynamite finement pulvérisée. Après en avoir égalisé la surface au moyen d'une baguette de verre ou d'un bouchon, on dispose une couche *c* de 3^{mm} d'épaisseur, composée de kieselguhr préalablement lavée et desséchée. On verse alors de l'eau, en ayant soin d'attendre que la première portion qui passe soit absorbée pour ajouter la suite. La nitroglycérine est déplacée et s'écoule dans l'éprouvette. On continue l'opération jusqu'à ce qu'on juge en avoir obtenu une quantité suffisante. S'il se faisait que de

Fig. 35.



l'eau eût passé en même temps dans l'éprouvette, on l'enlèverait au moyen d'un papier à filtrer, ou bien sur filtration du liquide.

Pour procéder à l'essai des gélamines explosibles, on prélève 50 grains (3^{sr}, 24) que l'on mélange intimement, dans un mortier et avec un pilon en bois, avec un poids double de chaux. On introduit graduellement le mélange dans un des tubes à essai, en ayant soin de le tasser au moyen de petits chocs successifs, de manière qu'il ne dépasse pas, au total, une hauteur de 1 $\frac{3}{4}$ pouce (45^{mm}) dans le tube. Cela fait, on poursuit l'essai de la même manière que pour la nitroglycérine. Il faut que la substance examinée puisse résister pendant dix minutes au moins, la température de l'eau étant également de 72°.

POUDRES A BASE DE NITROCELLULOSES. — On prend, s'il s'agit, par exemple, de l'essai d'un fulmicoton comprimé, un échan-

tillon susceptible de servir à deux déterminations ou même davantage. Cet échantillon, prélevé au centre d'une cartouche, est pulvérisé par frottement entre les doigts. Cela fait, on répand la poussière obtenue sur un morceau de papier mesurant 10^{cm} sur 15^{cm}, de manière à constituer une couche mince, et l'on place le tout dans une étuve à eau dont la température est maintenue aussi voisine que possible de 120° F. (49° C.). Après un séjour de quinze minutes, la porte de l'étuve étant restée large ouverte, on sort la feuille de papier et on l'expose pendant deux heures à l'air libre, en ayant soin de remuer de temps à autre la matière à la main, afin de la réduire à un état uniforme de division.

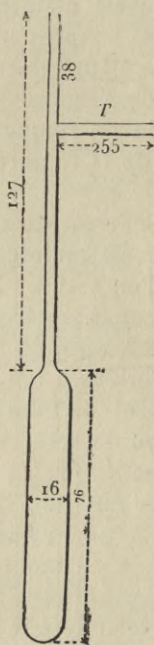
Cela fait, on procède à l'essai de résistance à la chaleur : la température du bain est maintenue à 150° F. (66°), le régulateur permettant d'en assurer la constance. On prend 20 grains (1^{er}, 296) de coton-poudre, que l'on tasse doucement dans un des tubes à essai de manière qu'ils n'y occupent pas un espace supérieur à 1 $\frac{5}{16}$ pouce (33^{mm}); les parcelles adhérentes aux parois du tube sont enlevées au moyen d'un morceau de toile ou de soie. Au début de l'opération, on place le papier réactif vers le haut du tube à essai; au bout de cinq minutes environ, il se forme dans le tube un anneau d'humidité, à un niveau un peu supérieur au couvercle de l'appareil. A ce moment, on abaisse la tige de verre, de manière que la limite de la partie humide du papier réactif soit de niveau avec le bas de l'anneau. L'essai est déclaré satisfaisant s'il a une durée totale de dix minutes au minimum.

L'essai du coton-collodion, de la poudre Schulze ou de la poudre E. C. ne diffère point de celui que nous venons de décrire. La cordite doit pouvoir résister pendant quinze minutes à une température de 180° F. (82°), ainsi que la nitroglycérine qu'elle renferme. On prélève l'échantillon en coupant des morceaux de $\frac{1}{2}$ pouce (12^{mm}, 5), que l'on pulvérise dans un moulin.

Nous avons décrit (voir p. 44) les essais auxquels sont soumises les gélatines explosibles en ce qui concerne la liquéfaction ou l'exsudation.

Le *régulateur de Page* ⁽¹⁾, est un appareil simple; en outre, il présente l'avantage de ne pas être affecté par les variations de la pression barométrique. Il comprend un thermomètre (*fig.* 36) dont le réservoir à mercure, de forme

Fig. 36.



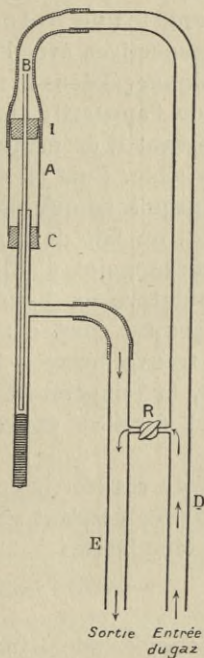
allongée, mesure $\frac{5}{8}$ pouce (16^{mm}) de diamètre et 3 de longueur (76^{mm}). La tige a 5 pouces (127^{mm}) de long et $\frac{1}{8}$ à $\frac{3}{16}$ pouce (3 à 5^{mm}) de diamètre. A $1\frac{1}{2}$ pouce de son extrémité (38^{mm}) est soudé à angle droit un tube T de même diamètre et d'une longueur de 1 pouce (25^{mm} , 4).

L'appareil sert à régler le débit du gaz qui alimente le bec d'Argand destiné à chauffer l'eau contenue dans le vase α (*fig.* 34, p. 189). A cet effet, on dispose le thermomètre de

(1) *Chem. Soc. Journ.*, 1876, p. 24.

manière que le gaz, pour se rendre de la canalisation à ce bec, doit traverser un tube mince B (*fig. 37*), dont il est solidaire par l'intermédiaire d'un autre tube A, de $\frac{7}{16}$ pouce de diamètre extérieur (11^{mm}) et 1 $\frac{1}{2}$ pouce de long (38^{mm}), aux extrémités duquel sont fixés les bouchons C et I, de préférence en caoutchouc; dans ces bouchons passent respecti-

Fig. 37.

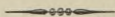


vement la tige du thermomètre et le tube B, dont on peut donc régler à volonté le niveau à l'intérieur de la tige. On branche sur A un tube D destiné à l'entrée du gaz, dont la sortie s'effectue au moyen d'un tube E adapté sur T. Cela étant, le gaz entre dans le tube B, dont l'orifice est placé à un niveau plus élevé que celui de A, et sort par son extrémité inférieure; mais il ne pourra s'échapper si celle-ci plonge dans le mercure. Une communication R, établie entre le tube d'entrée et le tube de sortie du gaz, permet au

brûleur de ne pas s'éteindre dans ce cas. Il est clair que la quantité de gaz qui passe en permanence par cette communication doit être inférieure à celle qui correspond à la température de t° , que l'on a en vue.

Pour faire fonctionner l'appareil, on commence par verser dans le thermomètre, au moyen d'un petit entonnoir, une quantité de mercure telle qu'à la température de t° , le niveau du liquide soit d'environ $1 \frac{1}{2}$ pouce (38^{mm}) inférieur à celui du tube T; puis l'on adapte le tube B et on établit, en A et en T, les communications respectives avec l'entrée et la sortie du gaz. Ensuite, faisant plonger B dans le mercure et ouvrant R, on expulse tout l'air de l'appareil; alors, on fait arriver le gaz et l'on allume, ouvrant R de manière que la flamme du bec soit simplement visible. Puis on élève B, laissant donc passer le gaz par T, jusqu'à ce que soit atteinte la température t . A ce moment, on fait descendre lentement B de manière qu'il atteigne le point d'affleurement. L'appareil est réglé; si la température du bain s'élève, le mercure monte et l'entrée du gaz est coupée automatiquement jusqu'au moment où se trouve dégagée l'extrémité inférieure de B. Si, d'autre part, la température s'abaisse, on voit le mercure descendre et dans ce cas il faut augmenter le débit du gaz.

Cet appareil permet de réaliser la constance de la température d'un bain à $0^{\circ},5$ près pendant six semaines, et à $0^{\circ},2$ près pendant quatre à cinq heures.



CHAPITRE IX.

PUISSANCE DES MATIÈRES EXPLOSIBLES.

Si l'on considère l'effet utile d'un explosif appliqué à l'industrie minérale, il faut distinguer, avec M. Haton de la Goupillière (1), deux points de vue essentiels : d'abord son intensité statique, d'après laquelle chaque unité de surface de contact finira par supporter un effort donné, quelles que soient les conditions qui auront présidé au développement de la pression développée. Ensuite, la rapidité de cette production, laquelle permettra de concentrer l'effort de déchirement sur le foyer même de la production avant que les forces mises en action aient eu le temps de se transmettre au loin. Suivant que la première ou la seconde de ces deux qualités se trouvera particulièrement caractérisée dans une poudre de mine, elle sera dite plus ou moins *forte* ou plus ou moins *brisante*; en fait, on ne saurait tracer une ligne de démarcation rigoureuse.

L'effet utile d'un explosif dépend en général de la nature, du volume et de la température des gaz formés, ainsi que de la vitesse de la réaction explosive.

On désigne sous le nom de *force* d'une matière explosible la pression par unité de surface qu'exerceraient les gaz produits par l'unité de poids de la substance si, à la température de combustion, ils occupaient l'unité de volume.

