

LES

MATIÈRES EXPLOSIVES

A l'Exposition Universelle de 1889

Paris. -- Imprimerie E. BERNARD et C^{ie}, 23, rue des Grands-Augustins.

LES

MATIÈRES EXPLOSIVES

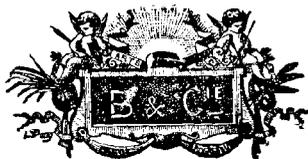
A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

P.-F. CHALON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

(Extrait de la Revue Technique de l'Exposition universelle de 1889)



PARIS

E. BERNARD ET C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

53^{me}, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1893

LES MATIÈRES EXPLOSIVES

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

P.-F. CHALON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

INTRODUCTION

Les matières explosives figurent, à l'Exposition, dans un assez grand nombre de classes, sous les formes variées de *poudres, dynamites et autres explosifs proprement dits* — *matières premières et produits chimiques servant à leur fabrication* — *et industries diverses basées sur l'emploi des celluloses et hydrocarbures nitrés.*

C'est qu'en effet certaines matières explosives ont reçu, en dehors de leur utilisation dans les mines, des applications d'un caractère tout différent, et ont même donné naissance à des produits nouveaux dont bien des gens ignorent souvent l'origine.

Beaucoup de personnes ne laisseront pas d'apprendre avec quelque surprise que la nitroglycérine, par exemple, est employée en médecine sous le nom de *glonoïne* pour les maladies de cœur, les troubles nerveux, l'asthme, etc., que certains hydrocarbures nitrés (nitrobenzols, nitrophénols, etc.) ont des propriétés colorantes très recherchées en teinture, et que les nitrocelluloses, qui entrent dans la composition des poudres sans fumée, servent également à fabriquer la soie artificielle, des vernis très fins, les collodions photographiques, le cellulose, etc.

L'étude complète de toutes ces applications exigerait un cadre plus vaste que celui de la Revue ; aussi nous bornerons-nous à exposer brièvement celles qui

sont le moins connues et celles qui nous sont révélées pour la première fois à l'Exposition.

C'est ainsi que, sans chercher à établir un lien entre ces diverses innovations, nous examinerons successivement :

- 1° Les dynamites et autres explosifs.
- 2° Les hydrocarbures nitrés.
- 3° Les nitrocelluloses et les industries qui en dérivent.

PREMIÈRE PARTIE

I. — Les Poudres et Explosifs

Jusqu'au commencement du siècle, la fabrication de la poudre est restée stationnaire et les soldats de l'Empire tiraient encore la vieille poudre de leurs aïeux de Fontenoy et de Rocroy.

C'est vers 1820 que des perfectionnements sérieux apportés aux appareils de fabrication modifièrent avantageusement l'antique pulvérin de salpêtre, soufre et charbon.

En 1860, l'artillerie faisait usage de la poudre en grains de 25 millimètres. A cette époque, et dans le but d'obtenir des *poudres progressives à combustion régulière*, et de diminuer la pression dans les armes, on eût l'idée d'augmenter la grosseur des grains de poudre auxquels on donna jusqu'à 30 millimètres de diamètre, puis de mouler le mélange ternaire en prismes et cylindres perforés.

D'autres perfectionnements qui amenèrent une transformation des canons et fusils furent faits plus particulièrement en vue d'obtenir une plus grande vitesse initiale.

La cartouche de 1866 donnait à la balle du poids de 25 grammes une vitesse de 405 mètres. Celle de 1874 correspondait à 435 mètres ; la charge étant de 5,50 grammes dans le premier cas, et de 5,25 dans le second.

En 1879 on parvint à obtenir une vitesse de 445 mètres.

Cet accroissement de vitesse correspond à certaines exigences, et en particulier à une diminution du poids de la balle et une réduction du calibre de l'arme;

or ces deux conditions étaient difficiles à réaliser avec la poudre noire qui brûle mal et donne une médiocre utilisation.

On eût alors l'idée d'essayer les poudres picratées qui avaient été étudiées par le capitaine d'artillerie (aujourd'hui général) Brugère ; et le gouvernement français mit à l'essai la poudre NP, ou poudre noire picratée, puis la poudre PP aux picrates de potasse et d'ammoniaque. Les résultats balistiques furent satisfaisants ; cependant la fabrication fut promptement abandonnée, ces poudres présentant le double inconvénient d'être trop brisantes et de s'altérer rapidement.

Il fallait trouver mieux. En 1885, M. Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres, après de longues et patientes recherches sur les poudres pyroxyliées inventées en 1867 par le colonel Schultze de l'artillerie prussienne, parvint à établir la formule qui a été définitivement adoptée pour l'armée française : c'est la poudre BF qui, à la charge de 2,70 grammes, imprime à une balle du poids de 16 grammes, dans un fusil de 8 millimètres de calibre, une vitesse de 620 mètres.

Nous verrons plus loin que les inventions de MM. Schultze et Vieille ont été le point de départ d'un grand nombre de poudres dites *sans fumée*. A la vérité, le problème de la suppression de la fumée, suppression considérée aujourd'hui comme la qualité maîtresse de ces poudres, n'a été résolu que fortuitement et sans que l'on y pensât. On cherchait une poudre capable de donner une grande vitesse initiale, et il s'est trouvé que celle-ci avait l'avantage ou le désavantage de ne donner qu'une très faible fumée.

Les profondes modifications qui ont été apportées aux poudres de guerre se sont également étendues aux grands explosifs. Les dynamites, toujours si dangereuses à fabriquer et à manier, tendent aujourd'hui à céder la place à de nouveaux explosifs formés de matières inoffensives séparément, mais dont la réunion constitue des mélanges qui font explosion sous l'action d'un détonateur convenable. Tels sont la *mélinite*, la *bellite*, la *roburite*, les *poudres Favier*, etc., etc., et en général tous les composés dans lesquels entrent un hydrocarbure nitré. Ces explosifs sont connus depuis plusieurs années déjà, et l'Exposition ne nous révèle rien de nouveau à leur sujet, sinon que de grands efforts sont faits pour les approprier aux besoins des mines grisouteuses, comme nous le verrons plus loin.

D'autre part, et si la nitroglycérine tend de plus en plus à être écartée de la fabrication des explosifs, les celluloses nitrées jouissent au contraire d'une faveur croissante. Toutes les marines de guerre ont conservé jusqu'à présent l'usage du fulmicoton ; c'est pourquoi il nous a paru utile d'indiquer, quoique brièvement, la préparation de cet intéressant explosif dont on trouve de nombreux spécimens dans le Pavillon du service des poudres et salpêtres.

II. — Les Explosifs pour mines grisouteuses (1)

En général tout explosif susceptible de projeter des particules incandescentes doit être proscrit des mines à grisou.

Ce principe est basé sur le fait bien connu qu'il suffit de mettre un point d'un mélange grisouteux en contact avec une flamme, une forte étincelle, ou un charbon incandescent pour provoquer l'explosion ou la combustion du mélange. Le plus souvent c'est un semblable contact qui met le feu au grisou plutôt que l'échauffement proprement dit des gaz développés ; et ce qui le prouve, c'est que le *formène*, qui constitue la partie principale des mélanges grisouteux, est l'un des gaz combustibles le plus difficile à enflammer. Il faut même, comme l'a reconnu M. Le Châtelier, qu'il soit maintenu pendant un certain temps à sa température normale d'inflammation (650° C.) pour que celle-ci se produise.

Pour résoudre le problème il faut donc chercher un explosif qui, en détonant, ne donne que des produits gazeux à une température relativement basse. Mais, quoique l'on fasse, cette température est toujours assez élevée pour porter au rouge les matières légères et facilement inflammables. C'est pour ce motif qu'il est nécessaire de ne jamais effectuer un bourrage de mine avec des poussières de charbon. L'argile légèrement humide constitue un excellent bourrage ; elle agit comme les *cartouches à eau* et les *bourres de sûreté*, quoique d'une façon moins complète, en refroidissant les particules ou les gaz trop chauds lancés par le fourneau de mine.

Il serait bon également de supprimer, toutes les fois qu'il est possible de le faire, les enveloppes en papier des cartouches, car leur inflammation même partielle suffirait pour mettre le feu au grisou.

Ces observations peuvent se résumer ainsi : *Il faut éviter, dans les mines grisouteuses, que ni l'explosif ni le bourrage ne contiennent des matières susceptibles de s'échauffer jusqu'à l'incandescence.*

Quels sont les explosifs répondant à cette condition ?

La poudre noire ne supporte pas l'examen, elle doit être écartée *à priori*. On peut en dire autant des dynamites à la silice, au charbon, à la sciure de bois, à la farine, au sucre, au tripoli, au mica, etc., et autres du même genre qui toutes renferment des matières non volatilisables et pouvant être projetées hors du trou de mine à l'état de particules enflammées ou incandescentes.

Les nitrogélatines, qui sont composées de nitroglycérine, de nitrocellulose et d'un nitrate, particulièrement lorsque celui-ci est le nitrate d'ammoniaque, sont moins dangereuses. La dynamite-gomme l'est moins encore, car s'il est vrai que

1. Note présentée par l'auteur au Congrès international des Mines et de la Métallurgie, le 5 septembre 1889.

sa température de détonation soit moins élevée que celles des précédentes, il est incontestable que les matières formant sa composition sont volatilisables ou à peu près.

A tout prendre, la dynamite-gomme est préférable aux autres dynamites dans les mines grisouteuses. La pratique le prouve aussi bien que la théorie, et le fait est bien connu dans les charbonnages belges, allemands et anglais.

Pour atténuer le danger résultant de l'emploi des dynamites ordinaires, on a cherché à réduire la quantité de chaleur qu'elles dégagent en explosant. C'est ainsi que l'on a préconisé les *dynamites à l'ammoniaque*, la *grisoutite*, la *grisoutine* et autres produits qu'expose la *Société générale pour la fabrication de la dynamite et des produits chimiques* et la *Société française des explosifs*.

Or, il est clair qu'en réduisant la quantité de chaleur dégagée on diminue l'énergie de l'explosif : celle-ci étant fonction de la chaleur produite et du volume de gaz développé.

Prenons, par exemple, la *grisoutite*. C'est une dynamite ordinaire à laquelle on a ajouté une certaine quantité de carbonate de magnésie. On n'a pas tardé à l'abandonner parce que l'on a reconnu que le mélange donnant le moins de flamme n'a plus d'énergie, et que la flamme reparait dès que l'on augmente la proportion de dynamite dans le but d'accroître la force explosive.

On peut remplacer le carbonate par le sulfate de magnésie, ou encore par le carbonate ou le sulfate de soude, et en général, par tout autre sel susceptible d'abandonner à basse température son eau de cristallisation.

Mais tous ces explosifs, nous le répétons, perdent en force ce qu'ils gagnent en innocuité relative.

La *grisoutine*, exposée par la Société générale, n'a pas donné de résultats plus concluants ; elle est composée de :

Nitrogélatine	20 parties
Nitrate d'ammoniaque	80 »

Parmi les nouveaux explosifs, il en est un qui présente une certaine sécurité, c'est la *bellite*, mélange de binitro-benzine et de nitrate d'ammoniaque. Les deux substances dont elle est composée sont inoffensives et résistent soit isolément, soit mélangées, aux chocs et au feu. C'est dire que la manipulation, le transport et l'usage de la bellite ne présentent point de danger.

Les *explosifs Favier* qui sont représentés à l'Exposition, dans la section belge, sont dans le même cas.

Les produits fabriqués à l'usine de Trois-Fontaines, en Belgique, sont généralement des mélanges de nitrate d'ammoniaque et de mononitronaphtaline. Ils sont présentés sous forme de cylindres légèrement comprimés et portant une cavité

centrale que l'on remplit du même mélange à l'état pulvérulent. En cet état, le mélange explose sous l'influence d'un détonateur à fulminate de mercure. Il ne détone plus, au contraire, lorsqu'il a été fortement comprimé; ce qui s'explique d'ailleurs tout naturellement par ce fait qu'une compression trop énergique fait sortir l'hydrocarbure nitré et qu'il ne reste plus pour former le corps de la cartouche que du nitrate d'ammoniaque, composé extrêmement difficile à faire détoner.

