

EXPLOSIFS et POUDRE de GUERRE : LA POUDRE SANS FUMEE.....	1
<b>La situation vers 1870</b>	1
<b>Les travaux de Vieille : loi de combustion et poudre B.</b>	2
<b>Alfred Nobel</b>	4
La dynamite.....	4
La Dynamite gomme.....	5
La Balastite.....	6
<b>La Cordite anglaise</b>	8
<b>La fabrication des poudres sans fumée en France</b>	8
Document : photo d'Alfred NOBEL.....	9

## EXPLOSIFS et POUDRE de GUERRE : LA POUDRE SANS FUMEE

### *La situation vers 1870*

En France, l'emploi de coton-poudre comme matière explosive dans les armes de guerre avait été officiellement écarté à la suite du rapport de la Commission du Pyroxyle qui avait conclu en 1852 que "*dans l'état actuel auquel les diverses tentatives faites par l'Artillerie et par les différents chimistes et industriels ont amené la préparation de ces produits, il n'y a pas lieu de continuer les expériences au point de vue de leur emploi dans les armes de guerre*"<sup>i</sup>.

L'échec du coton-poudre est attribuable à deux causes fondamentales :

- son instabilité, illustrée par les explosions inexplicables de produits stockés. On considère qu'il s'agit là d'un caractère intrinsèque à la matière,
- son comportement brisant à l'allumage, responsable de nombreux accidents par bris d'armes.

Si ces conclusions signifient l'arrêt des études françaises sur les applications balistiques de la cellulose nitrée et l'orientation des recherches vers d'autres substances organiques tel l'acide picrique de Designolle, par contre, en Autriche, von Lenk<sup>1</sup> poursuit ses expérimentations jusqu'à un niveau très avancé ; en 1862, elle possède trente batteries pour l'usage exclusif du coton-poudre. Elles cessent avec l'explosion de tous les dépôts de la lande de Simmering, près de Hirtenberg, le 30 juillet 1862, et ceux de Wiener Neustadt. En Angleterre, celle l'usine de Faversham en 1847 a gelé les expérimentations et ruiné les espoirs d'une production industrielle. Frédéric Abel reprend cependant l'étude en fondant sa décision sur l'hypothèse que l'instabilité du coton-poudre est provoquée par la présence de résidus acides qui jouent le rôle de catalyseurs de décomposition. Il met au point une procédure sévère de traitement du coton nitré, passant par un broyage des fibres dans un moulin broyeur, leur transformation en pulpe à l'instar des pâtes papetières, des lavages répétés et, *in fine*, la compression de la pâte dans une presse hydraulique, sous forme de blocs solides humides. La qualité et l'intérêt des travaux de Frédéric Abel sont reconnus et font date. La production redémarre en 1965 à Stowmarket avec le procédé Abel et à Waltham Abbey où la production atteint 250 tonnes/an, en 1972. Mais ces travaux n'empêchent pas l'explosion de la poudrerie de Stowmarket en 1871... La production est destinée à la charge des torpilles et mines sous-marines<sup>ii</sup>. En France, la production de coton-poudre pour la marine, destinée aux mêmes applications, commence plus tard, en 1973, à la Poudrerie du Moulin-Blanc située près de Brest, en appliquant les procédures de Frédéric Abel<sup>iii</sup>.

Les travaux anglais ouvrent la voie à une fabrication plus sûre, mais le problème balistique subsiste, obstacle majeur au développement de son utilisation dans l'armement. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : "*Les canons de fusil qui supportent 30 grammes de poudre noire éclatent avec 7 grammes de fulmicoton. Avec une charge de 2,86 grammes, les fusils sont mis hors d'usage après 500*

<sup>1</sup> Von Lenk s'efforce de maîtriser la puissance explosive du coton-poudre en l'utilisant sous forme de fils, cordeaux, câbles, tresses enroulés en couches plus ou moins serrées.

*coups, tandis qu'il en faut 25 à 30.000 avec la poudre ordinaire*<sup>iv</sup>. Séguier résume simplement le problème : avec le coton-poudre, la déflagration est trop rapide et les armes éclatent du fait de l'inertie du projectile, il faut donc maîtriser la combustion. *"Les chasseurs à la sarbacane savent très bien que l'impulsion la plus grande de la boulette de terre glaise ou de la houppe munie d'un dard est obtenue avec la moindre fatigue pulmonaire quand le souffle impulseur a été émis d'une manière graduellement croissante."*<sup>v</sup>

Si en France, la recherche de poudre pour arme au nitro coton marque le pas, à l'étranger, certains mettent au point par une démarche empirique des poudres de chasse sans fumée<sup>vi</sup> :

- Frédéric Abel essaie en 1865 des mélanges de nitrocellulose (coton-poudre et coton nitré pour collodion) qu'il traite, mais seulement superficiellement, avec de l'alcool éthylique ou des mélanges éther sulfurique-alcool.