L'*énergie potentielle* d'une substance explosible est le travail maximum que l'unité de poids de cette substance est capable d'effectuer, dans le cas idéal d'une gazéification totale et d'une détente adiabatique indéfinie (2).

(1) *Cours d'exploitation des mines*, 1^{re} édition, t. I, p. 202.

(2) *Traité sur la poudre*, par les D^{rs} Upmann et E. Von Meyer traduit et augmenté par E. Désortiaux, p. 490.

On démontre aisément que le potentiel d'une substance explosible s'obtient en multipliant sa chaleur absolue de combustion par l'équivalent mécanique de la chaleur. En général, cette quantité de chaleur théorique n'est pas celle qui règle la pression développée au moment de l'explosion. Cette dernière, en effet, correspond à la formation des composés qui existent effectivement à la température et dans les conditions de l'explosion; elle est subordonnée à la dissociation. Si donc, à la température de l'explosion, un ou plusieurs des composés produits théoriquement (1) se trouvent partiellement ou totalement dissociés, il faudra retrancher de la chaleur absolue de combustion celle qui a été absorbée par la dissociation et qui sera restituée au cours de la détente, lorsque se formeront intégralement les produits théoriques de l'explosion. En résumé, la notion du potentiel est purement conventionnelle : la quantité de travail qu'elle définit représente une limite qui n'est jamais atteinte en pratique. Toutefois, elle offre l'avantage de pouvoir servir comme terme absolu de comparaison entre les diverses substances explosibles.

Le rendement *effectif* d'un explosif, c'est-à-dire le rapport du nombre de kilogrammètres réellement utilisés à la valeur de son énergie potentielle, peut être considéré comme compris, en général, entre 14 et 33 pour 100 (2). Parmi les circonstances qui en réduisent la valeur, on peut citer, en dehors des pertes dues à la décomposition incomplète de l'explosif, l'énergie employée à comprimer ou échauffer les roches, les gaz qui s'échappent sans avoir exercé aucune action utile, les réactions chimiques qui se produisent entre les produits de l'explosion.

Dans le Tableau ci-dessous, nous donnons, d'après MM. Roux et Sarrau, la valeur du potentiel des substances explosibles suivantes :

(1) Il s'agit de la production théorique conforme au *principe du travail maximum*, en vertu duquel l'explosion tend à donner naissance au composé dont la formation dégage le plus de chaleur.

(2) C.-N. HAKE, *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1889.

	Potentiels.	Rapports	
		théo- riques.	expéri- mentaux.
Poudre de mine ordinaire (62 pour 100 salpêtre).....	242,335	0,44	—
Dynamite n° 1 (75 pour 100 nitroglycérine).....	548,250	1,0	1,0
Dynamite-gomme (92 pour 100 nitroglycérine).....	766,813	1,4	1,4
Nitroglycérine.....	794,563	1,45	1,4

Les rapports expérimentaux sont basés sur les essais au bloc de plomb, décrits ci-après.

Sir Frederick Abel et le capitaine Noble ont trouvé, pour la poudre à canon, 486 tonnes-pieds par livre (331 508^{kgm} par kilogr.). Pression exercée : 6400^{atm}, les gaz produits par 1^{kg} de poudre occupant un volume égal à 1 litre.

En ce qui concerne la détermination de la chaleur absolue de combustion, MM. Roux et Sarrau ont trouvé les chiffres suivants :

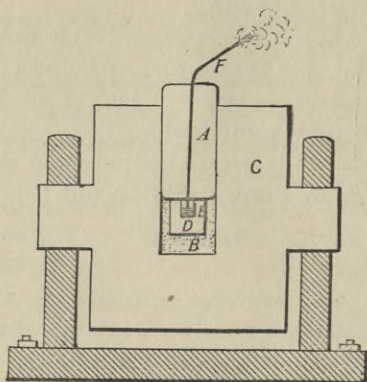
	Calories.
Nitroglycérine.....	1784
Fulmicoton.....	1123
Picrate de potasse.....	840

Il suffit de les multiplier par 425 pour obtenir la valeur des potentiels correspondants.

Mortier-épreuve. — L'emploi de cet appareil a été préconisé par Nobel pour la détermination de la puissance balistique des explosifs. Le mortier C (*fig.* 38) est un solide cylindre en fonte, qui repose sur deux tourillons. Il est fixé sur une forte planche en chêne traversée par quatre boulons qui servent, au moyen de vis de pression, à l'assujettir solidement. L'âme du mortier a un diamètre de 10^{cm} et une longueur de 23^{cm}. A la partie postérieure se trouve fixée une plaque B en acier, de 75^{mm} d'épaisseur, dans laquelle est foré un trou de 50^{mm} de profondeur et 75^{mm} de diamètre. Le projectile employé pèse 12^{kg},600 et doit correspondre exactement à l'âme du mortier. Il porte une ouverture dans laquelle on place la mèche F destinée à provoquer l'explosion.

Pour faire usage du mortier, on commence par tourner un cylindre en bois D, de dimensions telles qu'il se loge exactement dans l'ouverture que porte la plaque B. Dans ce cylindre est pratiquée également une ouverture destinée à recevoir la charge E, qui s'élève à 5^{gr} ou 10^{gr} en moyenne. On introduit ensuite le projectile, que l'on a soin d'huiler au préalable et de ne pas pousser trop brusquement. Puis on fait passer, par un canal creusé au centre du métal, une mèche de 0^m,30 à 0^m,35 de longueur, coiffée d'une amorce. Il est nécessaire

Fig. 38.



de ménager dans la substance explosive, avant son introduction, une cavité destinée à loger celle-ci. Il reste à allumer et à noter les portées du projectile pour les divers explosifs employés.

La force et la direction du vent exerceront une influence notable sur les résultats obtenus; en outre, il faut tenir compte de l'usure du métal. Cet appareil donne prise aux objections les plus sérieuses en ce qui concerne l'essai des poudres de guerre ⁽¹⁾; quant à l'examen des explosifs industriels, nous avons démontré qu'il conduit fatalement à des résultats inexacts ⁽²⁾.

(1) DÉSORTIAUX, *loc. cit.*, p. 519.

(2) Voir notre Ouvrage intitulé : *Les explosifs industriels*, p. 27.

(Note du traducteur.)

Dans le tableau suivant, nous reproduisons les résultats des essais auxquels a procédé récemment M. T. Johnson. Poids du projectile : 13^{kg}; charge : 5^{gr}.

NOM.	COMPOSITION.	PORTÉE en mètres.
Dynamite-gomme...	90 pour 100 nitroglycérine.....	119,50
	10 pour 100 nitrocellulose.....	
Ammonite.....	90 pour 100 nitrate d'ammonium.....	94,50
	10 pour 100 nitronaphtaline.....	
Gélinite.....	60 pour 100 nitroglycérine.....	93,25
Roburite.....	86 pour 100 nitrate d'ammonium.....	89,50
	14 pour 100 chlorodinitrobenzine.....	
Dynamite n° 1.....	75 pour 100 nitroglycérine.....	80,50
Stonite.....	68 pour 100 nitroglycérine.....	77
	32 pour 100 farine de bois + kieselguhr..	
Coton-poudre.....		71,25
Tonite.....	50 pour 100 coton-poudre.....	68
	50 pour 100 nitrate de baryum.....	
Carbonite.....	25 pour 100 nitroglycérine.....	60,25
	30 pour 100 nitrates.....	
	40 pour 100 farine de bois.....	
Sécurité.....	83 pour 100 nitrate de potassium.....	55,75
	17 pour 100 dinitrobenzol.....	
Poudre à canon....		43,50

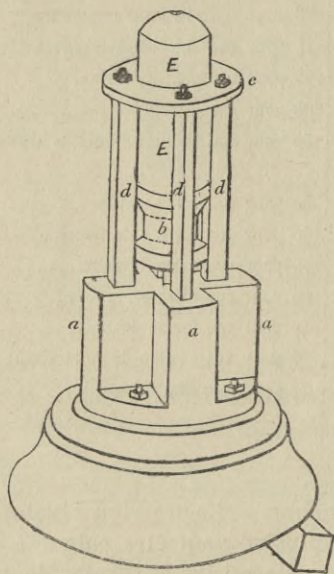
Manomètre crusher. — Le pression développée au moment de la réaction explosive peut être calculée *a priori* ou mesurée directement. Parmi les appareils de mesure, le premier en date et le plus simple de tous est celui du comte Rumford (1792), qui cherchait par tâtonnement le poids capable de faire équilibre à la pression des gaz de la poudre (1). Vint ensuite le poinçon Rodman (1857), où l'on évaluait la pression en se basant sur la grandeur de l'empreinte produite sur

(1) DESORTIAUX, *loc. cit.*, p. 562.

un disque de cuivre par un poinçon en acier ajusté à un piston sur lequel s'exerçait la pression des gaz engendrés par la poudre. L'éprouvette d'Uchatius, qui apparut peu de temps après en Autriche, est basée sur le même principe.