DEUXIÈME PARTIE

Les Hydrocarbures nitrés

Lorsqu'on distille la houille pour la fabrication du gaz d'éclairage ou la préparation du coke, on obtient un certain nombre de sous-produits et, en particulier, des goudrons qui, par distillations fractionnées, fournissent une grande variété de matières industrielles brillamment représentées à l'Exposition.

Citons, entre autres, les benzols, phénols, toluols, naphthols, etc., qui, par nitration, donnent des composés de nature explosive.

La classe des phénols est particulièrement intéressante; elle comprend :

Les phénols monoatomiques.

Phénol ordinaire	$C^6H^5(OH)$
Crésol ou crésylol	$C^7H^7(OH)$
Naphtol	$C^{10}H^7(OH)$

Les phénols diatomiques.

Résorcine	$C^6H^4(OH)^2$
Orcine	$C^7H^6(OH)^2$

Les phénols triatomiques.

Pyrogallol	$C^6H^3(OH)^3$
Phloroglucine	$C^6H^3(OH)^3$

Des benzols on retire la *benzine* mélangée avec du *cumène*, du *toluène*, du *xylène*, etc. Sous l'influence d'agents réducteurs, la benzine se transforme en *aniline* qui fournit cette riche collection de couleurs employées en teinture.

En général tous les hydrocarbures du commerce sont loin d'être purs ; aussi leur nitration donne-t-elle des produits assez complexes. Celle-ci résulte du remplacement de 1, 2, 3, ..., atomes d'hydrogène, par 1, 2, 3, ..., atomes du composé AzO^2 que l'on désigne sous le nom d'*azotyle* ou *nitryle* ; et les combinaisons qui en résultent sont dites *mono*, *bi*, *trinitrées*, etc.

Pour nitrer les hydrocarbures, on les traite par l'acide nitrique, étendu ou concentré suivant les cas. Souvent on fait intervenir l'acide sulfurique dans le but de fixer l'eau qui se dégage pendant les réactions. On peut encore obtenir le même résultat par la méthode des acides sulfoconjugués, ou par l'emploi du nitrate de potasse avec l'acide sulfurique.

Mais, quel que soit le procédé usité, la nitration est toujours difficile, lors même que l'on opère sur des produits purs ; et au lieu d'obtenir un seul dérivé nitré, le trinitré par exemple, on trouve un mélange d'hydrocarbures mononitré, dinitré et trinitré, mélange dans lequel domine celui de ces corps qui est le plus facile à former.

Chacune des molécules d'un hydrocarbure nitré est formé par la réunion d'atomes hétérogènes d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et de carbone qui coexistent les uns à côté des autres et dont l'équilibre peut être rompu par certaines manifestations de l'énergie, un choc très violent par exemple. Et, comme on le conçoit aisément, la combinaison nitrée est d'autant plus stable que cette rupture d'équilibre est plus difficile.

L'énergie, sous une forme convenable, provoque la détonation des hydrocarbures nitrés parce que ceux-ci constituent par eux-mêmes des explosifs complets dans lesquels se trouvent réunis à la fois des éléments comburants et des éléments combustibles. C'est ainsi que sous l'influence d'une charge suffisante de fulminate de mercure, on peut arriver à faire détoner les hydrocarbures nitrés qui, en apparence, présentent une certaine stabilité.

C'est sur ce principe qu'est basé l'emploi de ces corps pour la préparation des grands explosifs : mélinite, crésylite, émilitite, bellite, roburite, poudres Favier, fortis picrique, etc., la plupart représentés à l'Exposition, dans les sections belge et française, par d'importants produits.

Le tableau suivant représente les principaux hydrocarbures nitrés, dérivés des goudrons de houille, qui ont été expérimentés au point de vue de leurs propriétés explosives.

HYDROCARBURES nitrés	FORMULES	PROPORTION d'azotyle %	POIDS atomiques moléculaires	POINTS de fusion
Mononitrobenzine .	$C^6 H^5 (AzO^2)$	37,39	123	3°
Dinitrobenzine . .	$C^6 H^4 (AzO^2)^2$	54,75	168	(m) 81 à 70°
Trinitrobenzine . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^3$	64,78	213	121°
Nitrotoluol	$C^6 H^4 (AzO^2) CH^3$	23,57	137	(p) 54°
Dinitrotoluol . . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^2 CH^3$	50	182	70°,5
Trinitrotoluol . . .	$C^6 H^2 (AzO^2)^3 CH^3$	60	227	82°
Nitronaphtaline . .	$C^{10} H^7 (AzO^2)$	26,60	173	50 à 61°
Dinitronaphtaline .	$C^{10} H^6 (AzO^2)^2$	40,85	228	216°
Trinitronaphtaline .	$C^{10} H^5 (AzO^2)^3$	50,55	273	(α) 122°
Nitrophénol	$C^6 H^4 (AzO^2) OH$	33	139	60 à 70°
Dinitrophénol . . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^2 OH$	50	184	64 à 144
Trinitrophénol . . .	$C^6 H^2 (AzO^2)^3 OH$	60,26	229	122°
Nitrocrésol	$C^7 H^6 (AzO^2) OH$	30	153	Liquide
Dinitrocrésol	$C^7 H^5 (AzO^2)^2 OH$	46,50	198	Liquide
Trinitrocrésol . . .	$C^7 H^4 (AzO^2)^3 OH$	56,80	243	110°
Résorcine nitrée . .	$C^6 H^3 (AzO^2) (OH)^2$	29,67	155	
— binitrée	$C^6 H^2 (AzO^2)^2 (OH)^2$	46	200	
— trinitrée	$C^6 H (AzO^2)^3 (OH)^2$	56,32	245	175°

La troisième colonne indique les proportions en poids d'azotyle, la quatrième les poids atomiques et la cinquième les points de fusion.

Comme on le voit, le point de fusion croît avec le degré de nitration. Toutefois il est bon de remarquer que les températures données dans ce tableau ne sont qu'approximatives; la raison en est que ces corps nitrés sont généralement impurs et que les matières étrangères qu'ils renferment abaissent plus ou moins le point de fusion. D'ailleurs, comme nous l'avons dit plus haut, les hydrocarbures nitrés sont des composés assez mal définis; ainsi l'on connaît trois binitrobenzines qui fondent respectivement aux températures de 81 à 90°, 118 et 172°; deux trinitrobenzines fondant à 121 et 153°, trois trinitrotoluols dont les points de fusion sont 82, 104 et 112°; etc., etc. On trouve même dans le commerce des dinitrobenzines qui fondent à une température inférieure à 70°.

D'autre part, la proportion d'azotyle influe considérablement, pour un même hydrocarbure, sur sa nature explosive. Ainsi, la dinitrobenzine qui renferme 55 % d'azotyle est plus explosive que la mononitrobenzine qui n'en contient que 37 %. De même, la trinitronaphtaline, à 60 % d'azotyle fournit un meilleur explosif que la mononitronaphtaline qui n'en a que 33 %.

En un mot, et pour un même hydrocarbure, le composé le plus fortement nitré

est celui dont les propriétés détonantes sont le plus développées. Il serait imprudent de généraliser la règle à tous les hydrocarbures nitrés, comparés les uns aux autres ; c'est cependant le cas le plus fréquent.

Nitrobenzines, nitrotoluols, etc. — Les nitrobenzines sont connues depuis longtemps ; l'une, la mononitrobenzine, est utilisée pour la fabrication des *poudres Favier* ; quant à la dinitrobenzine, elle entre dans la composition de la *bellite*, de la *roburite* et de la *sécurité*. La dinitrobenzine a des propriétés toxiques et sa préparation cause de fréquents malaises aux ouvriers.

Les nitrotoluols ne sont pas utilisés comme explosifs à cause de leur cherté.

La mononitronaphtaline sert également à préparer les explosifs Favier, pour la *bellite*, on donne la préférence à la trinitronaphtaline.

Nitrophénols. — Les mononitrophénols et dinitrophénols n'ont pas reçu d'application. Mais le trinitrophénol, plus connu sous le nom d'*acide picrique*, est très recherché pour explosifs de guerre, et particulièrement pour la fabrication de la *mélinite* en France, de la *lyddite* en Angleterre, et très probablement aussi de la matière explosive actuellement employée en Allemagne pour le chargement des obus.

L'acide picrique, exposé comme matière tinctoriale, se présente dans le commerce sous forme de cristaux jaunes enchevêtrés ou de lamelles très brillantes. Il a une saveur amère et une réaction acide.

Sa solubilité dans l'eau est assez faible ; ainsi une partie d'acide picrique se dissout dans :

166 parties d'eau à la température de	5°
86	15°
81	20°
73	26°
26	77°

Toutefois, il se dissout facilement dans l'alcool, l'éther et l'acide sulfurique concentré.

Quoiqu'il ne soit pas considéré comme vénéneux, il se pourrait cependant que la respiration de sa poussière agit à la longue sur les organes, car il se combine facilement avec les matières animales auxquelles il donne une teinte jaune assez persistante. On le voyait, à l'Exposition, dans la section agricole, préconisé comme insecticide pour les parasites et les maladies cryptogamiques de la vigne ; ce qui laisserait supposer qu'il possède des qualités toxiques.

L'acide picrique brûle à l'air libre sans détoner, en donnant des vapeurs nitreuses et une fumée épaisse. Si on le fait exploser à l'aide d'un détonateur convenable, il se décompose en gaz simples : oxyde de carbone, acide carbonique, hydrogène, azote, et laisse un résidu carbonacé.

Chauffé vivement dans une cornue, il détone violemment et se décompose en azote, acide carbonique, acide cyanhydrique et charbon.

L'acide picrique devient dangereux lorsqu'il est resté pendant quelque temps en contact avec des sels métalliques, et en particulier avec des substances oxydantes, telles que les nitrates; on cite des cas de décomposition spontanée et d'explosion qui n'ont pas d'autre origine.

Les picrates ou sels de l'acide picrique sont plus dangereux que celui-ci. Quand ils ont été soigneusement desséchés, ils sont plus explosifs et plus inflammables. Certains d'entre eux sont toxiques: le picrate de plomb, par exemple. Le picrate de soude est, de tous, le plus soluble dans l'eau.

Les picrates de plomb et de potasse sont les plus explosifs; leur poussière s'enflamme facilement et peut communiquer le feu à distance. En outre, ils sont très sensibles aux chocs.

Les picrates doubles, de soude et de plomb, de soude et de baryte, etc., sont les moins dangereux, et pour ce motif on les substitue en totalité ou en partie au picrate de potasse dans la préparation de certaines poudres telles que la *bronolite*

Nitrocrésols. — Le crésol brut est le produit qui passe après le phénol, vers 200°, lorsqu'on distille le goudron de houille. On le retire aussi des créosotes. \mathcal{K} accompagne l'acide phénique dans le goudron de bois.

C'est un liquide incolore, à odeur de créosote, bouillant à 203°, et soluble dans une dissolution d'ammoniaque.

La nitration du crésol donne les trois produits actuellement connus sous les noms de *mononitro*, *dinitro* et *trinitrocrésol*.

Le *mononitrocrésol* ou *acide mononitrocrésylique* est un liquide oléagineux qui s'obtient en chauffant à 60 ou 70° une solution aqueuse de crésol avec de l'acide nitrique étendu.

Le *dinitrocrésol* est un produit analogue.

Le *trinitrocrésol* ou *acide trinitrocrésylique* est plus important. C'est l'un des constituants des explosifs connus sous les noms de *crésylite* et *émilite*.

Il cristallise en aiguilles jaunes. Il est assez peu soluble dans l'eau; ainsi pour en dissoudre une partie, il faut

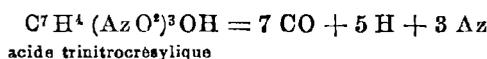
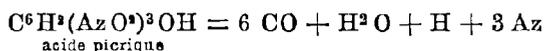
450 parties d'eau à 20°
123 — 100°

Il est soluble dans l'alcool et l'éther, et fond un peu au-dessus de 100°. A une température plus élevée, il se décompose en fusant comme l'acide picrique.