- Edouard Schultze, en Allemagne, propose à Berlin en 1865 une poudre obtenue par nitration de petits morceaux de bois, au préalable soigneusement traités. Après réaction, le bois nitré est lavé, puis trempé dans une solution de nitrate de potassium et de nitrate de baryum. Trente ans plus tard, cette poudre était encore fabriquée et vendue comme poudre de chasse.

- Frédéric Volkmann, en Autriche, améliore quelques années plus tard le procédé de Schultze et fabrique de 1872 à 1875 une poudre présentant toutes les qualités d'une poudre sans fumée qu'il appelle Collodine. Le bois nitré (du bois d'aulne) est gonflé dans un solvant. Le gel obtenu peut être moulé par pressage. Pour cause de monopole d'Etat, l'usine est fermée en 1875.

- en Allemagne, à Rottweil, on fabrique aussi une poudre gélatinisée. Aux Etats-Unis, Reid brevète en 1882 un procédé d'agglomération des grains de pyroxyline par traitement avec un solvant<sup>2</sup>.

Pourtant plusieurs raisons militent en faveur d'une poudre de guerre nouvelle :

- l'évolution de l'armement vers des cadences de tir rapides. Il faut une vitesse de combustion lente, même aux hautes pressions et une décomposition progressivement croissante sur le projectile déjà en mouvement. C'est l'impulsion dans la sarbacane du chasseur de Séguier.

- le souhait de l'Armée de pouvoir disposer d'une poudre sans fumée.

Concernant le premier point, on s'efforce d'améliorer la poudre noire. En Allemagne sont mises au point les poudres prismatiques. Elles sont faites à partir d'un charbon à combustion rapide ; le taux de soufre est sensiblement inférieur au taux habituel. Le mélange des composants est fortement comprimé sous forme de petits prismes hexagonaux, traversés au centre par un trou cylindrique. Mais il s'agit là de progrès limité. Même très compactée, cette poudre répond insuffisamment aux exigences de progressivité. Quant aux tentatives faites avec la nitrocellulose, en particulier pour certaines poudres de chasse citées ci-dessus, *"il (leur) manquait (...) la forme régulière et la gélatinisation égale et complète de la matière bien cylindrée, c'est-à-dire les éléments capables d'assurer une utilisation rationnelle"*<sup>vii</sup>.

Quant au second point, la poudre noire est évidemment mal placée. Sa fumée est constituée à hauteur de plus de 50 % par des matières solides (carbonate de potassium, sulfate de potassium) qui forment la fumée et contribuent aussi à l'usure des canons de fusil. Par contre, les produits de combustion du coton-poudre sont entièrement gazeux.

### ***Les travaux de Vieille : loi de combustion et poudre B.***

C'est dans ce contexte qu'en France, le Service des Poudres et Salpêtres décide d'engager des études fondamentales du processus de combustion des poudres. L'objectif est ambitieux de chercher à

---

<sup>2</sup> Plusieurs chercheurs ont effectué des traitements empiriques du coton-poudre par des solvants avec des succès mitigés. Guttman (*Mon. Scient.*, 155, 1911) rapporte que le docteur Hartig – conseiller forestier collaborant avec le professeur Otto qui avait fabriqué le coton-poudre indépendamment de Schoenbein et procédé à des essais à balles – signale qu'il a préparé un gel en faisant réagir l'éther acétique sur le fulmicoton et que ce gel, après évaporation, présente les mêmes propriétés que le fulmicoton, mais que *"sa force explosive (...) est beaucoup diminuée probablement à cause d'une modification de son état d'agrégation"*. C'était en 1847.

prévoir le comportement balistique d'un projectile à partir des caractéristiques de l'explosif mis en œuvre et de l'arme utilisée. Il faut comprendre les processus complexes qui englobent la combustion de la poudre, la formation des dégagements gazeux à des températures et sous des pressions variables, le déplacement du projectile dans le canon, sa trajectoire dans l'air. Une telle analyse est une œuvre complexe ; elle fait appel à des disciplines nombreuses qui, à cette époque et durant une bonne partie du 19<sup>e</sup> siècle, étaient peu ou pas développées : la thermodynamique chimique, la physique des réactions explosives, la balistique, la mécanique rationnelle. Il appartiendra aux polytechniciens du Service des Poudres et Salpêtre de la mener à bien. Déjà vers les années 1830, Piobert s'était attelé à analyser le mode de combustion de la poudre noire à l'air libre, donc dans des conditions très éloignées de la réalité, dans l'espoir de pouvoir établir un lien avec les effets observés dans les armes. La question est en effet primordiale : la loi de combustion de la poudre est le fait chimique central. A cette époque, d'après les travaux de Maguin<sup>viii</sup>, on sait déjà que le feu se propage de grains à grains sans embraser d'un seul coup la masse pulvérulente et que la dimension des grains doit être adaptée à l'arme utilisée. De ses recherches, Piobert conclut que la combustion des poudres s'effectue par couches concentriques successives et que la pression est sans incidence sur la combustion.