L'appareil Rodman fut modifié en France et en Angleterre : le capitaine Sir Andrew Noble, dans ses recherches sur la combustion de la poudre, mesurait la pression d'après l'écrasement subi par de petits cylindres en cuivre. Telle est l'origine du *crusher* ou écraseur de la Commission anglaise des substances explosives. Cet appareil a été perfectionné par M. Berthelot ⁽¹⁾ en vue des expériences qu'il a exécutées en commun avec M. Vieille.

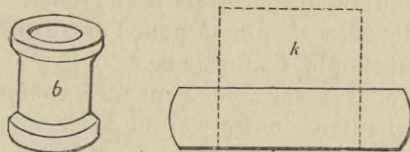
Fig. 39^a.



Dans la forme la plus simple du *crusher*, tel qu'il est fréquemment employé dans l'industrie, on se sert de cylindres en plomb plutôt qu'en cuivre. L'appareil, monté sur un pied en fer (*fig. 39^a*), comprend deux séries de montants *a* et *d*; une bague *c* réunit ceux-ci à la partie supérieure.

(¹) *Sur la force des matières explosives*, t. I, 3^e édition, p. 48.

Le cylindre en plomb sur l'écrasement duquel est basé l'évaluation de la pression se trouve placé à la partie inférieure de l'appareil, entre les montants a ; il mesure 1 pouce de diamètre et 1 pouce de haut. Le métal dont il est constitué doit être parfaitement homogène et d'une densité uniforme; cela étant, il sera préférable de découper les cylindres

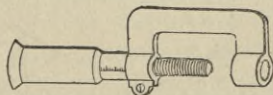
 Fig. 39^b.


b , piston en cuivre; k , cylindre en plomb.

dans des tiges en plomb étiré, plutôt que les confectionner en fondant de petites quantités de métal.

Sur le cylindre repose le piston b en acier fondu, d'un diamètre égal à 10^{cm} et une hauteur de 12^{cm},5. Il est évidé latéralement afin de peser moins; à la partie supérieure, il porte une cavité destinée à loger la charge d'explosif que l'on expérimente. Le piston pèse 5^{kg},500. Il supporte un cylindre E en acier doux, de 25^{cm} de long, pesant 15^{kg},500 et portant au centre un canal destiné à livrer passage à la mèche ou au fil électrique employé pour la mise en feu de

Fig. 40.



l'explosif. L'opération terminée, on évalue l'écrasement subi par le cylindre en plomb; on emploie à cet effet un micromètre (*fig. 40*) qui permet de déterminer les dimensions du cylindre avant et après l'explosion.

Pour déduire de cette évaluation la pression exercée par les gaz produits, il faut tarer l'appareil. A cet effet, on

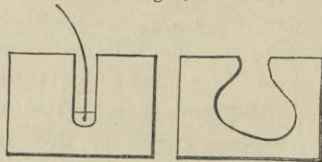
soumet successivement à la pression statique d'un certain nombre de poids des cylindres de plomb identiques à celui que l'on emploie. On se base sur les écrasements respectifs subis par ces cylindres pour dresser une table qui établit des relations empiriques entre la quantité dont est réduite la hauteur des cylindres et la pression correspondante.

D'autres appareils encore sont basés sur les déformations subies par l'écrasement de cylindres en plomb; on peut citer ceux de Quinau, Chalon, Kstersitz et Trauzl.

L'emploi de *blocs de plomb* pour l'essai des explosifs est excessivement simple. La forme de ces blocs est cylindrique. Leur diamètre, très variable, peut être compris entre 15^{cm} et 20^{cm}; leur hauteur, entre 20^{cm} et 30^{cm}. A la partie supérieure, on fore un trou cylindrique d'un diamètre de 1^{cm} à 3^{cm}, et d'une hauteur de 1^{cm}, 5 à 6^{cm}; ces chiffres n'ont évidemment rien d'absolu. Dans ce trou, on loge l'explosif à expérimenter dont la charge ne peut dépasser 5^{gr} ou 10^{gr}, de manière à ne pouvoir produire au sein du bloc de plomb des déchirures qui absorberaient un travail dont on ne saurait tenir compte. Il faut avoir soin de recouvrir la charge d'un bourrage. A cet effet, on peut se servir de l'eau ou simplement de poids.

Ayant provoqué l'explosion, on déduit la puissance du produit en se basant sur l'accroissement de la cavité où il se trouvait logé (*fig. 41*). Pour l'évaluer avec précision, il suffit

Fig. 41.



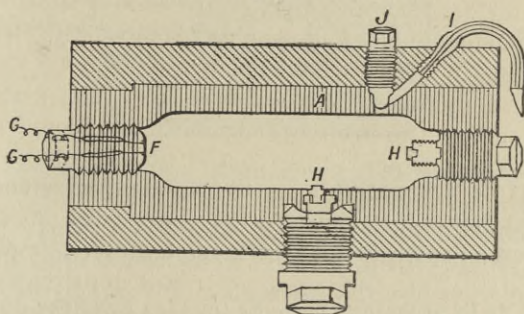
de mesurer respectivement les quantités d'eau qu'elle peut contenir avant et après l'explosion qu'on a déterminée.

Il importe de noter que les résultats obtenus, susceptibles de présenter une exactitude suffisante s'il s'agit d'explosifs de même espèce, perdent toute leur valeur si l'on se propose de comparer des substances dont la décomposition

explosive s'effectue avec des vitesses notablement différentes.

L'appareil du capitaine Sir Andrew Noble, dont l'inventeur n'a pas notablement modifié la disposition primitive, consiste en un cylindre en acier A (fig. 42) dans lequel sont percées des ouvertures obturées au moyen de pièces en acier fileté avec soin, de manière à fermer hermétiquement. Dans le même but, elles sont munies en outre de clapets en cuir

Fig. 42.



agissant à la manière de ceux dont sont pourvues les presses hydrauliques.

L'explosion est provoquée par l'électricité : les conducteurs traversent la tige F, percée de deux ouvertures; dans l'une, de forme conique, s'adapte exactement un petit bloc dans lequel on fait passer l'un des fils et que l'on enveloppe de papier de soie destiné à l'isoler. L'autre fil traverse simplement la tige F. Leurs extrémités sont reliées par un fil de platine très mince, que le courant électrique porte à l'incandescence; il en résulte l'explosion de l'amorce, laquelle provoque celle de la charge (principe des amorces à fil). La source d'électricité est une batterie Leclanché.

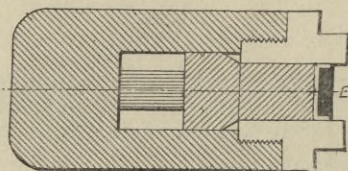
En H se trouve un *crusher gauge* (manomètre écraseur). Cet appareil se compose d'une chambre ménagée dans l'épaisseur de l'acier et renfermant un petit cylindre de cuivre (fig. 43) de 12^{mm} de long et d'un diamètre compris entre 6^{mm} et 8^{mm},5; on choisit du cuivre d'excellente qualité. La pression s'exerce par l'intermédiaire d'un piston; un

clapet E rend la fermeture hermétique. Fréquemment, l'appareil de Noble porte deux *crushers* H.

Si l'on désire analyser les gaz produits ou bien en mesurer le volume, il suffit de desserrer légèrement l'écran J, et ils s'échappent par le canal I.

Il est nécessaire d'apporter le plus grand soin à ce que tous

Fig. 43.



les joints de cet appareil soient parfaitement étanches. Si l'un d'eux était défectueux, l'échappement des gaz causerait fatalement à l'appareil des dégâts importants.

Calcul de la pression ⁽¹⁾. — Si tous les produits de l'explosion étaient gazeux, s'ils étaient exactement connus, enfin si l'on savait avec précision la température de ces gaz au moment de l'explosion ainsi que la loi qui rattache les pressions aux températures, on déduirait de là, par un calcul rigoureux, la pression développée lorsqu'une matière explosive déflagre dans une capacité constante.

Ce calcul est facile si l'on admet que les gaz obéissent aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac et que leur chaleur spécifique est constante. La température T développée dans une réaction quelconque, telle qu'une explosion, se calcule en divisant la quantité de chaleur dégagée Q par la chaleur spécifique moyenne des produits c, évaluée entre T⁰ et la température ambiante :

$$T = \frac{Q}{c}.$$

Cette expression est rigoureuse, pourvu que l'on y introduise la chaleur spécifique véritable, ainsi que la quantité de

⁽¹⁾ BERTHELOT, *loc. cit.*, t. I, p. 53.

chaleur correspondant à la formation des produits qui existent réellement à la température et dans les conditions de l'explosion.

Si nous appelons V_0 le volume réduit à 0° et $0^m,760$ des gaz produits par un poids donné de matière et V le volume de la capacité qui les renferme, la pression W exprimée en atmosphères sera

$$W = \frac{V_0 \left(1 + \frac{T}{273} \right)}{V}$$

ou bien encore

$$W = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{273c} \right)}{V}.$$

Dans le cas où une portion des produits conserve l'état liquide ou solide, le calcul théorique de la température T reste le même; mais celui de la pression est modifié, en raison du volume occupé par ces derniers produits. Si leur densité est connue à la température T , on en déduira leur volume v et par suite, la pression exercée par les gaz :

$$W' = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{273c} \right)}{V - v}.$$

Comme application de cette formule, supposons un trou de mine de $0^m,03$ de diamètre chargé avec 1^{kg} de dynamite n° 1, à 75 pour 100 de nitroglycérine.