Les trinitrocrésylates, ou sels du trinitrocrésol, ont des propriétés détonantes analogues à celles des picrates; et comme ils peuvent être produits à meilleur

marché que ces derniers, il est probable que l'industrie des poudres et explosifs les utilisera tôt ou tard. Citons en particulier le trinitrocrésylate de potasse, celui d'ammoniaque, et celui de baryte.

Afin de pouvoir comparer l'acide trinitrocrésylique à l'acide picrique, au point de vue des effets explosifs, considérons les deux formules théoriques de décomposition :



Pour obtenir une combustion complète, avec formation d'acide carbonique et de vapeur d'eau, il manque, dans le premier cas 6.5 équivalents d'oxygène et dans le second 9.5. On voit donc que la combustion de l'acide picrique est moins incomplète que celle du trinitrocrésol.

D'autre part, le tableau qui précède nous montre que le premier de ces composés renferme 60.26 % de son poids d'azotyle, tandis que le second n'en a que 55.80 %.

Il en résulte, à priori, que l'acide trinitrocrésylique doit avoir des qualités explosives inférieures à celles de l'acide picrique. Toutefois, il présente un grand intérêt, capable même, dans certains cas, de balancer cette infériorité: sa fabrication est plus économique que celle de l'acide picrique.

L'un des meilleurs procédés de préparation a été indiqué en 1889 par M. Serrant; c'est le suivant :

On chauffe pendant une heure ou deux, au bain de sable, un mélange en parties égales de crésol et d'acide sulfurique à 66° B. Il se forme un *acide oxycrésylsulfureux*. En ajoutant une solution concentrée de nitrate de potasse ou de soude, on obtient d'une part de l'acide trinitrocrésylique, et de l'autre du bisulfate de potasse ou de soude.

On peut également traiter le crésol par l'acide nitrique concentré; mais l'emploi d'un nitrate est préférable parce qu'alors l'acide nitrique agit à l'état naissant comme nitrant et non comme oxydant. De plus, le rendement est plus considérable, et il ne se produit pas de dégagement de vapeurs nitreuses pendant le cours des opérations.

En dehors des hydrocarbures que nous venons de passer en revue, il en existe beaucoup d'autres qui, par nitration, sont susceptibles de fournir des composés explosifs. Citons en particulier la *vaseline* qui figure, dans l'Exposition des Etats-Unis d'Amérique, sous forme de préparations pharmaceutiques ou de parfumerie.

C'est un mélange mal défini d'hydrocarbures, de consistance semi-solide, et que l'on extrait des goudrons de pétrole.

La vaseline fond à 35° et bout entre 250 et 300°. Elle a la propriété de dissoudre une foule de substances telles que le camphre, le brome, l'iode, le soufre, le phosphore, les corps gras, les huiles fixes et essentielles, les résines, la paraffine, etc.

Insoluble dans l'eau et l'alcool à froid, elle se dissout dans le sulfure de carbone, les huiles minérales, l'éther bouillant, etc.

Pour la préparer, on chauffe à l'air libre le goudron de pétrole jusqu'à ce qu'il ait perdu son odeur caractéristique, puis on filtre à chaud sur du noir animal. Le produit obtenu a besoin d'être décoloré, et à cet effet on le maintient en fusion pendant 24 heures sur une couche de noir animal; on reprend ensuite par l'éther et on distille.

Quoique la vaseline n'ait pas encore été étudiée au point de vue des qualités détonantes de ses composés nitrés, ses propriétés dissolvantes la désignent d'une façon spéciale à l'attention des inventeurs et des fabricants de matières explosives.

TROISIÈME PARTIE

LES NITROCELLULOSES

I. — Celluloses et Nitrocelluloses

La cellulose nitrée a été découverte, en 1833, par Braconnot, qui, en traitant l'amidon, corps isomère de la cellulose, par l'acide nitrique très concentré, obtint une substance blanche, facile à enflammer et à laquelle il donna le nom de *xyloïdine*.

Pelouze répéta l'expérience avec la cellulose; en 1837, il reconnut que (1) « si, au lieu de dissoudre la cellulose (coton, chanvre, lin, papier, etc.) dans l'acide nitrique monohydraté, on l'immerge pendant quelques instants seulement dans ce liquide et qu'on l'en retire ensuite pour la laver à grande eau, on obtient

1. *Abrégé de Chimie. Chimie organique*, par Pelouze et E. Frémy. Paris 1859.

« une matière qui a conservé la forme et l'apparence de la cellulose et qui est « extrêmement inflammable. » Pelouze avait confondu cette substance avec la *xyloïdine*.

Vers la fin de 1846, Schonbein annonça la découverte du *coton-poudre*, découverte qu'il rendit publique en 1847 en indiquant son procédé de fabrication. Il plongeait pendant quelques instants le coton cardé dans un mélange d'acides sulfurique et nitrique concentrés. Le produit ainsi obtenu, et qui est identique à celui qu'avait déjà trouvé Pelouze, fut désigné, par le chimiste Otto, de Brunswick, sous les noms de *pyroxyle* et *pyroxyline*.

Schonbein préconisa pour les usages militaires l'emploi de son produit, auquel il donna le nom significatif de *coton-poudre*.

Telle est l'origine des pyroxyles et de leurs applications.

Les substances celluloseuses qui servent à la fabrication des pyroxyles se trouvent dans les tissus des végétaux sous les formes isomères de *cellulose*, *paracellulose*, *métacellulose* et *vasculose*.

Le coton est plus particulièrement formé de cellulose, comme l'indique la composition suivante :

Cellulose.	91,35
Eau	7,00
Matières ligneuses	0,75
Substances graisseuses	0,40
Matières azotées	0,50
Total	100,00

Les fibres de bois, au contraire, sont constituées par un mélange assez complexe des diverses formes de cellulose ou de vasculose, sans parler des autres composés étrangers.

Voici, d'après MM. Frémy et Urbain (1), les différences qui caractérisent ces divers corps au point de vue chimique.

La cellulose, la paracellulose et la métacellulose sont solubles dans l'acide sulfurique concentré.

La cellulose se dissout immédiatement dans le réactif ammoniac-cuivrique; la paracellulose ne s'y dissout qu'après action préalable des acides; la métacellulose y est insoluble.

La métacellulose est soluble dans l'acide nitrique et les hypochlorites.

La vasculose, qui forme la partie principale des vaisseaux et relie entre elles les fibres et les cellules, est insoluble dans le réactif ammoniac-cuivrique, et résiste très longtemps à l'acide sulfurique concentré; elle est rapidement attaquée par l'acide nitrique, les hypochlorites, le chlore, l'acide chromique, le perman-

1. Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1881

ganate de potasse, etc. Les alcalis caustiques la dissolvent à chaud; c'est ainsi qu'en traitant le bois et le papier par la soude caustique, on enlève la vasculose.

La différence entre le coton et le bois n'est pas moins grande au point de vue physique. Dans le coton, les fibres cellulosiques sont creuses; ce sont de véritables tubes dans l'intérieur desquels les liquides peuvent circuler avec plus ou moins de facilité; aussi la nitration du coton, à différents degrés, s'obtient-elle avec une certaine précision. Dans le tissu ligneux, au contraire, les fibres sont intérieurement remplies de matières étrangères solidifiées, et l'attaque de la cellulose par l'acide nitrique est plus lente et moins complète.

Toutes ces raisons expliquent la préférence donnée aux fibres de coton pour la préparation du fulmicoton ou coton-poudre, cellulose au maximum de nitration, et à la fibre de bois pour la fabrication des poudres Schultze, qui sont des celluloses beaucoup moins nitrées.

Elles expliquent encore pourquoi il suffit d'employer des acides faibles pour obtenir avec le coton un produit moyennement nitré, tandis que, dans tous les cas, des acides très concentrés sont nécessaires pour nitrer à un degré quelconque des substances aussi réfractaires que les fibres ligneuses.

Le degré de nitration d'une cellulose est, pour ainsi dire, impossible à déterminer avec précision. Les uns, quadruplant la formule de la cellulose, admettent avec M. Berthelot que l'on peut remplacer 1 à 12 atomes d'hydrogène par 1 à 12 atomes d'azotyle ou *nitryle* (AzO^2). On aurait ainsi 12 celluloses nitrées, parmi lesquelles nous citerons les suivantes :

Dénominations	Formules chimiques	Dosage % en azote	Dosage % en azotyle	Produits.
Cellulose tétranitrique. . .	$C^{24}H^{36}(AzO^2)^4 O^{20}$	6,76	22,22	Cot. friables.
— heptanitrique. . .	$C^{24}H^{33}(AzO^2)^7 O^{20}$	10,17	33,22	
— octonitrique. . .	$C^{24}H^{32}(AzO^2)^8 O^{20}$	11,10	36,50	Nitrocellulose solubles.
— ennéanitrique. . .	$C^{24}H^{31}(AzO^2)^9 O^{20}$	11,90	39,30	
— décanitrique. . .	$C^{24}H^{30}(AzO^2)^{10} O^{20}$	12,75	41,90	Fulmicotons.
— endécanitrique. . .	$C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11} O^{20}$	13,47	44,27	
— duodécanitrique. . .	$C^{24}H^{28}(AzO^2)^{12} O^{20}$	14,14	46,47	

D'autres, conservant la formule de la cellulose, considèrent simplement trois celluloses nitrées :

Dénominations	Formules chimiques	Dosage % en azote	Dosage % en azotyle	Produits
Mononitrocellulose. . .	$C^6H^9(AzO^2) O^5$	6,75	22,22	Cotons friables.
Dinitrocellulose. . .	$C^6H^8(AzO^2)^2 O^5$	11,10	36,50	Nitrocell. solubles.
Trinitrocellulose. . .	$C^6H^7(AzO^2)^3 O^5$	14,14	46,47	Fulmicotons.

Le premier groupe comprend les *cotons friables* qui sont des nitrocelluloses

incomplètement nitrées, ou même des mélanges de coton non attaqué et de celluloses plus ou moins nitrées. Ces produits sont insolubles, ou à peu près, dans l'éther alcoolisé. L'éther acétique les gonfle et les rend gélatineux, mais sans les dissoudre.

Le second groupe correspond aux *nitrocelluloses solubles* dans l'éther alcoolisé.

Enfin, la série des *fulmicotons* comprend les nitrocelluloses au degré maximum de nitration, insolubles dans l'éther alcoolisé, mais soluble dans l'éther acétique. Ils conservent l'apparence du coton.

Ces trois groupes ne sont pas nettement tranchés; on passe de l'un à l'autre insensiblement et non par sauts brusques. C'est cette raison qui a déterminé MM. Berthelot et Vieille à quadrupler la formule de la cellulose; ce qui leur a permis de faire des intercalations entre les trois principaux termes de la nitration.

Le fulmicoton est à peu près insoluble dans le mélange de deux parties d'alcool et une partie d'éther. Il correspond théoriquement à la trinitrocellulose ou à la cellulose duodécannitrique de MM. Berthelot et Vieille; mais, en réalité, il est difficile de l'obtenir à l'état de pureté absolue, et il renferme toujours une certaine quantité de nitrocellulose soluble qui, pour les épreuves militaires, ne doit pas dépasser 10 %. En général, le fulmicoton contient 40 à 45 % d'azotyle, au lieu de 46,47 % qu'indique la théorie. Sa formule se rapproche par conséquent de celle que l'on attribue à la cellulose endécannitrique.

De même, la nitrocellulose soluble (dinitrocellulose, ou cellulose octonitrique) devrait être entièrement dissoute par le mélange d'alcool et d'éther, tandis qu'en réalité il reste toujours de 40 à 60 % de matières non dissoutes. Elle correspondrait donc à des mélanges de celluloses hepta, octo et ennéannitriques, mélanges dans lesquels dominerait, selon le cas, la cellulose heptannitrique ou l'ennéannitrique.