Ces résultats sont contestés. La nécessité s'impose de reprendre ces travaux avec des moyens expérimentaux nouveaux et d'étudier les faits à la lumière des nouvelles connaissances. La science a progressé, notamment la thermodynamique chimique dont les règles ont été établies par Berthelot en 1871.

C'est dans cette entreprise qu'intervient Paul Vieille en 1875 en entrant dans le Service des Poudres et Salpêtre après avoir terminé ses études à l'Ecole Polytechnique<sup>ix</sup>. Il rassemble un corps de méthodes expérimentales. *"Entre la fabrication proprement dite des explosifs, c'est-à-dire leur production industrielle et leur utilisation dans les armes de guerre, c'est-à-dire la constatation de leurs effets balistiques, il paraît indispensable de faire une place à ce qu'on pourrait appeler l'étude physiologique des explosifs, études de laboratoire dans lesquelles leur mode de fonctionnement intime peut être analysé sans polygone, à l'aide d'appareils simples dont le maniement est silencieux, inoffensif pour le voisinage, sinon d'une façon absolue pour l'opérateur."*<sup>x</sup> Avec Berthelot – d'ailleurs nommé président de la Commission des substances explosives lors de sa création en 1875<sup>xi</sup> –, il développe la bombe calorimétrique. Grâce à un travail expérimental important, une approche pluridisciplinaire, Vieille arrive à ses conclusions célèbres : la combustion des poudres se fait par couches parallèles. La loi de Piobert est validée. Mais, s'agissant des poudres noires, classiques, industrielles, elle doit être interprétée. Ces poudres (mélanges de particules de charbon, nitrate de potassium, soufre) sont toujours constituées de grains individualisés. On peut faire varier leur compacité en les affinant et les comprimant, mais on ne parvient jamais à supprimer les interstices ni réduire complètement la structure granulaire. Aucune poudre noire industrielle ne brûle en respectant la loi des couches parallèles. Il faudrait, pour y accéder, que le matériau soit constitué par une phase homogène, isotrope, sans ces vides interstitiels. Vieille ne cantonne évidemment pas ses études à la poudre noire : il les étend aux nouveaux produits apparus depuis Piobert et notamment la pyroxyline. Ces produits explosifs, préparés à partir de nitrocelluloses gélifiées, que Vieille, adoptant la terminologie et les concepts de l'époque, qualifie de "colloïdaux" par comparaison avec la poudre noire "cristalline", ont perdu la structure fibreuse de la matière cellulosique. Ils obéissent au mode de combustion par couches parallèles. Ce ne sont plus des *poudres* proprement dites, constituées de grains élémentaires, contenant des zones vides, mais une matière homogène dont la géométrie utile, celle à prendre en compte dans le processus de combustion, peut être modifiée, à volonté par le fabricant. Car la nitrocellulose plastifiée peut être laminée en feuilles d'épaisseurs variées, extrudée en joncs, moulée en plaques, lesquelles sont découpées en éléments de caractéristiques géométriques précises. Mais pour produire cette nouvelle poudre, il faut pouvoir transformer le coton-poudre qui se trouve à l'état fibreux. Pour la fabrication du celluloid, la plastification est apportée par le camphre dont le point d'ébullition élevé garantit sa permanence au sein du mélange. Ici, où la plastification n'est souhaitée qu'à titre provisoire, on met en œuvre une substance organique (éther, ester, cétone) de point d'ébullition suffisamment bas pour s'éliminer facilement, après mise en œuvre, c'est-à-dire après les opérations de transformation, calandrage ou extrusion, puis découpage. Grâce aux propriétés "plastiques" de la nitrocellulose encore chargée de solvant, on peut confectionner ainsi, après ces

opérations de transformation, des éléments (fils, plaques, bandes) de géométrie définie, répondant au mieux aux exigences balistiques du type d'arme auquel l'explosif est destiné.

C'est le point de départ du développement industriel des poudres de guerre au coton-poudre dites sans fumée, mais aussi sans résidu. Par le choix des paramètres géométriques, il est possible de maîtriser la vitesse de combustion en fonction du calibre de l'arme, du pistolet d'ordonnance au canon de marine, afin que cette combustion s'effectue "*progressivement pendant le déplacement du projectile*", ce qui assure des pressions modérées à l'intérieur de l'arme et, corrélativement, "*une supériorité de puissance considérable*" par rapport à l'ancienne artillerie<sup>xii</sup>. Cette poudre est immédiatement adoptée par le gouvernement français sous le nom de "poudre B"<sup>3</sup>.

Ainsi, quarante ans après, les prédictions de Schönbein se concrétisent. Curieusement, alors que le gouvernement français, à travers ses commissions, avait manifesté un parfait ostracisme vis-à-vis du coton-poudre et négligé d'en approfondir l'étude, c'est à un Français, fonctionnaire de ce gouvernement, que revenait le mérite de découvrir, à travers une démarche très cartésienne, l'intérêt pratique du pyroxylyte dans le domaine des armes<sup>4</sup>.