Le volume des gaz produits par 1^{kg} de nitroglycérine, ramenés à 0° et sous la pression de 760^{mm} , est, suivant les expériences de MM. Sarrau et Vieille, de 467^{lit} . On peut donc prendre $V_0 = 0,75 \times 467 = 350,25$.

D'après les calculs de M. Sarrau, on peut considérer c comme valant $0,220$.

D'autre part, 1^{kg} de dynamite n° 1 dégage 1290^{Cal} , suivant les données de Bunsen et Schiskoff.

La densité de la dynamite étant égale à $1,5$, on en déduit

$$V = \frac{1}{1,5} = 0,666.$$

Si l'on prend $v = 0,1$, il vient

$$W' = \frac{350 \left(1 + \frac{1290}{273 \times 0,220} \right)}{0,666 - 0,1} = 13900^{\text{atm.}}$$

Pour la nitroglycérine, il faudrait multiplier ce résultat par $\frac{4}{3}$, ce qui donnerait comme produit $18533^{\text{atm.}}$

S'il s'agissait de fulmicoton, on aurait :

$$V_0 = 671 \text{ (Sarrau et Vieille),}$$

$$Q = 1075 \text{ (Berthelot),}$$

$$c = 0,2314,$$

$$V = \frac{1}{1,5},$$

$$v = 0.$$

Donc

$$W' = \frac{671 \left(1 + \frac{1075}{273 \times 0,2314} \right)}{0,666} = 18135^{\text{atm.}}$$

On déduit de ces résultats la pression en kilogrammes par centimètre cube en les multipliant par le poids d'une colonne de mercure ayant 760^{mm} de hauteur et 1^{cc} de section, ce qui revient à les augmenter de $\frac{1}{30}$ environ.

Les Tableaux suivants, empruntés à une note de MM. Mac Nab et Ristori, intitulée : *Recherches sur les explosifs modernes* sont des plus intéressants. Les déterminations calorimétriques furent effectuées au moyen de la bombe de M. Berthelot (1).

(1) *Loc. cit.*, t. I, p. 225.

Tableau indiquant les quantités de chaleur dégagées par l'explosion d'un gramme des poudres sans fumée les plus répandues, le volume et la nature des gaz produits, ainsi que l'énergie développée.

NOMS DES POUDRES.	CALORIES.	GAZ permanents.	VAPEUR d'eau.	VOLUME total des gaz et vapeurs, réduits à 0° et 760 ^m .	COMPOSITION CENTÉSIMALE des gaz permanents.				ÉNERGIE potentielle.	
					CO ²	CO	CH ⁴	H		Az
Poudre E. C. (anglaise).....	800	420	154	574	22,9	40,6	0,5	15,5	20,5	459
Poudre S. S. (anglaise).....	799	584	150	734	18,2	45,4	0,7	20,0	15,7	586
Poudre Troisdorf (allemande)....	943	700	195	895	18,7	47,9	0,8	17,4	15,2	844
Riflète (anglaise).....	864	766	159	925	14,2	50,1	0,3	20,5	14,9	799
Poudre B. N. (française).....	833	738	168	906	13,2	53,1	0,7	19,4	13,6	755
Cordite (anglaise).....	1253	647	235	882	24,9	40,3	0,7	14,8	19,3	1105
Balstite (allemande).....	1291	591	231	822	33,1	35,4	0,5	10,1	20,9	1061
Balstite (italienne et espagnole)....	1317	581	245	826	35,1	32,6	0,3	9,0	22,2	1088

Composition :

Poudre E. C. : nitrocellulose mélangée avec du nitrate de baryum et une petite proportion de camphre.
 Poudre S. S. : nitro lignine mélangée avec du nitrate de baryum et de la nitrobenzine.
 Poudre Troisdorf : nitrocellulose gélatinisée.
 Riflète : nitrocellulose additionnée de nitrobenzine.
 Poudre B. N. : nitrocellulose additionnée de tanin, en mélange avec les nitrates de baryum et de potassium.
 Cordite : nitrocellulose (37 pour 100) additionnée de 58 pour 100 nitroglycérine et 5 pour 100 de vaseline.
 Balstite (Italie et Espagne) : parties égales de nitrocellulose et nitroglycérine, avec $\frac{1}{3}$ pour 100 d'aniline.
 Balstite (Allemagne) : Même composition, avec une proportion plus élevée de nitrocellulose.

Tableau indiquant les quantités de chaleurs dégagées par les mélanges, en proportions variables, de nitrocelluloses avec la nitroglycérine.

COMPOSITION CENTÉSIMALE DES MÉLANGES.		CALORIES.
Nitrocellulose.	Nitroglycérine.	
<i>N. contenant 13 pour 100 Az</i>		
100 (sèche, pulpée)	0	1061
100 (gélatinisée)	0	922
90	10	1044
80	20	1159
70	30	1267
60	40	1347
55 (*)	40	1134
50	50	1410
40	60	1467
35 (*)	60	1280
0	100	1652
<i>N. contenant 12,24 pour 100 Az</i>		
80	20	1062
60	40	1288
50	50	1349
40	60	1405

(*) Échantillons renfermant 5 pour 100 de vaseline.

Essais effectués par le lieutenant Willoughby Walke (de l'Artillerie des États-Unis) à l'effet de déterminer les pressions exercées par les explosifs, au moyen de l'appareil de Quinau, basé sur l'aplatissement subi par des cylindres en plomb (*Journal of the American Chemical Society*, t. XII, p. 256).

NOMS DES EXPLOSIFS.	COMPRESSIONS subies par les cylindres (en pouces).	COMPARAISON des résultats obtenus (*).	OBSERVATIONS.
Dynamite-gomme	0,585	106,17	Étalon.
Hellhoffite	0,585	106,17	
Nitroglycérine	0,551	100,00	
Poudre sans fumée de Nobel	0,509	92,38	Employé pour le service des torpilles aux États-Unis. Stowmarket. Vonges.
Coton-poudre	0,458	83,12	
Coton-poudre	0,458	83,12	
Nitroglycérine	0,451	81,85	
Coton-poudre	0,448	81,31	
Dynamite n° 1	0,448	81,31	
Dynamite de Trauzl	0,437	79,31	
Emmensite	0,429	77,86	
Poudre amide	0,385	69,87	
Oxomite	0,383	69,51	
Tonite	0,376	68,24	} 52 pour 100 nitroglycérine. 47,5 pour 100 nitrate de baryum.
Bellite	0,362	65,70	
Rackarock	0,340	61,71	} à base de nitronaphtaline. 70 pour 100 acide picrique ; 30 pour 100 nitrocellulose soluble.
Poudre Atlas	0,333	60,43	
Ammonia-dynamite (ami- dogène)	0,332	60,25	
Poudre Volney n° 1	0,322	58,44	
Poudre Volney n° 2	0,294	53,18	
Mélinite	0,280	50,82	
Fulminate d'argent	0,277	50,27	
Fulminate de mercure	0,275	49,91	
Poudre à canon	0,155	28,13	

(*) La substance choisie comme terme de comparaison est la nitroglycérine, préparée en traitant 1 partie de glycérine pure par un mélange préalablement refroidi de 2 parties d'acide nitrique à 1,4 avec 4 parties d'acide sulfurique à 1,84. Le produit obtenu, après avoir été lavé, est conservé sous l'eau. On ne peut l'utiliser qu'au bout de six semaines à peu près, lorsqu'il est devenu tout à fait limpide; tant qu'il est trouble, il conduit à des résultats discordants.

Puissances relatives des explosifs.

ESSAIS SOUS-MARINS EXÉCUTÉS PAR LE GÉNÉRAL AMÉRICAIN ABBOT.

La dynamite n° 1 sert de terme de comparaison; sa puissance est représentée par 100.

Dynamite-gomme (98 pour 100 nitroglycérine)....	142
Gélatine de guerre (89 pour 100 nitroglycérine)...	117
Dualine extra (80 pour 100 nitroglycérine).....	111
Poudre d'Hercule.....	106
Dynamite n° 1.....	100
Poudre Atlas. (Type A.).....	100
Poudre Atlas. (Type B.).....	99
Lithofracteur Rendrock.....	94
Rackarock.....	88
Tonite.....	85
Dynamite au mica.....	83
Poudre géante.....	83
Poudre de Vulcain.....	82
Poudre Brugère.....	80
Poudre Désignolle n° 1.....	68
Poudre Judson. (Type 3 F.).....	62
Poudre Judson. (Type C. M.).....	44

Densités de substances explosibles couramment employées
et de leurs composants.

Nitroglycérine.....	1,6
Fulmicoton (sec).....	1,06
Fulmicoton (25 pour 100 d'eau).....	1,32
Dynamite n° 1.....	1,62
Dynamite-gomme.....	1,54
Dynamite-gélatine.....	1,55
Forcite.....	1,51
Tonite.....	1,28
Roburite.....	1,40
Bellite.....	1,2-1,4
Carbo-dynamite.....	1,5
Acide picrique fondu (Turpin).....	1,6

Nitromannite	1,6
Amidon nitré... ..	1,5
Emmensite.....	1,8
Mononitrobenzine.....	1,2
Méta-dinitrobenzine.....	1,575 à 18° C.
Ortho-dinitrobenzine	1,590 »
Para-dinitrobenzine.....	1,625 »
Poudre à canon anglaise E. X. C.....	1,80
Poudre à canon anglaise S. B. C.....	1,85
Canonite.....	1,60
Celluloïd.....	1,35
Cellulose.....	1,45
Nitrate d'ammoniaque.....	1,707



Composition centésimale de quelques explosifs d'un usage courant (*).