Ainsi, la poudre Schultze, que l'on fabrique, comme poudre de chasse, en Allemagne, en Angleterre, en Belgique et en France, renferme de 34 à 35 % d'azotyle. C'est, par conséquent, un mélange de celluloses nitrées à différents degrés et probablement aussi de cellulose non attaquée. On sait qu'elle est obtenue en traitant la farine de bois, préalablement purifiée, par un mélange de :

2 parties d'acide sulfurique concentré ;
1 — — — nitrique, $d = 1,50$.

On obtiendrait un produit analogue avec des acides faibles et du coton.

Il ressort de ce qui précède, que la nature de la cellulose employée a une grande influence sur l'état des produits obtenus.

Il en est de même du temps pendant lequel se fait l'attaque par les acides. En général celle-ci est rapide. Avec le coton, en particulier, on peut obtenir en quelques minutes le maximum de nitration.

Une observation assez curieuse a été faite par M. Von Forster, directeur de la fabrique autrichienne de fulmicoton de Valsrode : c'est que si l'on prolonge le contact avec les acides au-delà d'un certain temps, il se produit une *dénitration partielle*, et le fulmicoton renferme alors une grande proportion de matière soluble.

D'autre part, M. Vieille a observé qu'en présence d'un grand excès d'acide sulfurique, la vitesse de la réaction est considérablement ralentie.

S'il s'agit, au contraire, de préparer une nitrocellulose soluble, un trop long contact avec les acides peut donner lieu à une *surnitration*, c'est-à-dire à la production d'une grande quantité de nitrocellulose insoluble, tandis qu'une exposition insuffisante donnera une substance insuffisamment nitrée et même partiellement inattaquée.

D'autre part, les proportions et le degré de concentration des acides ont également leur influence, et les expériences sont loin d'être concluantes, tout au moins pour la fabrication des nitrocelluloses solubles. Les travaux de M. Vieille (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1882, et *Mémorial des poudres et salpêtres*, sept. 1883) et ceux de M. de Chardonnet (1889) ont cependant jeté quelque lumière sur ce point particulier.

Les produits varient encore lorsque, au lieu de traiter les celluloses par un mélange d'acides sulfurique et nitrique, on emploie l'acide sulfurique avec un nitrate de soude et de potasse. Ce dernier procédé a l'avantage d'être plus économique et plus sûr; il permet en outre d'opérer à chaud et par suite avec plus de régularité.

Enfin, la température à laquelle on opère joue un rôle très important. C'est ainsi que les nitrocelluloses préparées à 15° diffèrent notablement de celles que l'on obtient à 50 ou 60°. Les premières conservent une apparence fibreuse et sont particulièrement explosives; les autres, au contraire, sont pulvérulentes, plus solubles, et spécialement aptes à la fabrication des collodions photographiques. Ajoutons encore que dans l'un quelconque de ces deux groupes la solubilité varie; telle nitrocellulose est très soluble parce qu'elle a été préparée à une température déterminée; telle autre l'est moins, soit parce que le thermomètre a varié pendant la nitration, soit parce que celle-ci s'est effectuée à une température un peu plus basse ou plus élevée de quelques degrés seulement.

Notons enfin que la stabilité du produit obtenu est d'autant plus grande que celui-ci renferme une plus grande proportion d'azotyle.

Bref, on comprend que s'il est relativement facile de fabriquer du fulmicoton proprement dit, c'est-à-dire une nitrocellulose au degré maximum de nitration, le cas est tout autre s'il s'agit d'une nitrocellulose soluble proprement dite, ou

cellulose dont le degré de nitration ou de solubilité doit être arrêté en un point déterminé.

La difficulté est particulièrement grande quand, au lieu d'employer du coton, cellulose presque pure, on fait usage de fibres ligneuses ou de farine de bois, qui sont composées de divers corps cellulosiques dont la nitration peut s'effectuer et s'effectue probablement dans des circonstances et des conditions différentes.

Toutefois, la cellulose de bois tend de plus en plus à se substituer au coton, à cause de son bon marché. Le hêtre et le bois résineux, que l'on employait au début, sont remplacés par le sapin blanc, qui est plus facile à nitrer et donne une nitrocellulose de couleur légèrement foncée. Celle-ci renferme de 40 à 42 % de substance soluble dans le mélange de 2 parties d'éther et 1 partie d'alcool; elle correspond par conséquent à un mélange de cellulose soluble et de fulmicoton.

La fabrication de la cellulose de bois a pris une très grande importance, surtout en Norvège; la section norvégienne, à l'Exposition, donne une idée de l'énorme développement qu'a pris cette industrie.

Elle date de 1857, mais les premières usines de traitement chimique par le sulfite, invention suédoise, n'ont été installées qu'en 1870.

Actuellement le nombre des usines fabriquant la farine de bois, la cellulose proprement dite, et la pâte de papier, dépasse 120. L'exportation, qui était de 6,000 tonnes en 1872, atteint 52,000 tonnes en 1889. La production totale en 1889 est de 149,000 tonnes.

La cellulose de bois, qui doit être transformée en nitrocellulose, nécessite un supplément de traitement, dans le but de la débarrasser des substances résineuses, incrustantes et autres qui accompagnent toujours la matière cellulosique et vasculosique.

Les nitrocelluloses que nous avons obtenues en 1886 avec les fibres de coco pulvérisées, bien connues sous le nom de *cofferdam*, sont de couleur rougeâtre. Elles s'enflamment facilement mais laissent beaucoup de résidu; ce défaut résulte de la difficulté que l'on éprouve à éliminer de la fibre naturelle les matières incrustantes et colorantes.

Les formules et procédés de préparation des nitrocelluloses varient selon l'emploi auquel elles sont destinées. Nous les indiquerons pour chacune des applications suivantes : *fulmicotons, poudres sans fumée, collodions photographiques, vernis au pyroxyle, soie artificielle.*

II. — Fabrication du Fulmicoton

La transformation du coton en fulmicoton pour les usages de la guerre, de la marine et des mines, comprend la série d'opérations suivantes :

- (a) Purification du coton.
- (b) Nitration.
- (c) Pulpage.
- (d) Mise en cartouches.

(a) *Purification du coton.* — Le coton brut ou en bourre, destiné à subir la transformation chimique, doit être préalablement débarrassé des matières étrangères et purifié.

On commence par le trier et le nettoyer des grains de sable et des poussières

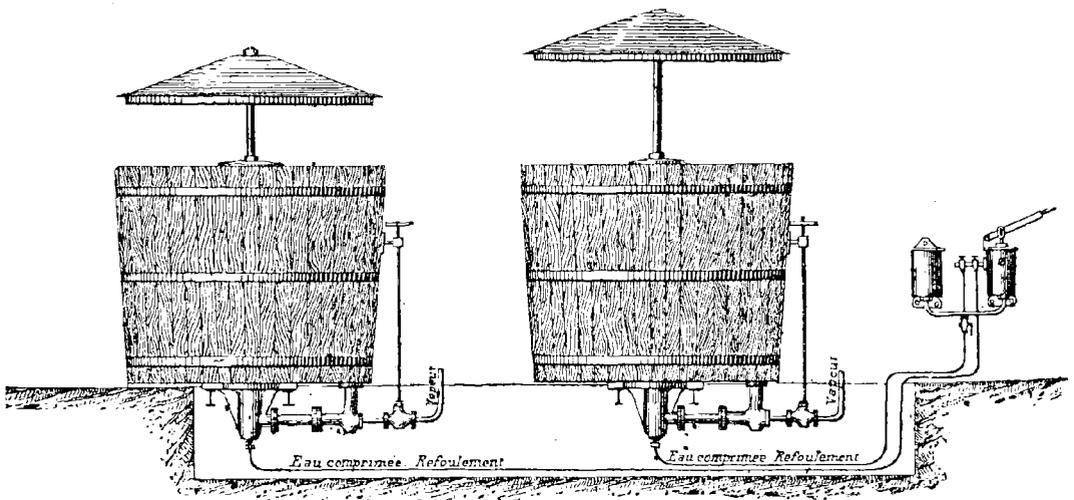


FIG. 1

au moyen d'une cardé ; puis, pour enlever les substances huileuses et le rendre raide et apte à l'attaque par les acides, on le traite par une lessive alcaline. On opère sur 100 kilogrammes de coton avec 1100 à 1200 litres d'eau additionnée de 16 kilogrammes de soude caustique. On fait bouillir pendant 8 heures et on laisse égoutter 10 ou 12 heures. On recommence l'opération avec de l'eau pure et, après un nouvel égouttage, on expulse l'eau à l'essoreuse centrifuge ou *hydro-extracteur*.

On peut simplifier les opérations qui précèdent en faisant usage des appareils qu'expose la maison H. Chasles tels que la machine double à lessiver (fig. 1) qui fonctionne par vapeur à jet continu et par températures graduées. Elle se

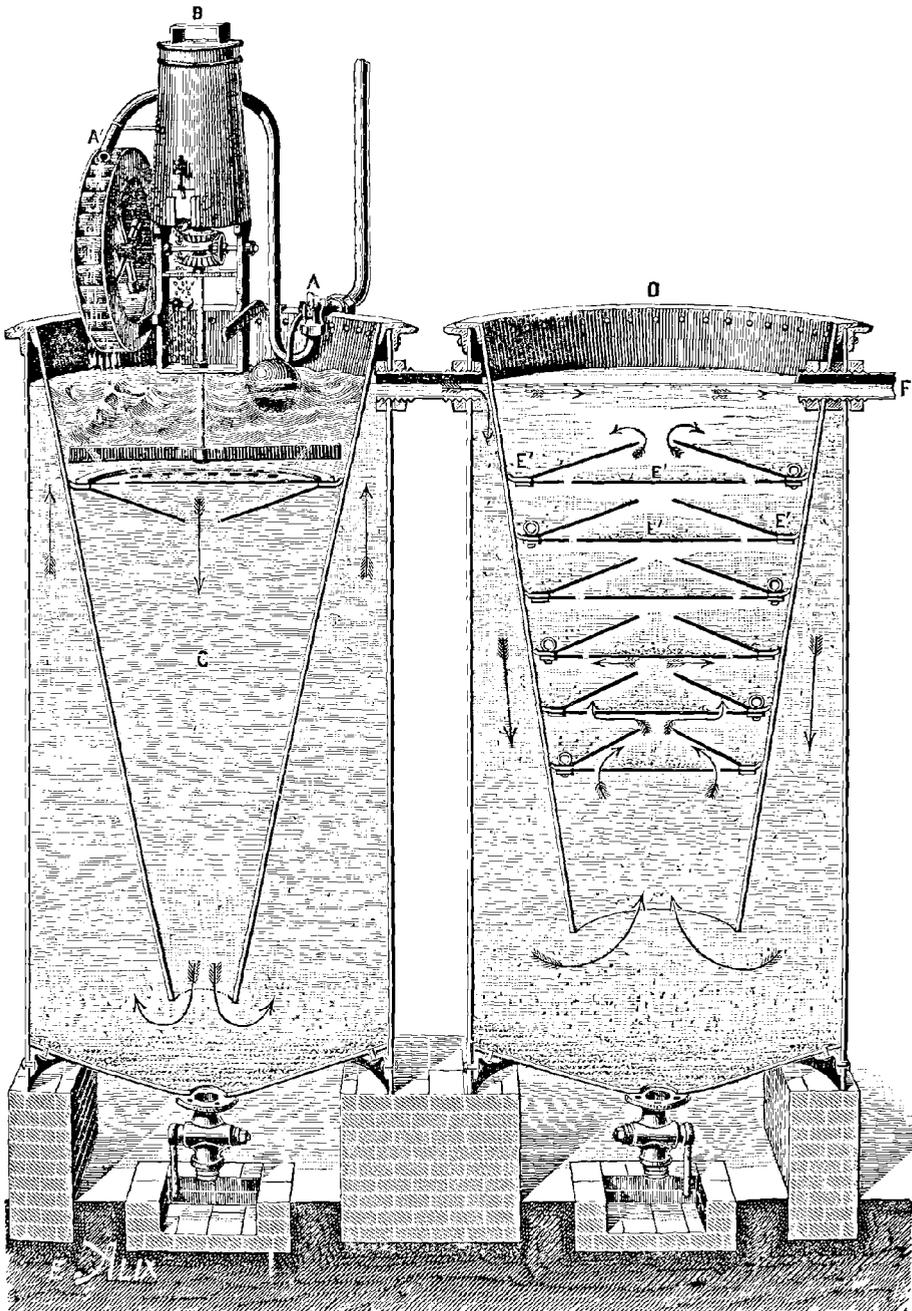


FIG. 2. — DÉCANDEUR MAIGNEN
 REVUE TECHNIQUE. — NEUVIÈME PARTIE

compose de cuves à double fond munies d'un injecteur spécial qui reçoit le liquide du double fond et le refoule dans une colonne verticale terminée à la partie supérieure par un tourniquet à deux branches. L'injecteur est raccordé à une tuyauterie à robinet amenant de la vapeur qui presse sur la lessive et la refoule dans les branches d'arrosage. La lessive qui monte s'échauffe au contact de la vapeur et acquiert une température de plus en plus élevée qui arrive finalement à l'ébullition. Pour concentrer la chaleur, chaque cuve est surmontée d'un monte-couvercle hydraulique que l'on manœuvre à l'aide d'une petite pompe à main.