Pour aboutir à ce résultat, Vieille a effectué un travail expérimental considérable. Il a non seulement développé la calorimétrie, mais aussi les mesures des températures de combustion, les mesures des très hautes pressions en développant et améliorant le manomètre à écrasement inventé par l'Anglais Noble. Sur le plan chimique, il a étudié la nitration de la cellulose, confirmé la progressivité du processus de nitration, établi une relation entre taux de nitration et propriétés<sup>xiii</sup>. Son apport essentiel est sa conclusion sur le mode de combustion des poudres, fruit d'une démarche scientifique rigoureuse. Ce que Georges Urbain résume en écrivant qu'avec Berthelot et Sarrau, directeur des études au Service des Poudres et Salpêtre, il a "*transformé de fond en comble ce qui n'était encore qu'un art pour en faire une véritable science*"<sup>xiv</sup>.

Les premiers résultats pratiques datent de la fin de l'année 1884. Les puissances étrangères apprennent après 1886 que la France possède une nouvelle poudre révolutionnaire. L'espionnage allemand arrive à s'en procurer un échantillon, mais ne l'identifie pas. En 1890, pour Abel qui a eu entre les mains quelques "petites tablettes brun-jaunâtres" de poudre B, il s'agit d'acide picrique : "*ce n'est plus un secret pour personne que ce composé forme la base de l'explosif tant vanté et mystérieux que le gouvernement français a, dit-on, payé fort cher et dont les propriétés sont, d'après les descriptions, merveilleuses.*"<sup>xv</sup> Mais, assez rapidement, les autres pays identifient la nature de la poudre B. Les travaux contemporains de Nobel vont aussi contribuer à cette connaissance. La découverte de Vieille est intervenue dans un contexte international particulièrement propice. Aussi, malgré les précautions prises pour maintenir secrètes les données techniques, l'exemple de la France a pu être rapidement suivi.

## **Alfred Nobel**

### **La dynamite**

Vieille ne semble pas avoir indiqué dans ses écrits dans quelle mesure la connaissance du procédé de fabrication du celluloïd a participé d'une façon ou d'une autre à sa démarche. Il n'en va pas de même du travail d'Alfred Nobel.

<sup>3</sup> Selon Tavernier (*Mém.Poud.* 239 1950), l'appellation initiale était V (comme Vieille). Elle a été transformée en B lorsqu'elle a été officiellement adoptée par le ministère du général Boulanger.

<sup>4</sup> La commission du pyroxylyte de 1848 avait mis en évidence l'influence de la densité sur le comportement du coton-poudre. "*Des expériences spéciales avaient indiqué tout le parti qu'on pouvait tirer dans l'industrie d'une substance susceptible de tous les degrés de densité, depuis celle de l'état floconneux jusqu'à celle du bois le plus compact, et dont les modes de combustion varient en même temps depuis la déflagration fulminante jusqu'à l'écoulement paisible du bec de gaz, et toujours sans résidu solide.*" (SUSANE, *Mém. Acad. Impériale de Metz* 26 105 1955)

En 1846, dans la mouvance des études sur la nitration des polyols consécutives aux annonces de Schönbein, Ascanio Sobrero avait découvert les propriétés explosives exceptionnelles de la glycérine nitrée, qu'il avait dénommée "piroglicerina"<sup>5</sup>. Mais ces qualités ne pouvaient être exploitées pour deux raisons : la sensibilité de la nitroglycérine au choc mécanique ou thermique qui rend sa manipulation particulièrement dangereuse, et à l'inverse la difficulté à provoquer son explosion dans des conditions contrôlées. Pourtant un explosif d'une puissance bien supérieure à celle de la poudre noire est souhaité à cette époque pour satisfaire aux nombreux travaux de génie civil que nécessite le développement économique.

Immanuel Nobel (1801-1872), ingénieur et inventeur suédois, voyage beaucoup avant de s'installer en Russie où il crée une entreprise travaillant essentiellement pour le compte du gouvernement russe, et beaucoup pour l'armement. En 1854, pendant la guerre de Crimée, il est amené à mettre au point des mines marines, chargées en pyroxyline et dotées d'un allumage chimique, qui firent grand effet. C'est probablement à cette époque qu'Immanuel est informé par deux savants de Saint-Petersbourg des propriétés remarquables, mais incontrôlées de la nitroglycérine. En 1859, le destin ramène en Suède Immanuel et une partie de sa famille dont son fils Alfred alors âgé de vingt-six ans. L'idée de maîtriser et développer la nitroglycérine continue à l'habiter. Le père et le fils, conscients de l'intérêt de ce produit aux qualités explosives sans égal, décident d'en monter une petite fabrication en Suède, à Heleneborg (1862). Ils ne se contentent pas de fabriquer, ils cherchent aussi à améliorer et à faciliter les conditions d'emploi : Alfred met au point un système d'allumage révolutionnaire par détonation mettant en œuvre une amorce au fulminate de mercure associée à une petite charge explosive de poudre noire.