DYNAMITE N° 1 (TYPE NORMAL).

Nitroglycérine.....	75
Kieselguhr.....	25

DYNAMITES DE VONGES

	Numéros			
	1.	2.	3.	spécial.
Nitroglycérine.....	75	50	30	90
Randanite.....	20,80			1
Silice de Vierzon.....	3,80	48		
Sous-carbonate de magnésie..	0,40			1
Craie de Meudon.....		1,50		
Ocre rouge.....		0,50		
Silice de Launois.....			60	
Laitier de haut fourneau.....			4	
Carbonate de chaux.....			1	
Ocre jaune.....			5	
Silice spéciale.....				8

POUDRES ATLAS.

	Types	
	A.	B.
Nitroglycérine.....	75	50
Nitrate de soude.....	2	34
Cellulose de bois.....	21	14
Carbonate de magnésie.....	2	2

(*) Une partie des renseignements que nous avons reproduits ci-après sont empruntés au dictionnaire des poudres et explosifs modernes, qui constitue la sixième partie du *Traité théorique et pratique des explosifs modernes*, de M. Chalon.

(Note du traducteur.)

Ces poudres sont fabriquées à Repauno (New Jersey); il en existe dix numéros, contenant de 15 à 75 pour 100 de nitroglycérine. Les types A et B sont les plus forts. Les poudres américaines dites *poudre Etna*, *poudre Hécla*, sont des mélanges plus ou moins analogues.

DUALINE DITTMAR.

Explosif fabriqué à Charlottenbourg (Suède).

Nitroglycérine.....	50
Sciure de bois partiellement nitrifiée.....	30
Salpêtre.....	20

Mélange employé plus tard :

Nitroglycérine.....	80
Nitrocellulose.....	20

Les *dualines américaines*, fabriquées à San Francisco, comportent six variétés de composition analogue, et renferment de 20 à 80 pour 100 de nitroglycérine.

POUDRE DE VULCAIN.

Fabriquée aux États-Unis.

Nitroglycérine.....	30 à 35
Nitrate de soude.....	52,5 à 48
Soufre.....	7
Charbon de bois.....	10,5 à 10

Les dynamites dites *poudres de Neptune*, *de Jupiter*, *Foudre*, *Titan*, présentent des compositions analogues.

VIGORITE.

Nitroglycérine.....	30
Nitrate de soude.....	60
Charbon de bois.....	5
Sciure de bois.....	5

M. Chalon, dans son dictionnaire des poudres et explosifs,

indique une vigorite suédoise, brevetée par M. Bjærkman en 1875, et une vigorite américaine, fabriquée par la *California Vigorite Powder Co*; ces deux types renferment respectivement 16 et 17,5 pour 100 chlorate de potasse

RENDROCK.

Cet explosif, fabriqué aux États-Unis par la *Rendrock Powder Manufacturing Co*, présente un certain nombre de variétés, renfermant de 20 à 60 pour 100 nitroglycérine et 61,50 à 30,80 salpêtre.

Le *lithofacteur Rendrock* répond à la composition suivante :

Nitroglycérine.....	40
Nitrate de potasse.....	40
Cellulose de bois.....	13
Paraffine ou brai.....	7

POUDRES D'HERCULE.

Il en existe en Amérique une dizaine de variétés renfermant de 20 à 70 pour 100 de nitroglycérine.

	Numéros	
	1.	2.
Nitroglycérine.....	77	40
Nitrate de potasse ou de soude.....	1	31
Carbonate de magnésie.....	20	10
Sucre blanc.....		15,66
Cellulose ou farine de bois.....	2	
Chlorate de potasse.....		3,34

CARBODYNAMITE.

Nitroglycérine.....	90
Liège carbonisé.....	10

On y ajoute 1,5 pour 100 de carbonate de soude ou d'ammoniaque.

POUDRE GÉANTE.

Nitroglycérine.....	40
Nitrate de soude.....	40
Guhr.....	8
Résine.....	6
Soufre.....	6

Il en existe plusieurs variétés, contenant de 20 à 75 pour 100 de nitroglycérine. En dehors de la poudre géante, l'*Atlantic Dynamite Company* fabrique à Drakesville (New Jersey) la *giant gelatine*, ainsi que les poudres Judson, moins puissantes :

	Types	
	C. M.	3 F.
Nitroglycérine.....	5	20
Nitrate de soude.....	64	53,90
Soufre.....	16	13,50
Charbon bitumineux.....	5	12,60

DYNAMITE TRAUZL.

Nitroglycérine.....	73
Fulmicoton.....	25
Charbon de bois.....	2

DYNAMITE RHÉNANE.

Nitroglycérine dissoute dans la naphthaline.....	75
Sulfate de baryum ou de calcium.....	2
Kieselguhr.....	23

AMMONIADYNAMITE (AMIDOGÈNE).

	Numéros		Ammonia Powder.
	1.	2.	
Nitroglycérine.....	75	70	18
Nitrate d'ammoniaque.....	4	7	75
Paraffine.....	3	10	4
Charbon de terre ou de bois.....	18	13	

DYNAMITE-GOMME.

Nitroglycérine.....	90 à 98
Nitrocellulose.....	10 à 2

DYNAMITE-GÉLATINE.

Brevetée en 1876 par Nobel.

	Extra.	Numéros		
		1.	2.	3.
Nitroglycérine.....	71	63,40	48,35	24,35
Nitrocellulose soluble.....	6	1,60	1,15	0,65
Salpêtre.....	18	26,25	41,25	} 75,00
Farine de bois.....	5	8,40	13,20	
Carbonate de soude.....	»	0,35	0,55	
Soufre.....	»	»	»	

GÉLIGNITE.

Nitroglycérine.....	56,50 à 61
Nitrocellulose soluble.....	3,50 à 5
Farine de bois.....	8 à 7
Nitrate de potasse.....	32 à 27

FORCITE.

Brevetée en 1880 par M. Lewin.

Nitroglycérine.....	49
Nitrocellulose.....	1
Soufre.....	1,5
Goudron.....	10
Nitrate de soude.....	38
Pulpe de bois.....	5

Usine à Baelen-sur-Nèthe (Belgique).

Cet explosif se fabrique également à Hopatcong (New Jersey). La proportion de nitroglycérine peut varier dans une mesure très large.

CORDITE.

Nitroglycérine.....	58
Nitrocellulose.....	37
Vaseline.....	5

TONITE.

	Numéros	
	1.	3.
Fulmicoton.....	50	18 à 20
Nitrate de baryum.....	50	72 à 67
Dinitrobenzine.....		10 à 13

On obtient la tonite n° 2 en ajoutant un peu de charbon de bois au type n° 1.

CARBONITE.

Fabriquée à Schlebusch par la Société Bichel et Smith (1886).

Nitroglycérine.....	25	17,76
Farine de bois.....	40	1,55
Nitrates de potasse et de soude.....	34	34,22
Carbonate de soude.....	0,50	0,42
Benzine sulfurée.....	0,50	
Nitrate de baryum.....		9,71
Nitrobenzine.....		1,70
Sucre de canne.....		34,27
Humidité.....		0,36

ROBURITE.

Nitrate d'ammoniaque.....	86
Chloro-dinitrobenzine.....	14

La *Roburite Explosives Company Limited* a fait breveter tout récemment, sous le nom de *amvis* (1), un explosif répondant à la composition suivante :

Nitrate d'ammoniaque.....	90
Chloro-dinitrobenzine.....	5
Farine de bois.....	5

(1) C'est grâce à l'obligeance de M. Krohn, Secrétaire de la *Roburite Explosives Co Ld*, que nous sommes à même d'indiquer la composition de l'explosif *amvis*. M. Krohn nous a également fait connaître l'étymologie de ce terme quelque peu bizarre : *am* est l'abréviation d'ammoniaque et *vis* la traduction latine du mot force.

POUDRE DE FAVERSHAM.

Nitrate d'ammoniaque.....	85
Dinitrobenzine.....	10
Sciure de bois imprégnée d'alun, de chlorure de sodium et d'ammoniaque (mélange de Trench).....	5

EXPLOSIF FAVIER.

Nitrate d'ammoniaque.....	88
Dinitronaphtaline.....	12

En ajoutant à 9 parties de ce mélange 1 de chlorure d'ammoniaque, on obtient le type n° 2.

BELLITE.

Nitrate d'ammoniaque.....	83,33
Méta-dinitrobenzine.....	16,67

POUDRE AU NITRATE D'AMMONIAQUE.

(*Ammonia-nitrate powder.*)

Nitrate d'ammoniaque.....	80
Chlorate de potasse.....	5
Nitroglucose.....	10
Coaltar.....	5

PÉTROFACTEUR.

Chlorate de potasse.....	67
Nitrobenzine.....	10
Salpêtre.....	20
Pentasulfure d'antimoine.....	3

SÉCURITE.