Tous ces lavages doivent être faits avec une eau aussi abondante et aussi pure que possible ; l'eau dont on dispose doit donc être préalablement adoucie

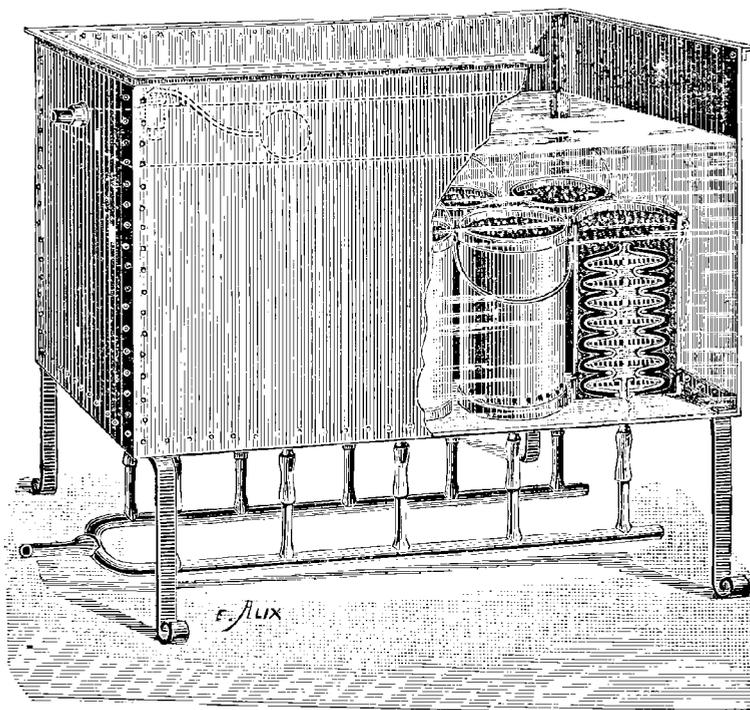


FIG. 3. — FILTRE MAIGNEN

et filtrée. L'appareil qui réalise le mieux ces conditions est le *filtre à grand débit* dont *M. Maignen* expose le type dans plusieurs classes.

L'épuration complète comporte deux opérations successives.

- 1° L'adoucissement de l'eau ;
- 2° La filtration de l'eau adoucie.

L'adoucissement se fait au moyen de l'*anti-calcaire Maignen* dans deux cylindres en tôle ; l'un est l'*agitateur*, l'autre le *décanteur*.

Dans le premier, l'eau arrive sur une petite roue hydraulique A qui se met en mouvement et débite l'*anti-calcaire* contenu dans le bassin B (fig. 2). L'eau descend dans le cône C, se mélange à l'*anti-calcaire*, puis remonte le long des parois du cylindre D et passe dans le *décanteur* M. Là, les sels précipités se déposent dans une série de petits cônes E, formant autant de chicanes ; l'eau qui arrive par en bas traverse tous ces cônes sans jamais rencontrer les dépôts en voie de formation et sort limpide par la partie supérieure.

Elle passe ensuite dans le *filtre* proprement dit, lequel se compose (fig. 3) d'un certain nombre de seaux en tôle étamée renfermant des sacs d'amiante doublés en forme d'accordéon et présentant une grande surface filtrante que l'on recouvre d'un charbon spécial.

Les eaux filtrées sont recueillies dans un réservoir commun.

Les appareils Maignen, pour l'adoucissement et la filtration des eaux, sont des plus remarquables et donnent les meilleurs résultats. Ils peuvent être d'ailleurs utilisés pour l'épuration de toutes les eaux industrielles aussi bien que des eaux de ville.

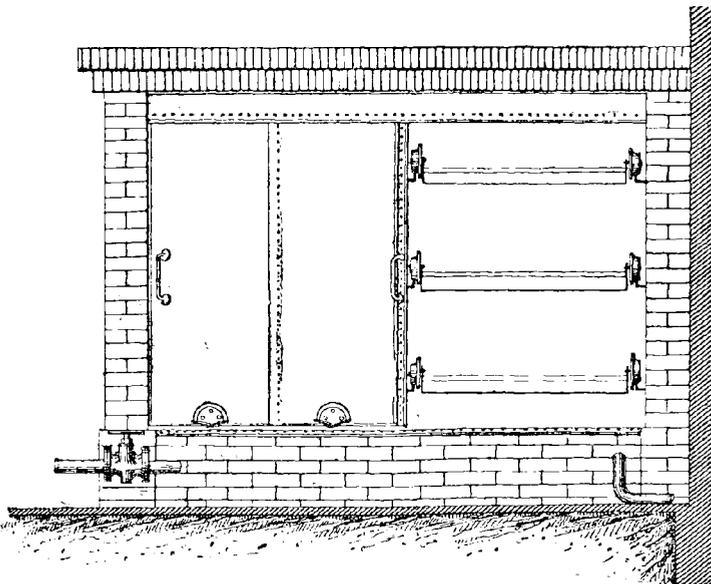


FIG. 4

Le coton ayant été lavé et essoré à l'hydro-extracteur est séché d'abord dans une chambre chauffée à l'air, à la température de 70 à 80°, puis dans un séchoir à vapeur construit en briques (fig. 4). Celui-ci est muni de deux portes en

tôle. L'intérieur contient des tiroirs qui peuvent glisser sur des rails en fer; le chauffage se fait à la vapeur, dans des tuyaux à ailettes. La dessiccation dure 8 heures à 100 ou 110°; lorsqu'elle est terminée, le coton ne renferme plus que $\frac{1}{2}$ p. 100 d'humidité environ.

Il est nécessaire de pousser la dessiccation aussi loin que possible, car la présence d'une certaine quantité d'eau affaiblirait l'acide nitrique employé à la nitration et pourrait en outre amener une surélévation de température dangereuse pendant le traitement chimique.

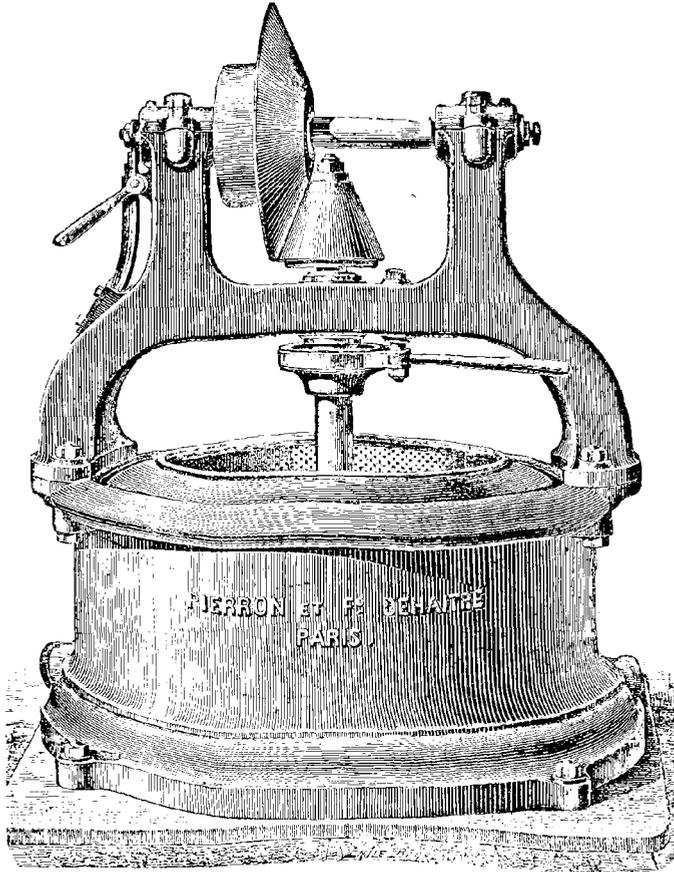


FIG. 5.

Le coton ainsi desséché est refroidi dans des boîtes en fer blanc; il est alors prêt à recevoir l'action des acides pour être transformé en fulmicoton.

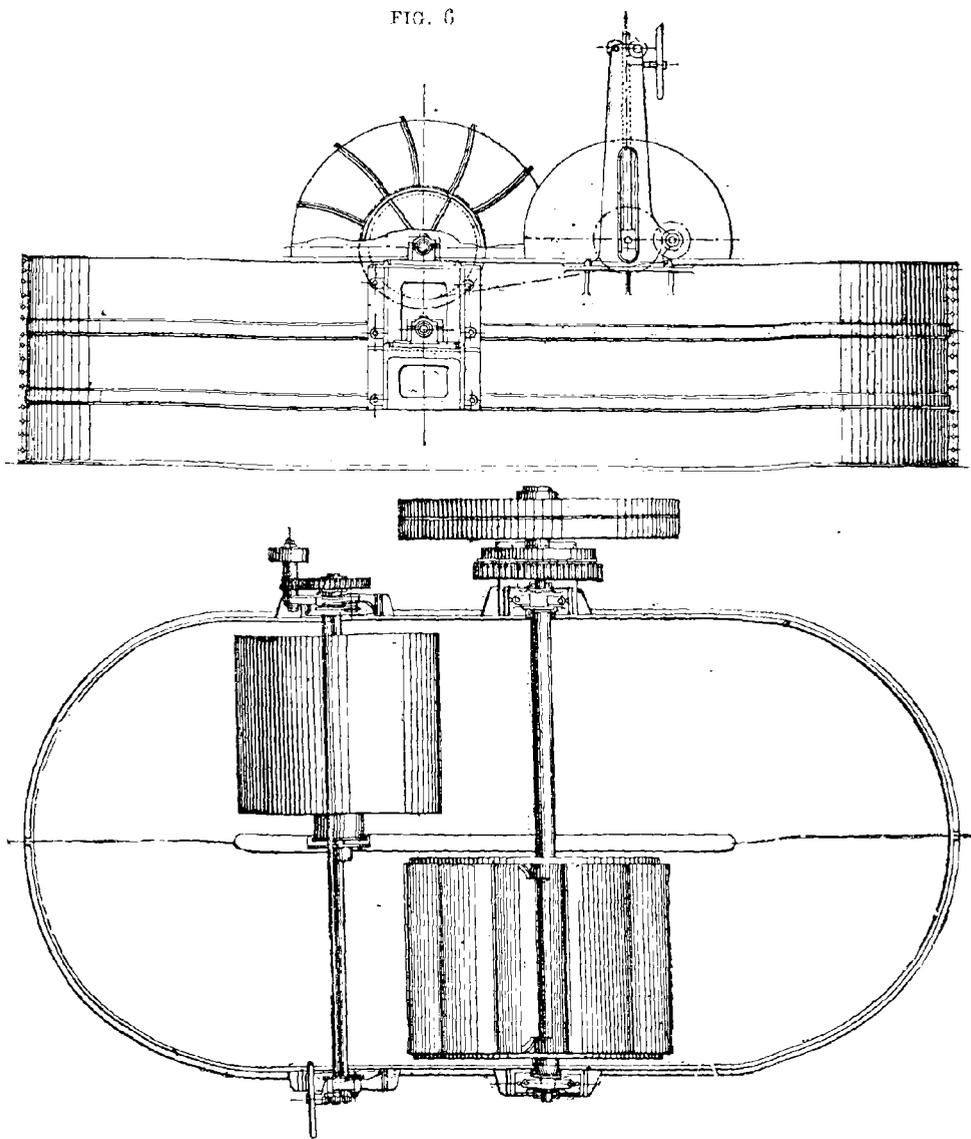
(b) *Nitration*. — On commence par refroidir un mélange composé de :

- 1 p. en poids d'acide nitrique ($d = 1,50$)
- 3 id. d'acide sulfurique ($d = 1,85$)

Les acides doivent être aussi purs que possible; on les amène par une conduite en fonte dans les cuves de trempage. Le coton, plongé par petits paquets de 500 grammes, est ensuite placé dans des vases en grès, dits *pots de digestion*, que l'on charge par groupe de 6 ou 8 dans une auge en ciment à circulation d'eau froide. La température ne doit jamais dépasser 20°.