Mais ces travaux n'empêchent pas la nitroglycérine d'exploser, toujours mal à propos, toujours avec des conséquences dramatiques, partout en Europe. Les Nobel ne sont pas épargnés : l'usine d'Heleneborg saute en 1864. Parmi les cinq victimes se trouve un des frères d'Alfred. Les drames sont si fréquents et si importants que les gouvernements de plusieurs pays s'émeuvent et réglementent, voire interdisent, la fabrication de la nitroglycérine. Ainsi la Belgique, la Suède, le Danemark, l'Angleterre. Quoique profondément affectés (Immanuel, à la suite d'une attaque, en reste hémiplégique), les Nobel persévèrent.

C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux et les découvertes d'Alfred Nobel sur la flegmatisation par le kieselguhr. L'addition de 25 % de cette terre de diatomées particulièrement absorbante permet de rendre la nitroglycérine transportable et manipulable avec le minimum de risque, et d'un emploi très sûr puisque l'explosion nécessite l'usage d'un détonateur. C'est là un produit révolutionnaire, baptisé Dynamite (1867), trois fois plus puissant que la poudre noire, et pour Alfred Nobel le début d'une époque d'intense et incessante activité internationale. Avec l'aide de financiers auxquels il apporte ses droits d'exploitation, des sociétés sont créées dans la plupart des pays européens, en Amérique du Sud, en Afrique du Sud. En France est fondée la Société Générale pour la Fabrication de la Dynamite<sup>6</sup> avec la collaboration de Paul Barbe, homme dynamique et entreprenant qui contribue efficacement à la création d'un holding regroupant ses différents intérêts.

### La Dynamite gomme

Alfred Nobel reste présent à la technique. Selon Bergengren<sup>xvi</sup>, il affirmait ne pas prendre plaisir à ses activités d'homme d'affaires qu'il devait assumer. Ses centres d'intérêts sont techniques. Les comptes-rendus du conseil de la Société Générale pour la Fabrication de la Dynamite à Paris témoignent de sa présence et de sa participation technique active. Il visite ses usines. Le développement de la dynamite est impressionnant : entre 1865 et 1873, quinze usines sont construites ; la production passe de 11 tonnes en 1867 à 3.120 tonnes en 1874. Mais Nobel a encore d'autres idées. Maintenant, son objectif est de remplacer le kieselguhr, produit inerte qui occupe 25 % du volume, par

<sup>5</sup> Ascanio Sobrero, élève de Pelouze, est, à cette époque, professeur à l'Ecole de Mécanique et de Chimie appliquée de Turin.

<sup>6</sup> Voir *Société Générale pour la Fabrication de Matières Plastiques*.

une substance aussi efficace au niveau de la stabilisation, mais active et susceptible de compléter et d'augmenter l'importance explosive de la charge. Alfred Nobel effectue ses recherches à Paris, dans un petit laboratoire qu'il installe dans un hôtel particulier avenue Malakoff, récemment acquis. Plus tard, en 1883, ce laboratoire est transféré à Sevran. Le personnel est réduit à un jeune chimiste.

La solution de son problème, Alfred Nobel la trouve en 1875, après de nombreuses tentatives d'incorporation de substances actives (coton-poudre, nitrates minéraux, charbon, poudre noire, pâte à papier...) grâce au collodion médicinal. *"Un jour qu'il travaillait dans son laboratoire, il se coupa le doigt et mit sur la plaie du collodion. La douleur le tint éveillé toute la nuit et, dans son lit, il médita sur le problème qui était au premier rang de ses préoccupations : comment incorporer de manière satisfaisante le fulmicoton dans la nitroglycérine ? Il lui vint à l'idée que les résultats seraient peut-être meilleurs avec du fulmicoton moins riche en nitrate, en fait avec la sorte de collodion qu'il venait d'utiliser. Il se précipita dans son laboratoire à quatre heures du matin et, quand son assistant Fehrenbach arriva à l'heure habituelle, Nobel put lui montrer la première dynamite-gomme préparée, selon sa méthode habituelle, sur un plat en verre."*<sup>xvii</sup> Alfred Nobel venait de découvrir l'intérêt que présente le coton collodion, en termes de solubilité, comparativement à la nitrocellulose industrielle pour explosifs. Le pourcentage revendiqué est de 4 à 7 % en fonction de la consistance désirée. Pour l'incorporer, il faut passer par l'intermédiaire d'une substance solvant (mélange éther-alcool, acétone) ou procéder par un chauffage qui facilite la dissolution directe de la cellulose nitrée type collodion dans la nitroglycérine. La "dynamite gomme"<sup>7</sup>, qui se présente sous la forme d'une masse plastique, malléable, apparaît comme la réponse idéale au problème de combustion dans la mesure où l'excès de carbone contenu dans la nitrocellulose est exactement compensé par l'excès d'oxygène de la nitroglycérine.