	Numéros	
	1.	2.
Salpêtre.....	83,34	81,83
Néta-dinitrobenzine.....	16,66	15,17
Oxalate d'ammoniaque.....		3

RACKAROCK.

Chlorate de potasse.....	79
Mononitrobenzine.....	21

OXOMITE.

Acide nitrique (densité = 1,5).....	54
Acide picrique.....	46

EMMENSITE.

Acide nitrique.....	31,25
Nitrate d'ammoniaque.....	31,25
Acide picrique.....	37

POUDRE BRUGÈRE.

Picrate d'ammoniaque.....	54
Salpêtre.....	56

POUDRE DÉSIGNOLLE.

	Numéros	
	1.	2.
Picrate de potasse.....	50 à 55	22,90
Salpêtre.....	50 à 45	69,40
Charbon de bois.....		7,70



INDEX ALPHABÉTIQUE.

A

Abbot (général), puissances relatives des explosifs (Tableau), 212.
Abel (Sir Frederick), méthode de fabrication du coton-poudre, 55.
— Essai de résistance à la chaleur, 189.
Acide acétique, pour doser la nitroglycérine, 157.
— Butyrique et formique, recherche dans la glycérine, 179.
— Gras, dosage dans la glycérine, 180.
— Inutilisés lors de la nitration de la glycérine, traitement, 28.
— Nitrique, essai, 17.
— — Fabrication, 30.
— Oléique, recherche dans la glycérine, 181.
— Picrique, 117.
— — Analyse, 176.
— Sulfurique, essai, 17.
Acides, mélanges employés pour la nitration :
— Benzine, 96, 98.
— Cellulose, 57, 79.
— Glycérine, 17.
Acroléine, recherche dans la glycérine, 179.
Air comprimé pour purifier l'acide nitrique, 19.
Air comprimé pour faciliter la nitration de la glycérine, 21.
Ambérite, 148.
Amidon nitré, 86.
Ammoniodynamite, 51, 211, 216.
Ammonite, 115, 201.
Amorces, 126.

Amvis, 218.
Analyse.
— Acétone, 184.
— Acide nitrique, 17.
— Acide picrique et picrates, 176.
— Cordite, 158.
— Dynamite, 152.
— Fulminate de mercure, 183.
— Gélatines explosibles, 153.
— Glycérine, 178.
— Nitrate de soude, 183.
— Nitrocelluloses, 158.
— Nitroglycérine, 153, 155, 156.
— Résidu acide de la nitration, 182.
— Tonite, 157.
Anderson, appareil pour la mesure des résistances électriques, 9.
— Cordite, 140.
Appareil pour la confection des cartouches, 43.
— Lavage de la nitroglycérine, 26.
— Mélange, 41.
— Nitration, 20, 23.
— Nitration, White et Schüpphaus, 82.
— Pulpation du coton-poudre, 61.
Applications du collodion, 68.
Arrêté ministériel du 1^{er} août 1890, 101.
Armstrong, sur la constitution des fulminates, 123.
Azotate d'ammoniaque, explosifs de sûreté (grisou et poussières de houille), 101.
Azote, dosage.
— Nitromètre de Lunge, 160.
— Méthode de Champion et Pellet, 169.
— Nitromètre de Schultze-Tieman, 170.

Azote, dosage.

— Méthode de Kjeldahl et Chenel, 173.

— Pourcentages :

Tableaux concernant quelques produits explosifs, 174, 176.

Tableaux concernant les nitrocelluloses, 52.

B

Balistite, 140, 209.

Barton, dosage des acides gras (glycérine), 180.

Bedson, gaz engendrés par l'explosion de la tonite, 72.

— de la roburite, 107.

Bellite, 109, 211, 212, 219.

Benedikt et Canton, dosage de la glycérine, 181.

Benzine et ses dérivés, 94.

Berntsen, dérivés nitrés des hydrocarbures, 95.

Berthelot.

— Acide picrique, propriétés explosives, 119.

— — chaleur de formation depuis ses éléments, 117.

— Amidon azotique, chaleur de formation et vitesse de la détonation, 89.

— Calcul de la pression, 206.

— Coton-poudre, produits de la détonation, 54.

— Coton-poudre nitraté, produits de la détonation, 70.

— Crusher, 202.

— Dynamite, chaleur due à l'explosion, 35.

— Picrate d'ammoniaque, chaleur de formation, 118.

Blocs de plomb pour la mesure de la puissance explosive, 204.

Boutmy et Faucher, fabrication de la nitroglycérine, 11.

Brown, détonation du fulmi-coton humide, 55.

Bucknill, appareil pour la mesure des résistances électriques, 9.

C

Canonite, 146, 213.

Carbodynamite, 36, 212, 216.

Carbonite, 201.

Cartouche-amorce, préparation, 130.

Causes des ratés de mines, 134.

Celluloïd.

— Analyse, 176.

— Choix de la fibre à nitrater, 77.

— Nitration, 79.

— Procédé de Trébouillet et Besancele, 84.

— Propriétés, 76.

Cellulose, 48.

Chalon, appareil pour la mesure de la puissance, 204.

— Bellite, 109.

— Composition des explosifs, 213.

Champion et Pellet, dosage de l'azote, 169.

Chandelon, fabrication du fulminate de mercure, 125.

Chapman, canonite, 146.

Chenel, dosage de l'azote, 173.

Composition du résidu acide de la nitration, 28.

Composition de quelques explosifs, 213.

Conduites pour la nitroglycérine, 4.

Cordite, analyse, 158.

— Essai, 193.

— Fabrication, 46.

— Propriétés, 136.

Coton-poudre.

— Analyse, 158.

— Décomposition explosive, produits, 54.

— Eau, addition, 55, 132.

— Essai, 192.

— — Mortier-éprouvette, 201.

— Fabrication, 55.

— — Dangers éventuels, 74.

— Granulation, 67.

— Propriétés, 53.

Coton-poudre nitraté, 70.

Cross et Bevan, nitrojudes, 90.

— Oxycellulose, 85.

Crusher, 201.

- Cundill, classification des dynamites,
31, 36.
— Kinétite, 112.
— Poudres picratées, 122.

D

Danger.

- Emploi des explosifs en présence
du grisou et des poussières de
houille, 101.
— Maniement de la dynamite gelée,
34.
— — Fulminates, 123.
— — Nitroglycérine, 11.
— Fabrication du coton-poudre, 74.
— — Nitrobenzine, 98.
— — Nitroglycérine, 29.

Densités, table, 212.

- Dessiccation, fibre de coton, 56, 64.
— Fulmicoton, 64, 66, 75.

Détermination de la force des acides
employés pour la nitration, 17.

- Point d'inflammation des explo-
sifs, 186.
— Puissance des explosifs, 199.

Deutoxyde d'azote, son action toxique,
108.Dietz et Wayne, nitration de la ramie,
79.

- Dinitrobenzine, son action toxique, 110.
— Préparation, 96, 99.

Dissolvants de la pyroxyline, 84.

Divers et Kawakita, sur la constitution
des fulminates, 122.Dixon, sur les gaz engendrés par
l'explosion de la roburite, 105.

Dosage.

- Acide nitrique, 17.
— — pierique, 178.
— Acides gras (glycérine), 180.
— Azote, 160.
— Camphre, 156.
— Carbonate de soude (gélamines
explosibles), 154.
— Fulminate de mercure, 183.
— Glycérine (méthode directe), 181.
— Humidité, 152, 158.

Dosage.

- Impuretés inorganiques (glycé-
rine), 179.
— Nitrate de baryum (tonite), 157.
— Nitrocellulose, 154, 158.
— Nitroglycérine, 155, 156.
— Peroxyde d'azote (acide nitrique),
18.
— Résidu acide de la nitration, 182.
— Résine, 155.
— Soufre, 156.

Drummond (Dr), voir *Bedson*.

Dualines, 214.

Dynamite, 31.

- Analyse, 152.
— Essai de résistance à la chaleur, 151.
— Influence de la congélation, 34.
— Fabrication, 32.
— Propriétés, 34.
— Variétés, 36.

Dynamite-gélatine, dynamite-gomme,
37, 153, 201, 217.Dynamite ordinaire ou n° 1, 20, 32,
201, 213.

- Rhénane, 36, 216.
— Trauzl, 2, 16.
— de Vonges, 213.

E

Eder, sur la préparation de la cellulose
décanitrique, 51.

Emmensite, 116, 121, 213, 220.

Énergie des explosifs, 197.

Épinglette, 129.

Emballage, coton-poudre, 66.

- Dynamite, 33.
— Fulminate de mercure, 126.

Électricité, tirage des mines, 101, 133

Essais.

- Acétone, 184.
— Acide nitrique et sulfurique, 17.
— Chimiques, voir *Analyse*.
— Coton-poudre, 54, 62.
— Dynamite, 33.
— Glycérine, 26.
— Guhr, 32.
— Humidité, 38, 56, 64.

Essais.

- Résistance à la chaleur, 189.
- Puissance, 199.
- Vaseline, 184.

Explosif Favier, 115.

- Fehven, 114.
- Keil, 93.
- Snyder, 150.
- Sprengel, 115.

Exsudation, 34.

F

Fabrication.