Quand la transformation est terminée, le fulmicoton est nettoyé dans uneessoreuse centrifuge. On fait usage d'un hydro-extracteur muni de paniers en cuivre doublés de caoutchouc durci (fig. 5); cet appareil est exposé par la maison Pierron et F. Dehaitre. Les acides expulsés sont recueillis pour être purifiés et servir à nouveau.

FIG. 6



La pâte qui sort de l'essoreuse est purifiée dans une *pile laveuse* (fig. 6). L'immersion doit être faite avec beaucoup de précaution, car le contact subit de l'eau est dangereux; pour l'éviter, on place la pâte dans un distributeur d'où on la fait tomber par petites quantités à la fois sur la roue à palettes du laveur, et de là dans l'eau du bassin. La pile de MM. Escher et Wyss, dans la section suisse de l'Exposition, est bien disposée pour ce genre de travail, c'est celle qui est représentée en plan et élévation par la figure 6.

On fait un nouveau turbinage, puis on lave, jusqu'à la température d'ébullition, dans de l'eau additionnée de 5 à 6 kilogrammes de carbonate de soude

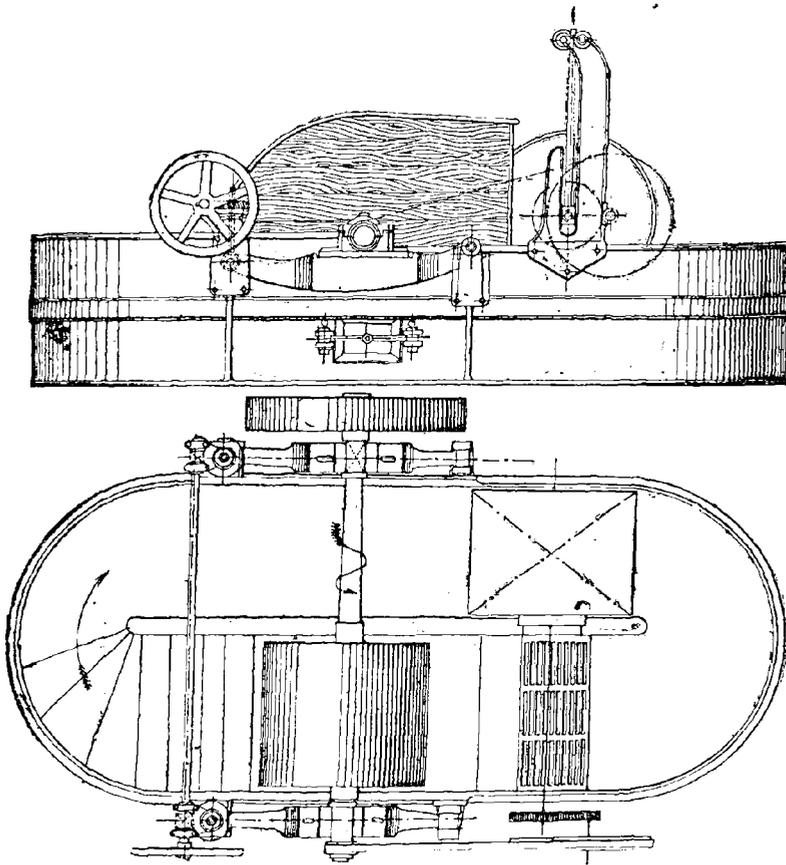


FIG. 7

afin de détruire et séparer les parties insuffisamment nitrées qui ne présenteraient pas assez de stabilité aux épreuves de fulmi-coton. Ce lavage dure de 7 à 8 heures; il faut éviter tout contact avec la vapeur.

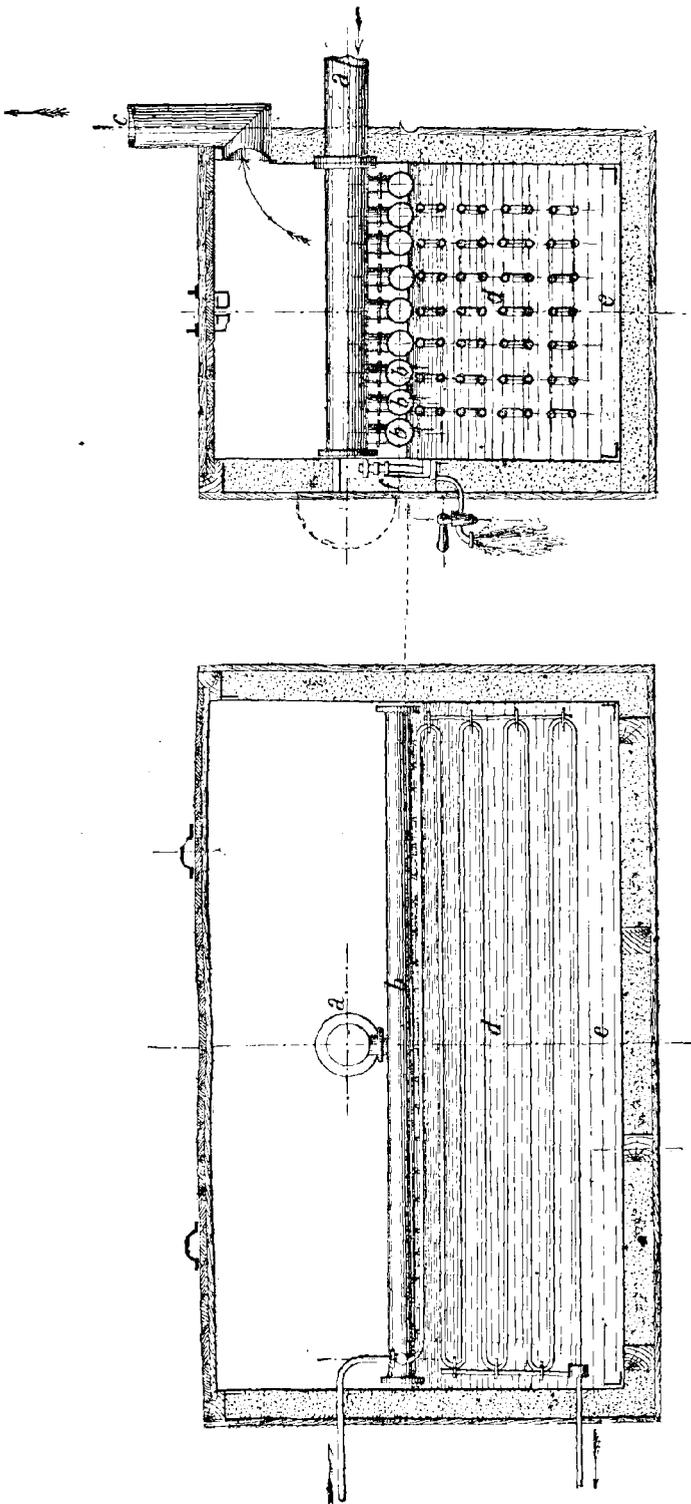


FIG. 8

On passe ensuite au centrifuge ; on fait bouillir de nouveau pendant 8 heures à l'eau pure, puis on égoutte et on essore une dernière fois.

Théoriquement 100 parties de coton sec devraient donner 184 parties de coton nitré, mais en réalité on n'en obtient guère que 175 à 180.

(c) *Pulpage*. — Le fulmicoton ainsi préparé doit être adapté aux différents usages pour lesquels il est destiné, à la guerre, à la marine, aux travaux de mines, etc.

La première opération consiste à le réduire en fin poussier dans une *pile défileruse* (fig. 7). Celle-ci comprend une cuve en ciment, un rouleau portant 40 ou 50 couteaux en lames d'acier, une platine fixe avec couteaux d'acier, un appareil de relevage et un tambour laveur à palettes.

La cuve est recouverte d'un chapeau en bois, afin d'éviter les projections. En passant entre les couteaux, les fibres de fulmicoton sont déchiquetées et débitées en particules très ténues qui se délaient dans l'eau avec laquelle elles forment une pulpe.

Cette rupture des tubes fibreux est nécessaire pour expulser les liquides qui y resteraient enfermés.

La pulpe ainsi obtenue est agitée pendant une heure dans une pile laveuse ; le fulmicoton se dépose au fond du bassin ; on décante, puis au moyen d'une pompe on l'envoie dans un réservoir de dépôt.

Ce dernier lavage, fait avec 1350 litres d'eau de chaux, additionnée de 1 kilog. 500 de carbonate de soude, et de 1 kilog. 500 de calcaire fin, a pour but de prévenir et de neutraliser tout dégagement ultérieur de vapeurs nitreuses.

(d) *Mise en cartouches*. — La pulpe est moulée en blocs, puis comprimée en cartouches par la presse hydraulique entre deux plaques d'acier perforées.

Le moulage se fait à la pression de 6 à 8 kilogrammes par centimètre carré, et la compression varie de 120 à 200 kilogrammes.

Le fulmicoton est débité en blocs, cylindres ou disques ; lorsqu'il sort de la presse, il contient encore 12 à 16 p. cent d'eau. Cette proportion s'accroît jusqu'à 33 p. 100 avant l'utilisation.

Le détonateur qui sert à faire exploser ce fulmicoton humide est du fulmicoton sec. La dessiccation se fait à l'air chaud, ou mieux à l'aide de l'air froid obtenu dans les appareils de M. Sencier, construits par MM. Rouart frères et C^{ie}. Le refroidisseur d'air (fig. 8), se compose d'un collecteur *a* envoyant de l'air dans les tuyaux *b* percés de trous ; ceux-ci sont immergés de 2 millimètres dans un liquide dont le niveau est réglé au moyen d'une valve *f*. On produit le refroidissement du liquide au moyen d'une solution aqueuse de chlorure de calcium qui circule dans une série de serpentins. L'air qui s'échappe des tubes *b* traverse

l'eau refroidie, et y dépose son humidité jusqu'au moment où la tension de sa vapeur correspond à celle du liquide froid.

L'air refroidi est envoyé par la conduite *c* dans des étuves en métal, parfaitement closes, et renfermant le fulmicoton à dessécher.

Avant d'être livré aux différents usages auxquels on le destine, le fulmicoton doit subir la série d'épreuves suivantes :

1° *Epreuve d'alcalinité.* — Il s'agit de reconnaître la quantité de carbonate de soude retenue.

Dans ce but on prépare deux liqueurs titrées contenant l'une 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique par litre, et l'autre 200 grammes de carbonate de soude. On traite 2 grammes du fulmicoton à examiner par 10 centilitres de la liqueur acide, puis on filtre en ajoutant de petites quantités de la même liqueur jusqu'à ce qu'il n'y ait plus trace d'acidité.