La dynamite gomme, éventuellement chargée de substances minérales actives, est un succès. Alfred Nobel a atteint les objectifs qu'il s'était fixés au niveau des substances explosives destinées aux applications civiles. Sur le plan industriel, le développement est à la hauteur des grands travaux de génie civil. Il monte une fabrication personnelle de nitrocellulose dans ses principales usines.

## La Balastite

Reste une question qui concerne cette fois l'armement. Depuis Schönbein, les poudriers de tous les pays, hormis en France, fondent toujours de grands espoirs sur le pyroxyle, d'autant plus que la grande majorité des états-majors recherche une poudre sans fumée. Jusqu'à présent, pour Nobel, le pyroxyle était l'accessoire et le substrat principal de la nitroglycérine, fondement de son activité. Maintenant les choses doivent être revues différemment. Indéniablement, Nobel est frappé par la constitution du celluloid qui est le modèle exemplaire du mélange intime de la nitrocellulose avec une substance organique. *"La substance connue sous le nom de celluloid et qui se compose le plus souvent de deux parties de coton faiblement azoté pour une partie de camphre est d'une combustion trop lente pour qu'il puisse servir pratiquement comme poudre de tir ou de mines. Mais en remplaçant la totalité ou une partie du camphre par la nitroglycérine, substance éminemment explosible et ayant en même temps la propriété de dissoudre la cellulose azotée, j'ai réussi à former une matière cornée ou semi-cornée qui se laisse facilement couper en grains, qui présente l'avantage appréciable de ne pas dégager de fumée et dont l'explosion est assez lente pour en faire une poudre de tir offrant toute sécurité (...). On ajoute ainsi à 100 parties de nitroglycérine 10 à 12 parties de camphre et 100 à 150 parties de benzol ; on trempe dans ce liquide 150 parties de cellulose azotée bien soluble ; on laisse évaporer la plus grande partie du benzol, puis on malaxe, on lamine à chaud jusqu'à ce que la matière soit suffisamment solide ou cornée ; on l'agglomère à l'état de feuilles sous le laminoir ; on découpe ces feuilles en grains plus ou moins fins suivant l'usage qu'on veut en faire pour une arme lourde ou légère et la nouvelle poudre est prête au service."* Le texte précise : *"Si l'on veut obtenir une poudre peu brisante, il faut avoir soin de se servir de cellulose parfaitement soluble, car elle devient de plus en plus brisante en rapport avec les quantités de cellulose azotée non dissoute."*<sup>8 9</sup>

<sup>7</sup> BF 110.549, délivré le 30 novembre 1875, addition du 14 février 1876.

<sup>8</sup> BF 185.179, délivré le 28 novembre 1887.

Dans ses brevets suivants, Nobel modifie sensiblement son descriptif : le camphre est supprimé ; le mélange nitrocellulose-nitroglycérine est réalisé à froid en présence d'un excès de nitroglycérine qui est éliminé par une filtration ou un essorage contrôlé. Après chauffage, puis pressage ou/et laminage, les feuilles obtenues sont découpées en grains. L'addition de diphénylamine permet d'améliorer la stabilité du produit. Ainsi, "*avec parties égales par poids de nitrocellulose et nitroglycérine, on obtient un explosif présentant l'aspect d'un celluloïd très plastique, dont l'emploi comme poudre de tir est très avantageux ; mais ces proportions (...) peuvent être beaucoup variées*"<sup>10</sup>. Le système est donc sans solvant ; l'opération de séchage est supprimée.

La concrétisation, c'est la Balistite, une réussite technique au goût amer pour Alfred Nobel. Cette poudre lente, sans fumée, que les armées européennes recherchent est proposée successivement au gouvernement français qui, ayant adopté la poudre B (ce qu'ignore Nobel), la refuse ; au gouvernement anglais qui la copie honteusement après qu'Abel – qui entretenait des relations amicales avec Nobel – et Dewar aient profité sans vergogne d'informations confidentielles ; au gouvernement italien qui l'accepte et, après essais satisfaisants, la fait fabriquer dans l'usine Nobel d'Avigliano. Malheureusement, l'Italie fait partie avec l'Allemagne et l'Autriche de la Triple Alliance, ennemie de la France. L'affaire se politise et s'envenime. L'action de Barbe, député et un temps ministre de l'agriculture, aggrave les choses. Il y a cabale et calomnies. Le laboratoire de Sevrans est fermé *manu militari*. Nobel quitte la France pour s'installer à San Remo.