- Acide nitrique, 30.
- Canonite, 147.
- Celluloïd, 77.
- Collodion, 69.
- Coton-poudre, 15.
- Dinitrobenzine, 99.
- Dynamite, 32.
- Fulminate de mercure, 125.
- Gélatines explosibles, 38.
- Nitrobenzine, 97.
- Nitroglycérine, 17.
- Poudre Schultze, 142.
- Poudre Walsrode, 148.
- Roburite, 108.
- Sécurite, 110.
- Trinitrotoluène, 113.

Farine de bois, 41.

Fétu de paille, 129.

Field, sur le celluloïd, 77.

- les dissolvants de la pyroxyline, 85.

Filtration de la nitroglycérine, 27.

Force des explosifs, 197.

Forcite, 36, 212, 217.

Foudre, protection des ateliers et magasins, 6.

France (T. R.), sur la nitration de la cellulose, 70.

Fulmicoton, voir *Coton-poudre*.

Fulminates, 122, 211.

Fulmipaille, 93.

G

Gaz engendrés par l'explosion de l'acide picrique, 118.

- Coton-poudre, 54.

Gaz.

- Fulminate de mercure, 125.
- Nitroglycérine, 15.
- Roburite, 105.
- Tonite, 72.

Gélatines explosibles, 37.

- Analyse, 153.
- Essai de résistance à la chaleur, 192.

Gélinite, 37, 156, 201, 217.

Gilles, nitroméclasse, 93.

Glycérine, analyse, 178.

- Essai, 26.

Grisou, emploi des explosifs en sa présence, 73, 100, 109, 111, 115.

Guhr, 29.

Guttler, plastomérite, 93.

Guttman, sur la fabrication de l'acide nitrique, 30.

- du fulmicoton, 76.

H

Hale, dissolvants de la pyroxyline, 85.

Handy, méthode pour doser l'humidité, 152.

Hannah, voir *Dixon*.

Hatton de la Goupillière, sur la puissance des explosifs, 197.

Häussermann, sur la préparation du trinitrotoluène, 113.

Hellhoffite, 116, 211.

Hess (colonel), protection de la poudre, 7.

- Dosage de la nitroglycérine, 156.

Hollander, 62.

Holleman, sur la constitution des fulminates, 123.

Horn, nitromètre, 169.

Horsley, appareil pour déterminer le point d'inflammation des explosifs, 186.

Hume, voir *Bedson*.

Hyatt, celluloïd, 76.

Hydro-extracteur, 59.

I

Impuretés.

- Acide picrique, 176.

Impuretés.

- Fulminate de mercure, 183.
- Glycérine, 26, 178.

Indurite, 143.

Inflammation des explosifs, détermination du point où elle se produit, 186.

Intoxication par le deutoxyde d'azote et l'oxyde de carbone, 108.

Intoxication par la nitro- et la dinitrobenzine, 110.

J

Jodlbauer, méthode pour doser l'azote, 173.

Johnson, essais au mortier-épreuve, 201.

K

Kawikita, sur la constitution des fulminates, 122.

Kieselguhr, 29.

Kinétite, 111.

Kjeldahl, dosage de l'azote, 173.

Kolf, nitration, 93.

Krohn, roburite, 108, 218.

Lamm, bellite, 109.

Lavage du coton-poudre, 62.

— Nitroglycérine, 25.

L

Le Bouchet, procédé de fabrication du fulmicoton, 66.

Lenk, perfectionnements concernant la fabrication du fulmicoton, 49.

Lewes, expériences sur la cordite, 139.

Liebert, fabrication de la nitroglycérine, 22.

Liebig, fabrication du fulminate de mercure, 125.

Liebschutz, analyse des dynamites, 156.

Lunge, nitromètre, 161.

M

Mac Nab et Ristori, quantités de

chaleur dégagées par les poudres sans fumée (Tableau), 209.

Mac Roberts, appareil malaxeur, 41.

Marpurgo, recherche de la nitrobenzine et de la nitroglycérine, 157.

Maxim, composition pour amorces, 128.

Maximite, 149.

Mèche de Bickford, 101, 130.

Mélange extingueur de M. Trench, 72.

Mélinite, 121, 211.

Melsens, sur la protection de la foudre, 6.

Monticules pour la protection des ateliers dangereux, 3.

Mortier-épreuve, 199.

Moulage du fulmicoton, 122.

Mowbray, fabrication de la dynamite, 11.

— du celluloid, 78, 83.

— du nitrotoluène, 114.

Mülhåusen, amidon nitré, 86.

— jute nitré, 90.

Müller, composition des diverses essences de bois, 43.

Munroe, détermination du point d'inflammation des explosifs, 187.

N

Newton (général), sautage de Flood-Rock, 116.

Nitration de l'amidon, 87.

— Benzine, 96.

— Cellulose, 57, 65, 69, 79.

— Glycérine, 17.

— Jute, 90.

— Sucre, 93.

— Toluène, 112.

Nitramidine, 49.

Nitroamidons, 86.

Nitrobenzine, action toxique, 110.

— Fabrication, 97.

— Propriétés, 95.

— Recherche, 157.

Nitrocelluloses, voir *Celluloid*, *Colloidion*, *Coton-poudre*.

- Nitroglycérine, 18.
 — Analyse, 153, 155, 156.
 — Fabrication, 28.
 — Propriétés, 23.

Nitrojutes, 90.

Nitromannite, 91.

Nitromètre de Lunge, 161.

- Schultze-Tieman, 170.

Nitronaphtaline, 114.

Nobel, balistite, 140.

- Dynamite, 11.
 — Gélatines explosibles, 37.
 — Mortier-éprouvette, 98.
 Noble (Sir Andrew), balistite, 14.
 — Cordite, 139.
 — Crusher, 202, 205.

O

Opérations de sautage des mines, 128.

Orsman, sur les produits de la détonation de la roburite, 103.

Oxomite, 116, 220.

Oxycellulose, 85.

Oxyde de carbone, son action toxique, 108.

P

Page, régulateur, 194.

Paléine, 93.

Panclastites, 116.

Pantopollite, 36.

Parks, dissolvants de la pyroxyline, 84.

Perkin, sur la rotation magnétique de la nitroglycérine, 117.

Pétrofracteur, 219.

Picrates, 117.

Plastomérite, 93.

Poacher, 62.

Ponsonby, canonite, 147.

Poudres, Abel, 120.

- Atlas, 36, 211, 214.

— B. N., 209.

— Bracket, 150.

— Brugère, 120, 220.

— à canon, 201.

— Coopall, 148.

Poudres, Désignolle, 220.

- Dupont, 143.

— E. C., 142, 151, 209.

— de Faversham, 218.

— Greiner, 148.

— Hengst, 150.

— Hercule, 215.

— Judson, 212, 217.

— Léonard, 143.

— au nitrate d'ammoniaque, 219.

— Nobel, 11.

— normale, 149.

— *Pebble*, 138.

— Punshon, 141.

— Ryves, 150.

— Saint-Marc, 149.

— sans fumée française, 143.

— Schultze, 142, 151, 193.

— S. S., 209.

— de sûreté, 11.

— Troisdorf, 209.

— Volney, 114.

— Von Foster, 149.

— Walsrode, 147, 151.

Position des radicaux dans les composés isomères, 2.

— dans la nitroglycérine, 12.

Pourcentages d'azote, 56, 174, 176.

Poussières de houille, voir *Grisou*.

Prentice, fabrication de l'acide nitrique, 30.

— récupération des acides, 29.

Pression.

- Balistite, 147.

— Calcul, 206.

— Cordite, 137.

— Mesure directe, 201.

— Tableau dressé par le lieutenant Walke, 211.

Puissance, 197.

— Tableau dressé par le général Abbot, 212.

Propriétés de l'acide picrique, 118.

— Coton-poudre, 53.

— Dynamites et gélatines, 31.

— Fulminates, 122.

— Nitrobenzine, 95.

— Nitroglycérine, 23.

- Pulpation du coton-poudre, 61.
 Pyroxyles, voir *Coton-poudre*.
 Pyroxyline, 51, 67.
 — Dissolvants, 84.

Q

- Quantité de chaleur dégagée par la détonation, 198, 206.
 — Tableau relatif aux poudres sans fumée, 209.
 Quinau, appareil pour la mesure des pressions, 204, 211.

R

- Rackarock, 166, 211, 212, 219.
 Ramie, nitration, 79.
 Ratés de mines, tableau de leurs causes, 134.
 Rendrock, 212, 215.
 Résidu acide, fabrication de la nitroglycérine, analyse, 182.
 — Traitement, 28.
 Résistance à la chaleur, essai, 189.
 Rifléite, 143, 209.
 Roburite, 99, 201, 218.
 Romite, 114.
 Roscoe, sur la nitration de la cellulose, 52.

S

- Sarrau et Vieille, gaz produits par l'explosion de la nitroglycérine, 16.
 — Chaleur de formation du picrate de potasse, 118.
 Sayers, sur la nitration de la cellulose, 52.
 — Les dissolvants de la pyroxyline, 85.
 Schultze, sur la composition de la cellulose, 48.
 — Poudre, 142, 151, 193.
 Schultze-Tieman, nitromètre, 170.
 Schüpphaus, dissolvants de la pyroxyline, 85.
 Sécurité, 109, 219.