On neutralise ensuite un volume égal d'un mélange d'eau avec 10 centimètres cubes de la liqueur acide normale. Par comparaison, on déduit facilement la quantité de carbonate de soude que renfermait le fulmi-coton.

2° *Epreuve d'humidité.* — Par dessiccation à 50° on détermine la quantité d'eau contenue.

3° *Epreuve d'incinération.* — On enflamme 2 grammes de fulmicoton, et le résidu ne doit pas être supérieur à 4 ou 5 p. 100.

4° *Epreuve de solubilité.* — On opère sur 3 grammes, et on calcule la quantité de nitrocellulose qui peut être dissoute par un mélange de 1 partie d'alcool à 40° et 2 parties d'éther rectifié. Celle-ci ne doit pas être supérieure à 10 %.

5° *Epreuve de chaleur.* — Cette épreuve a pour but de s'assurer qu'il ne reste pas d'acide libre et que le produit est suffisamment stable. On opère sur quelques grammes de fulmicoton desséché que l'on met dans un tube suspendu au centre d'un bain d'eau chaude. Ce tube est fermé par un bouchon qui porte une bande de papier amidonné et iodé. On chauffe à 52°; et le fulmicoton doit supporter cette chaleur pendant 15 minutes sans que le papier brunisse.

La fabrication du coton-poudre, après être restée longtemps dans la période des tâtonnements, est devenue industrielle et pratique à la suite des travaux du baron von Lenk en Autriche et de sir Frédéric Abel en Angleterre. Le premier a démontré qu'il était absolument nécessaire d'opérer avec des matières pures et d'enlever jusqu'aux dernières traces d'acidité. M. Abel a rendu l'emploi de cet explosif facile et sans danger par l'invention du pulpage qui brise les fibres cotonnées pour en expulser les liquides intérieurs, par l'alcalisation qui pare aux

dangers d'une dénitration postérieure, et enfin par la compression en disques, cartouches, etc.

Le fulmicoton, tel qu'il sort des fabriques, renferme de 15 à 20 p. 100 d'eau. Il peut être coupé, percé, travaillé de toutes façons, transporté et emmagasiné sans danger.

Il est employé pour le changement des obus.

L'artillerie prussienne, jusqu'en 1888, s'en servait sous formes de rondelles de 5 centimètres d'épaisseur, empilées dans des boîtes en tôle légère avec remplissage de paraffine. Ces boîtes étaient enfermées dans des obus en acier, à parois minces, à chapeau ogival.

Les obus lancés avec le mortier de 21,5 centimètres de diamètre et de 5 ou 6 calibres de longueur, portaient des charges de 19 à 26 kilogrammes.

L'obus de 26 kilogrammes traverse, à la distance de 4000 mètres, une voûte en maçonnerie de 1 mètre d'épaisseur, recouverte d'une chape en ciment de 60 à 80 centimètres et d'une couche de terre damée de 3 mètres à 3^m,50. Un semblable projectile produit, dans un sol de consistance moyenne, une excavation mesurant 4^m,80 de diamètre et 2^m,50 de profondeur.

En dehors de leurs applications militaires, les cartouches de coton-poudre sont employées aux travaux de mine ; elles sont utilisées également pour la production de signaux.

Signaux de détresse. — La Société « The Cotton Powder » expose, dans la section anglaise, des signaux pour navires, désignés sous le nom de *signaux à dé*, et qui sont susceptibles de projeter de vives lumières et de produire en même temps une forte détonation. Leur emploi, déjà sanctionné par l'expérience, est basé sur la vivacité d'inflammation et d'explosion du fulmicoton.

Ces appareils sont destinés à remplacer l'antique et classique canon d'alarme et les fusées volantes ; leur usage permet de supprimer les approvisionnements de poudre, cause fréquente d'accidents sur les navires de commerce.

On les installe à bord avec la plus grande facilité, et leur manœuvre n'exige ni baguettes, ni allumettes, ni porte-feu.

L'appareil se compose d'un petit cylindre métallique, mesurant 0^m,18 de longueur et 0^m,05 de diamètre, et qui renferme les matières inflammables : c'est la fusée proprement dite. Elle est remplie de charges alternées de *tonite*, ou fulmicoton au nitrate de baryte, et de poudre noire ; l'amorçage se fait par l'intermédiaire d'un détonateur dont la charge de fulminate est recouverte d'une poudre noire ordinaire ou bien d'un composé de salpêtre, soufre et sulfure d'antimoine.

La fusée est placée dans un dé en bronze phosphoreux que l'on peut visser sur la lisse ou disposer sur le pont (fig. 9). On la projette au moyen d'une ficelle qui est reliée à un tube de friction (fig. 10).

En tirant vivement sur la ficelle, on donne au signal une impulsion suffi-

sante pour le faire sortir du dé. En même temps la friction détermine l'inflammation de la charge, et la fusée s'élève et brûle jusqu'à ce qu'elle ait atteint une hauteur de 150 à 180 mètres. En ce moment, la détonation se produit avec une violence telle que l'on peut l'entendre à plusieurs kilomètres de distance.

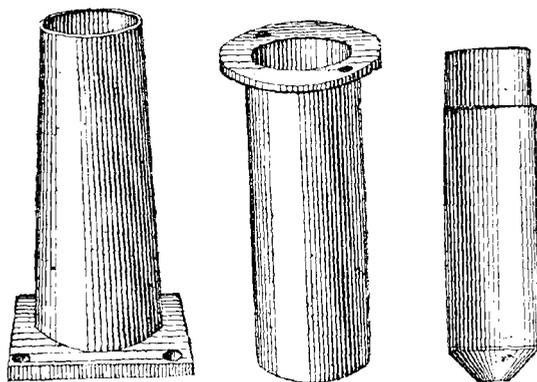


FIG. 9

Le plus souvent on ajoute à la charge quelques compositions à étoiles qui sont projetées de tous côtés en laissant de brillantes traînées ; on peut obtenir des feux verts, rouges, etc., en faisant entrer dans le mélange certains nitrates comme celui de baryte ou celui de strontiane.

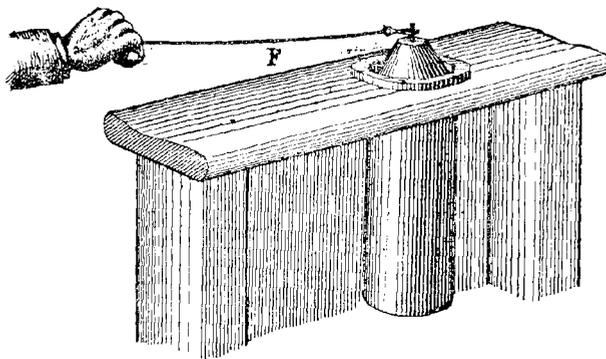


FIG. 10

Ces signaux se manœuvrent sans la moindre difficulté par tous les temps, pendant les orages, et dans les circonstances les plus défavorables ou les plus critiques. Aussi rendent-ils de grands services à bord des navires et des embarcations en détresse. On les ajuste dans la lisse, ou bien on les attache sur le pont, sur le tillac, ou en tout autre endroit aussi dégagé que possible ; ils sont toujours prêts à fonctionner.

Le cas échéant, on peut remplacer le tube à friction par une mèche Bickford

que l'on enflamme à la main ; mais, dans tous les cas, il faut veiller à ce qu'aucun obstacle ne vienne entraver le départ de la fusée.

Les signaux à dé peuvent encore être utilisés pour répandre de l'huile, pendant une tempête, sur une mer agitée, dans le but de produire autour du navire une zone liquide relativement calme. A cet effet, ils sont accompagnés d'un cylindre rempli d'huile. Lorsque l'explosion se produit, le cylindre vole en éclats et l'huile est dispersée en pluie fine. On sait que toutes ces gouttelettes d'huile tendent ensuite à se réunir et à recouvrir uniformément une surface plus ou moins considérable de la mer.

Des expériences faites récemment par le capitaine allemand Meissel, il résulte que l'explosion de cinq de ces cylindres, à 450 mètres de distance, suffit pour couvrir d'huile environ 1 500 mètres carrés de vagues, et pour créer ainsi un certain calme autour d'un navire.

L'emploi des signaux à dé et à cylindre d'huile pourrait également rendre de grands services dans les stations de sauvetage ; ils permettraient de protéger les embarcations jusqu'à une assez grande distance des côtes et faciliteraient ainsi les opérations ou tentatives de sauvetage.

III. — Poudres sans fumée

Généralités. — Lorsqu'on fait détoner une poudre dans une arme quelconque, une portion seulement des effets explosifs sont utilisés, ceux qui ont pour résultat de chasser le projectile. Les autres correspondent à des pressions, parfois très considérables, exercées sur les parois de l'arme, et sont, par conséquent, des plus nuisibles.

Pour bien utiliser une poudre, il faudrait donc, d'une part, augmenter son effet utile, celui qui imprime au projectile sa vitesse initiale ; et, d'autre part, diminuer son effet nuisible, lequel est représenté par la somme des pressions exercées sur l'arme elle-même.

En outre, il y a lieu de considérer qu'une poudre peut agir de deux façons différentes : soit en chassant brusquement le projectile, et la poudre est dite *vive* ; soit en le poussant par une série d'efforts qui se superposent et qui finissent par déterminer le mouvement, c'est le cas d'une poudre *lente*.

Or, si une poudre est trop vive, son explosion peut provoquer la rupture des armes ; si, au contraire, elle est trop lente, sa combustion complète s'effectuera avant que le projectile n'ait eu le temps de sortir de l'arme, et, par suite, avant que celui-ci ne soit en état d'utiliser sa vitesse maximum.

Les recherches faites depuis 30 ou 40 ans ont eu exclusivement pour but l'amélioration de l'ancienne poudre au salpêtre, soufre et charbon ; on a cher-

ché à modifier ses propriétés, afin d'obtenir une augmentation de la vitesse initiale du projectile et, en même temps, une diminution de la pression des gaz à l'intérieur des armes.

Dans ce but, on a perfectionné les procédés de fabrication, et les poudres à mousquet, granulées, agglomérées ou comprimées, ont été avantageusement substituées à l'ancien *pulvérin*. Toutefois les résultats n'ont jamais été complètement satisfaisants, car, en dépit de tous les perfectionnements, la poudre noire conserve tous les défauts inhérents à sa nature : elle est salissante et engrasse les armes ; elle développe une température très élevée qui nuit à la facilité et à la rapidité des chargements ; elle a toujours un effet corrosif et elle dégage une fumée épaisse.

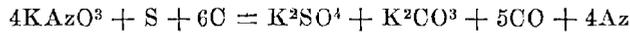
Pour ces raisons, les recherches des inventeurs se sont portées vers des poudres de compositions différentes. Ainsi, entre 1865 et 1869, on a essayé les *poudres picriques ou picratées* (poudres de Borlinetto, de Brugère, de Désignolle, etc.). Les résultats étaient bons, particulièrement avec le picrate d'ammoniaque ; ces poudres donnent, en effet, une grande vitesse initiale, elles n'engrassent pas les armes, et la fumée qu'elles dégagent est relativement faible. Malheureusement, leur conservation est très défectueuse ; elles s'altèrent rapidement, en perdant une partie de leurs qualités.

En 1867, le colonel Schultze, de l'artillerie prussienne, eut l'idée d'utiliser le *pyroxyle* ou *cellulose nitrée*. Ses premières tentatives ne furent pas heureuses, du moins au point de vue militaire, et pendant longtemps la poudre Schultze fut exclusivement utilisée comme poudre de chasse, avec plus ou moins de succès. Mais, avec tous ses défauts, elle avait des qualités sérieuses qui attirèrent l'attention ; elle suscita de nouvelles recherches, et les travaux de MM. Abel en Angleterre, Nobel et Vieille en France, conduisirent à la fabrication actuelle des poudres de guerre, dites *poudres sans fumée*, par l'utilisation des grands explosifs.