Le système aboutissant à la Balistite est directement inspiré de l'exemple concret, industriel du mélange d'une substance organique (le camphre) avec une nitrocellulose compatible, soluble, à taux d'azote inférieur à celui du coton-poudre. Il découle naturellement de cette démarche l'adoption des outils de moulage du celluloïd (calandre, presse...). La matière peut ainsi être "*conformée (...) de façon à lui faire épouser toutes les formes voulues et d'adapter les effets à l'usage final*", car, "*comme pour les poudres ordinaires, la brisance diminue en rapport de la grosseur des grains et aussi en rapport de la densité ou absence de porosité de la matière*". La démarche pragmatique de Nobel inspirée par le celluloïd rejoint celle de Vieille

Nobel est décrit comme un homme inventif, curieux, ouvert. Les brevets qu'il a déposés témoignent combien son champ d'innovation n'était pas limité au domaine des explosifs (Cf. Annexe). Il est intéressé par les travaux du comte de Chardonnet sur la filature de la nitrocellulose et propose des améliorations à ses procédés<sup>xviii</sup>. Plus conséquents cependant sont ses travaux sur le caoutchouc synthétique, commencés en 1883, qui apparaissent dans le droit fil des études inspirées par le celluloïd: ils donnent lieu au dépôt d'un brevet et d'une addition intitulés "*Nouvelles substances pouvant remplacer le caoutchouc, la gutta-percha, les cuirs et vernis*"<sup>11</sup>. Ce sont des mélanges de nitrocelluloses peu nitrées et de substances organiques lourdes, nitrées, telles que nitrocumol, nitronaphtalène, nitrotoluène, nitrobromocamphre, etc... Il ne s'agit pas là de brevets d'idées provenant d'un esprit imaginatif, ni le résultat de quelques travaux réalisés sur un coin de paillasse, en marge des études sur les explosifs. Car Nobel, sur la base de résultats prometteurs, prévoit de créer une importante industrie de caoutchouc synthétique sur laquelle il fonde de grands espoirs. Il est prévu d'installer une usine en Suède, à Gullsdäng. Ces systèmes révèlent malheureusement de nombreux défauts : l'affaire n'est pas poursuivie<sup>xix</sup>. Il est vrai que le 10 décembre 1896, Alfred Nobel s'éteint à San Remo<sup>xx</sup>.

<sup>9</sup> Honneur à Braconnot, le brevet précédent mentionne également l'amidon et la dextrine nitrés. On remarquera d'ailleurs que l'amidon nitré et la dextrine nitrée sont également revendiqués dans un brevet (BF 186.801 du 15 novembre 1887) avec les produits de nitration du corozzo, du bois de coco et des bois durs, en remplacement du coton.

<sup>10</sup> BF 199091 du 18 septembre 1889 et certificat d'addition du 22 avril 1890.

<sup>11</sup> BF 235.829 du 26 janvier 1894, addition du 30 mai 1894.

## *La Cordite anglaise*

La Cordite a été copiée sur la Balistite de Nobel. La formule d'Abel et Dewar est composée de nitroglycérine (58%), nitrocellulose (37%), vaseline (5%). La vaseline est incorporée pour lubrifier le canon. Autre différence par rapport à la Balistite, l'acétone est utilisée comme gélifiant temporaire éliminé lors de la fabrication.

## *La fabrication des poudres sans fumée en France* <sup>xxi</sup>

Les premières poudres mises au point par Vielle sont constituées par un mélange de deux cotons nitrés :

- CP1 à 13,5% d'azote, qualité insoluble dans le mélange alcool-éther (dénommé aussi fulmicoton, pyroxyline),
- CP2 à 11,9% d'azote, qualité soluble dans le mélange alcool-éther (appelé aussi coton collodion), dans les proportions CP1 66%, CP2 34%. Dans certains pays, on n'utilise pas un mélange, mais un coton nitré de composition moyenne dénommé Pyrocollodion <sup>xxii</sup>. Au mélange sont ajoutés des additifs dont un produit stabilisant, alcool amylique à l'origine, diphénylamine à partir de 1910.

Après nitration, le coton nitré subit les traitements de stabilisation type Abel. Pour l'essentiel, s'il s'est affiné et rationalisé, il ne semble pas avoir été profondément modifié depuis l'origine : stabilisation par traitement à l'eau en autoclave entre 110 et 130 °C durant une dizaine d'heures, raffinage à la pile, cuisson à l'eau bouillante légèrement basique, compactage en blocs humides permettant le transport sans risque <sup>xxiii</sup>.