- Séparation chimique, voir *Analyse*.
 — Industrielle de la nitroglycérine, 23.
 Sobrero, nitroglycérine, 10.
 Solubilité des nitrocelluloses, 52.
 — Essai, 158.
 Sprengel, explosifs, 115.
 Stabilité, nitroglycérine, 14.
 — Coton-poudre, 53, 75.
 Stowmarket, fabrication du coton-poudre, 55.
 Sucre, nitration, 93.

T

- Tables et Tableaux.
 — Composition des explosifs, 213.
 — Cordite et poudre noire, expériences comparatives, 137.
 — Correction du volume gazeux d'après la température, 164.
 — Densités, 212.
 — Dérivés nitrés des hydrocarbures (Berntshen), 95.
 — Essais de force (général Abbot), 212.
 — Essais de force (lieutenant Walke), 211.
 — Mélanges à base d'azotate d'ammoniaque, température d'explosion (Commission française du grisou), 102.
 — Mélanges de nitrocellulose et de nitroglycérine, quantité de chaleur dégagée, 210.
 — Mortier-épreuve, essais (Johnson), 201.
 — Nitration de la pyroxyline, variations dans le rendement (Field), 80.
 — Nitrocelluloses, formules et teneurs en azote, 52.
 — Point d'inflammation des explosifs (Munroe), 188.
 — Poudres sans fumée, expériences comparatives (capitaine Noble), 131.

Tables et Tableaux.

- Poudres sans fumée, expériences comparatives (Berlin), 139.
- Poudres sans fumée, quantité de chaleur dégagée (Mac Nab et Ristori), 209.
- Produits de la détonation (Orsman), 104.
- Ratés de mines, causes (Daniel), 134.
- Rilléite et cordite, expériences comparatives, 145.
- Rilléite et poudre noire, expériences comparatives, 146.
- Teneurs en azote (Chenel), 174, 176.

Température de dessiccation de la nitrocellulose, 39.

- Détonation, calcul, 206.
- — des mélanges à base d'azotate d'ammoniaque, 102.
- Fabrication des gélatines explosibles, 39.
- — Fulminate de mercure, 121.
- — Roburite, 108.
- Nitration de l'amidon, 87.
- — Benzine, 98.
- — Cellulose, 59, 69, 79.
- — Glycérine, 22.
- — Jute, 90.
- — Toluène, 113.

Tirage des mines, 128.

Toluène, 112.

Tonite, 70, 112.

- Analyse, 157.
- Gaz engendrés par l'explosion, 70.

Traitement, intoxication par le deutroxyde d'azote et l'oxyde de carbone, 108.

Traitement du résidu acide, fabrication de la nitroglycérine, 28.

Trauzl, appareil pour mesurer la force des explosifs, 201.

- Composition pour amorces, 128.
- Dynamite, 216.

Trench, mélange extincteur, 72.

Trébouillet et Besancele, procédé de fabrication du cellulöid, 84.

Trinitrophénol, voir *Acide picrique*.

Trinitrotoluène, 112.

Turpin, acide picrique fondu, 121.

- Panclastites, 116.

V

Vaseline, essai, 184.

Victorite, 122.

Vieille, analyse des nitrocelluloses, 52.

- Poudre sans fumée, 143.

Vieille et Berthelot, crusher, 202.

- Vitesse de détonation de l'amidon nitré, 89.

Vieille et Sarrau, chaleur de formation du picrate de potasse, 118.

W

Walke, essais de force, 211.

Waltham Abbey, fabrication du coton-poudre, 64.

- — Cordite, 46.

Weber, stabilité du coton-poudre, 75.

Werner et Pfeiderer, appareil malaxeur, 41.

X

Xylonite, 81.

Z

Zaunschirm, analyse du cellulöid, 176.

Zenger, sur la protection de la foudre, 7.

Zone dangereuse, 3.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE I.

Introduction.

	Pages.
Nitro-explosifs : substances employées	1
Zone dangereuse.....	3
Protection contre la foudre : systèmes Lodge, Zenger et Melsens.....	6

CHAPITRE II.

Nitroglycérine.

Notions générales.....	12
Propriétés	13
Fabrication.	
Nitration	17
Séparation.....	23
Filtration et lavage.....	25
Traitement des acides non utilisés.....	28
Fabrication de l'acide nitrique	30

CHAPITRE III.

Dynamites et gélatines explosibles.

Notions générales.....	31
Fabrication de la dynamite	32
Propriétés	34
Variétés les plus répandues.....	36
Fabrication des gélatines explosibles.....	37
Propriétés.....	45
Cordite	46

CHAPITRE IV.

Nitrocelluloses, nitroamidons, etc.

	Pages.
Notions générales relatives au coton nitré.....	48
Coton-poudre.....	51
Propriétés.....	53
Fabrication.	
Épuration du coton.....	55
Dessiccation.....	56
Nitration.....	57
Turbinage.....	59
Lavage.....	59
Ébullition.....	60
Pulpation.....	61
Pressage.....	64
Procédé de <i>Waltham Abbey</i>	64
Procédé du Bouchet.....	66
Granulation du coton-poudre.....	67
Coton-collodion.....	67
Applications.....	68
Fabrication.....	69
Tonite.....	71
Mélange extincteur de M. Trench.....	73
Dangers relatifs à la fabrication des nitrocelluloses.....	74
Celluloïd.....	76
Propriétés.....	77
Fabrication.	
Choix de la fibre.....	77
Nitration.....	79
Addition du camphre.....	84
Procédé de Trébouillet et Besancele.....	84
Dissolvants de la pyroxyline.....	84
Oxycellulose.....	85
Nitroamidons.....	86
Nitrojute.....	90
Nitromannite.....	91
Composés nitrés de moindre importance : nitrocolle, fulmipaille, nitroglucose, etc.....	92

CHAPITRE V.

Dérivés nitrés des composés aromatiques, fulminates, amorces, etc.

Généralités.....	94
Nitrobenzines.....	95

Préparation.	
<i>a.</i> Laboratoire	96
<i>b.</i> Industrie	97
Roburite	100
Sécurité en présence du grisou	101
Action sur l'organisme des produits de l'explosion	103
Fabrication	106
Bellite	109
Sécurité	110
Précautions propres à prévenir l'intoxication par les composés nitrés	111
Kinétite	112
Tonite n° 3	113
Trinitrotoluène	113
Naphtaline	114
Explosif Favier, ammonite	115
Explosifs Sprengel	115
Hellhoffite, panclastites	116
Acide picrique	117
Poudres Désignolles, Brugère, Abel	118
Poudres à base d'acide picrique	120
Fulminates	122
Amorces au fulminate de mercure	126
Application au sautage des mines	130

CHAPITRE VI.

Poudres sans fumée.

Cordite	136
Balistine	141
Poudre Schultze	142
Poudre E. C.	142
Indurite, poudre Dupont	143
Poudre Léonard, poudre Vieille	143
Rifléite	146
Canonite	147
Poudre Walsrode	148
Poudre Coopaal	148
Ambérite	148
Poudres Greiner, von Foster, Troisdorf, Maxim, Saint-Marc	149
Poudre normale	149
Poudres Hengst, Ryves, Bracket, Snyder	150
Essais comparatifs exécutés à Berlin	151

CHAPITRE VII.

Analyse des explosifs.

	Pages.
Dynamite ordinaire.....	152
Gélatines explosibles.....	153
Tonite.....	157
Cordite.....	158
Nitrocelluloses.....	
Humidité.....	158
Solubilité.....	158
Alcalinité.....	159
Cendres et matières inorganiques.....	160
Dosage de l'azote.	
Nitromètre de Lungé.....	161
Méthode de Champion et Pellet.....	169
Appareil de Schultze-Tieman.....	170
Méthode de Kjeldahl et Chenel.....	173
Celluloïd.....	176
Acide picrique et picrates.....	176
Glycérine.	
Impuretés inorganiques.....	179
Essai au nitrate d'argent.....	179
Essai de nitration.....	179
Recherche des acides gras.....	179
Dosage de la glycérine.....	180
Acides non utilisés lors de la fabrication de la nitroglycérine ou de la nitrocellulose.....	182
Nitrate de soude.....	183
Fulminate de mercure.....	183
Vaseline.....	184
Acétone.....	184

CHAPITRE VIII.

Action de la chaleur sur les explosifs.

Détermination du point d'inflammation des explosifs.....	186
Essai de résistance à la chaleur : appareil employé par le Gouvernement anglais.....	189
Nitroglycérine.....	191
Dynamite.....	191
Gélatines.....	192
Poudres à base de nitrocellulose.....	192
Régulateur de Page.....	194

CHAPITRE IX.

Puissance des matières explosibles.

	Pages.
Notions générales.....	197
Mortier-épreuve.....	199
Manomètre <i>crusher</i>	199
Essais au bloc de plomb.....	201
Appareil de Noble.....	205
Calcul de la pression.....	206

TABLEAUX.

Quantités de chaleur dégagées par les poudres sans fumée.....	209
Quantités de chaleurs dégagées par les mélanges de nitroglycérine et de nitrocellulose.....	210
Essais de force (Walke).....	211
Essais de force (Abbot).....	212
Densités.....	212
Composition centésimale.....	213
 INDEX ALPHABÉTIQUE.....	 223
TABLE DES MATIÈRES.....	231

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
24788 Quai des Grands-Augustins, 55.

S. 61

S-98

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5334

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294799