Le procédé de fabrication de la poudre elle-même comporte les étapes suivantes :

- La préparation du mélange des deux cotons-poudres. Ils sont reçus humides de l'atelier de nitration. L'eau est éliminée par déplacement à l'alcool éthylique à 95°, dans une presse.
- La mise en pâte des cotons-poudres dans un mélange éther (35 à 40 %)-alcool. Le malaxage est assuré dans des appareils types pétrisseur de boulanger (Chaudel-Page ou mélangeur Werner-Pfeiderer ou encore tout appareil fermé muni d'un agitateur hélicoïdal).
- La pâte est transférée dans une "presse à étirer". C'est l'équivalent du stuffing de l'industrie du celluloïd. Un piston pousse la masse à travers une filière large à fente rectangulaire à écartement variable, appelée règle d'étirage.
- Ces bandes sont recueillies sur des bâtons de bois et disposées dans des cuves étanches où les solvants sont éliminés à concurrence de 15 à 20 %.
- Les bandes sont ensuite découpées à l'aide d'un couteau rotatif en carreau de la dimension appropriée au calibre de la pièce.
- L'élimination du solvant résiduaire est poursuivie par étuvage ou par trempage dans l'eau chaude, puis froide.
- Par un traitement complémentaire appelé "lissage", les particules de poudre sont recouvertes d'une matière (plombagine par exemple, dont le rôle est d'éviter la formation de charges statiques et de réduire la vitesse de combustion superficielle).

La nitration de la cellulose a d'abord été effectuée, à partir de 1873 à la poudrerie du Moulin-Blanc, fabriquant le nitrocoton pour la Marine, complétée à partir de 1887 par la poudrerie d'Angoulême\*. En 1911 <sup>xxiv</sup> ces établissements alimentent les poudreries de Sevrans-Livry\* (Seine-et-Oise), Pont-de-Buis (Finistère), Le Ripault\* (Indre-et-Loire), Saint-Médard (Gironde), Toulouse\* (Haute-Garonne) – les poudreries marquées par \* fabriquant aussi de la poudre noire.

Au cours des années qui ont suivi la découverte de Veille, la poudre B est déclinée en plusieurs qualités suivant l'emploi auquel elle est destinée. On distinguera les poudres uniquement constituées de CP et les mélanges. Ainsi, pour les premières, on trouve comme exemple de désignation BF

(poudre à fusil), BC (poudre à canon), BCG (poudre pour gros calibre), BM (poudre pour la marine), etc. Ces mélanges sont généralement destinés aux poudres de chasse constituées par la poudre B et différents additifs : bichromate (poudre J), nitrate de baryum, salpêtre, camphre, gélose (poudre M), nitrate de baryte, salpêtre (poudre S), etc.<sup>xxv</sup>

**Document : photo d'Alfred NOBEL**



- 
- i Mémoial de l'Artillerie 8 195 1852
  - ii Tavernier Mem.Poud. 239 1950
  - iii Mem.Poud. 2 168
  - iv Hélène, Hachette 1886
  - v Séguier C.R. LIX 363 (1864)
  - vi Schupphaus Mon.Scient.373 1896, Guttman Mon.Scient .633 1910, Mon.Scient 724 910 Mon.Scient 155 1911
  - vii Will Rev.Gén. Sci. 129 1904
  - viii Sarrau Mem.Poud 7 1894
  - ix Urbain Mem.Poud 26 1 1934
  - x Vieille Mem.Poud 6 256 1893
  - xi Sarrau Mem.Poud 7 1894
  - xii Vieille Mem.Poud 6 256 1893
  - xiii Vieille C.R.132 1882, Mem.Poud 2 21 1883, 2 212 1883
  - xiv Urbain Mem.Poud 26 1 1934
  - xv Abel Mon.Scient 22 1890
  - xvi Bergengren Alfred Nobel Sequioa Elsevier 1970
  - xvii Bergengren Alfred Nobel Sequioa Elsevier 1970
  - xviii Mosenthal J.Soc.Chem.Ind. 443 1899
  - xix Schück, Nobel L'homme et ses prix Edition Rombaldi
  - xx Tavernier Mem.Poud. 239 1950, Mosenthal J.Soc.Chem.Ind.443 1899, Ragnhilo Lundström Alfred Nobel Acta Universalis ipsaliensis, Hueber Histoire de Nobel Explosifs France Exposé du 12 octobre 1996 (Sevran), Bergengren Alfred Nobel Sequioa Elsevier 1970, Schück, Nobel L'homme et ses prix Edition Rombaldi
  - xxi Anonyme. Ministère de l'Armement et des Fabrications de Guerre, Notions Générales sur les poudres sans fumée, Paris Imprimerie Nationale (Archives de l'Artillerie) 1919, Guinot Mem.Poud 4 23 1891, Chevereau Mem.Poud 20 151 1923, Courtois-Suffit Mem.Poud. 87 1911
  - xxii Anonyme. Ministère de l'Armement et des Fabrications de Guerre, Paris Imprimerie Nationale (Archives de l'Artillerie)
  - xxiii Tranchant, Quinchon Poudres, propergols, explosifs Technique et Documentation 1984
  - xxiv Courtois-Suffit Mem.Poud. 87 1911

---

<sup>xxv</sup> Anonyme Ministère de l'Armement et des Fabrications de Guerre, Paris Imprimerie Nationale (Archives de l'Artillerie), Pascal Explosifs, poudres et gaz de combat Paris 1930, Courtois-Suffit Mem.Poud. 87 1911. Champetier, Dérivés celluloses Dunod Paris 1954.