Les explosifs tels que la nitroglycérine et le fulmicoton présentent, en effet, de sérieux avantages ; ils laissent peu de résidu, ne donnent qu'une faible fumée et impriment aux projectiles une grande vitesse initiale. Leur défaut principal est de développer une pression subite et considérable ; pour y remédier, autrement dit, pour constituer au moyen de ces explosifs une poudre d'une lenteur relative, susceptible d'être employée sans danger, on les a mélangés avec certaines substances *ralentissantes*. Puis on a été amené à dissoudre le fulmicoton dans des préparations chimiques spéciales, et finalement à faire usage des *nitro-celluloses solubles*, soit seules, soit mélangées au fulmicoton.

Compositions et effets des poudres sans fumée. — Si, à l'inverse des poudres noires ordinaires, les grands explosifs tels que la nitroglycérine et le fulmicoton ne donnent qu'une faible fumée, c'est parce que les produits de leur décomposition sont des gaz simples.

Prenons par exemple, une poudre noire ; le dernier résultat produit par son explosion peut s'établir approximativement par la formule suivante :

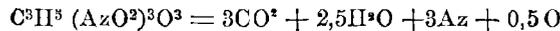


c'est-à-dire qu'il y a formation de sulfate et de carbonate de potasse. En admettant qu'il y ait détonation complète, il est probable qu'il se fait une première décomposition en éléments simples volatilisés, puis le contact de l'air donne lieu à des recombinaisons. On aurait d'abord des vapeurs de soufre et de potassium, puis du sulfure de potassium, et enfin du sulfate et du carbonate de potasse.

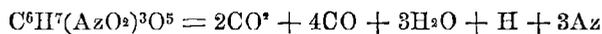
Ces corps solides produisent la fumée que vient encore épaissir la présence du charbon généralement en excès ou inutilisé.

En remplaçant le nitrate de potasse par le nitrate d'ammoniaque, la fumée est moindre, parce que le sel ammoniacal, en se décomposant, ne donne que des gaz et de la vapeur d'eau.

La détonation de la nitroglycérine est plus simple, car elle donne de l'acide carbonique, de l'eau, de l'azote et de l'oxygène, tous gaz simples, suivant la formule suivante :



De même, le fulmicoton dégage des gaz simples : acide carbonique, oxyde de carbone, vapeur d'eau, hydrogène et azote.



C'est ainsi que l'on a été amené à utiliser la nitroglycérine et le fulmicoton pour fabriquer des poudres de guerre, puis à donner la préférence aux nitrocelluloses solubles, pour les raisons que nous avons établies précédemment, et comme le démontrent les différentes préparations que nous allons indiquer.

Les nitrocelluloses qui servent à préparer les poudres sans fumée, sont dissoutes dans un liquide volatil qui, après évaporation, laisse une masse plus ou moins transparente, plus ou moins cassante, que l'on transforme ensuite en grains ou en écailles.

On emploie la nitrocellulose seule ou mélangée avec un ou plusieurs agents oxydants, ou encore avec certaines matières qui, comme le camphre ou la benzine, ont la propriété de ralentir la vivacité de l'explosion.

Les dissolvants doivent sécher très vite, ne pas absorber l'humidité de l'air, et surtout ne pas altérer la composition ou les qualités de la poudre. Parmi les nombreux dissolvants qui ont été préconisés, citons :

L'alcool méthylique ou éthylique avec l'éther sulfurique ;
 L'acétate d'amyle seul ou avec l'alcool amylique ;
 L'acétate de méthyle ;
 L'acétone ;
 Le chloroacétone de chloroamyle ;
 L'éther acétique ;
 L'acide acétique cristallisable ;
 La benzine rectifiée ;
 La nitrobenzine pure ;
 Et, en général les hydrocarbures nitrés de la série aromatique, etc.

En résumant ce qui précède, on peut dire que les difficultés de fabrication d'une poudre sans fumée consistent :

1° Dans la préparation d'une nitrocellulose de composition constante et homogène, aussi complètement soluble que possible, et ne laissant pas de résidu cellulosique ou carbonacé ;

2° Dans le choix d'un dissolvant non hygroscopique et donnant avec la poudre une substance indécomposable dans les conditions ordinaires de préparation, de manipulation et d'emmagasinage, et susceptible d'être conservée sans détérioration, pendant plusieurs années, avec les simples précautions usuelles.

Nous allons passer en revue les principales poudres sans fumée, en commençant par celle du Colonel Schultze, la première en date (1867), celle qui a inspiré toutes les autres.

1° *Poudre Schultze*. — Elle est connue par les chasseurs sous les noms de poudre de bois, poudre pyroxylée, poudre blanche, etc. On la prépare au moyen d'une nitrocellulose de bois mélangée avec du salpêtre.

Elle se présente sous la forme de petits grains jaunâtres.

Elles se décomposent en donnant 95 p. 100 de son poids en gaz simples—la poudre noire n'en fournit que 25 à 30 p. 100.

A la charge de 2 gr. 50 elle communique à la balle la même vitesse que 4 gr. 70 de poudre ordinaire de chasse ; elle a en outre l'avantage de donner beaucoup moins de fumée et de ne laisser qu'un faible résidu.

2° *Poudre Vieille*. — La poudre Vieille, en usage dans l'armée française depuis 1887, est connue sous les noms de poudre B et poudre BF.

Le secret de sa composition a été jusqu'à présent admirablement gardé, et aucune puissance n'a encore pu trouver une poudre équivalente pour l'ensemble de ses propriétés.

La poudre BF est de couleur brune, elle est formée de petites plaquettes brillantes de 2 millimètres de côté et 1/3 de millimètre d'épaisseur ; il en faut 550 pour faire le poids d'un gramme.

Elle peut se conserver longtemps en magasin sans se détériorer.

Résultats obtenus avec une balle de 16 grammes et le fusil de 8 millimètres :

Poids de la charge.	2,70 grammes.
Vitesse initiale.	620 mètres.
Pression	2.657 kilog.

3° *Poudre Abel.* — Sir Fred. Abel a breveté en Angleterre, le 15 nov. 1886, une poudre sans fumée, sous le nom de *Smokeless explosive*.

Elle est composée de :

Nitrocellulose pulvérisée et sèche.	100 p.
Nitrate d'ammoniaque desséché.	10 à 50 p.

Le mélange de ces deux substances est pétri avec de l'huile ou de l'essence de pétrole, puis moulé en blocs, prismes ou grains.

La compression chasse une partie du pétrole, et le reste est expulsé en chauffant modérément.

On traite ensuite par un dissolvant qui ne fait que dissoudre superficiellement la nitrocellulose en formant autour des grains ou blocs une sorte de vernis protecteur.

On peut mélanger préalablement le dissolvant avec le pétrole.

4° *Poudre Turpin.* — M. Turpin a fait breveter, en 1888, la poudre suivante :

On dissout la nitrocellulose dans la nitrobenzine, un hydrocarbure nitré de la série aromatique, l'aniline, les aldéhydes, le nitroamidon, l'acétone, les éthers, etc., ou encore l'ammoniaque en dissolution dans un éther, sulfurique ou autre.

La pâte est égouttée, comprimée, desséchée et finalement découpée en petits fragments.

Pour retarder la rapidité de la combustion, on ajoute du camphre, de la paraffine, de la nitrobenzine, du nitrotoluol, etc.

5° *Poudre-papier de Wetteren.* — La grande poudrière belge de Wetteren fabrique, depuis 1888, une poudre sans fumée en dissolvant la nitrocellulose mélangée avec du nitrate de baryte, dans l'acétate d'amyle. On sèche en feuilles et on divise ensuite en fragments carrés de 2 millimètres de côté et d'une très faible épaisseur.

Cette poudre a une couleur de feuilles mortes. Elle est connue, dans la fabrication courante, sous la désignation de n° 32.

Résultats obtenus avec une balle de 14 grammes :

Poids de la charge	2,50 grammes
Vitesse initiale	590 mètres
Pression, environ	2800 kilog.

6° *Poudre Gaens.* — M. Fred Gaens, a fabriqué à Hambourg, en 1889, une poudre présentant la composition suivante :

Nitrocellulose.	25 p.
Nitrate de potasse	60 p.
Ulnate d'ammoniaque	15 p.

On dissout dans l'éther acétique, puis on comprime la masse, on la granule et on la dessèche.

L'ulnate d'ammoniaque est obtenu en traitant la tourbe par l'ammoniaque.

7° *Poudre Wolf.* — La firme Wolf et C^{ie}, à la fabrique autrichienne du fulmicoton de Walsrode, recouvre les grains de fulmicoton d'un vernis protecteur en dissolvant superficiellement la nitrocellulose, au moyen d'éther acétique ou de nitrobenzine. Ce vernis retarde la combustion de la poudre, qui peut dès lors être employée sans danger dans les armes.

8° *Poudre Maxim.* — M. Maxim, l'inventeur des mitrailleuses bien connues, fabrique une poudre sans fumée par le procédé suivant :

On chauffe de l'éther acétique au bain-marie et la vapeur produite est envoyée dans un cylindre rempli de fulmicoton ; on a préalablement fait un vide d'air partiel. Le fulmicoton s'imprègne d'éther ; quand il est saturé, on le comprime, on chasse ensuite l'excès d'éther par évaporation, et finalement on granule ou on pulvérise.

9° *Poudre Hengst* (1889). — M. Ch. Fred. Hengst emploie la paille d'avoine, qui demande un soin particulier pour être purifiée. Il la transforme ensuite en nitrocellulose soluble, comme la *paléine* que M. Lanfrey préparait, il y a quelques années, à l'usine d'Arrendonck (Belgique).

Le produit obtenu est maintenu, pendant une période variant de 2 à 6 heures, dans un bain bouillant composé de la manière suivante :

	kilog.
Eau.....	1.000 »
Salpêtre..	12.50
Chlorate de potasse...	3.125
Sulfate de zinc.....	12.50
Permanganate de potasse.....	12 50

On laisse refroidir, puis on expulse les liquides par compression, et l'on transforme ensuite en grains ou en poudre fine.

10° *Poudre Johnson-Borland*. — Suivant le brevet de 1885, on prépare d'abord une poudre grenée avec les éléments suivants :

Nitrocellulose.....	50 p.
Nitrate de potasse.....	40 p.
Noix de fumée ou amidon torréfié..	10 p.

On la sature ensuite avec une solution de camphre dans un dissolvant volatil, pétrole ou benzine. En chauffant à une température inférieure à 100°, le dissolvant disparaît et le camphre reste intimement mélangé avec la nitrocellulose.

On chauffe de nouveau, mais en vase clos, et le camphre produit une sorte de vernis, tandis que la masse prend une grande dureté.

C'est une préparation analogue à celle du *celluloïde*.

11° *Poudre Nobel*. — Sa composition est celle d'une nitrogélatine, ou plutôt elle renferme tous les éléments de la gélatine de guerre :

Nitroglycérine.	100
Nitrocellulose	100
Camphre	5 à 15

On commence par dissoudre le camphre dans la nitroglycérine, puis on ajoute 200 à 400 parties de benzine ou d'acétate d'amyle et enfin la nitrocellulose. On fait évaporer la benzine, puis on lamine la masse entre des rouleaux creux chauffés à 50 ou 60° par un courant de vapeur. On obtient des feuilles que l'on découpe ensuite en grains cubiques.

M. Nobel ayant reconnu que la présence du camphre, corps très volatil, ne permettait pas d'obtenir des produits toujours constants, a proposé une nouvelle formule ; c'est celle de la *balistite*, poudre sans fumée des Italiens.

La fabrication de la balistite est assez compliquée. On commence par immerger la nitrocellulose dans la nitroglycérine à la température ordinaire ; après addition de benzine en dose suffisante pour insensibiliser la nitroglycérine et faciliter la dissolution. Puis, au moyen d'une pompe pneumatique, on fait un vide partiel au-dessus du mélange, de façon à éliminer les nombreuses bulles d'air qui sont restées emprisonnées et qui plus tard retarderaient la dissolution et donneraient une dessiccation irrégulière. Cela fait, on comprime la matière pour en expulser l'excès de nitroglycérine, et on la chauffe dans de l'eau à 80° afin de compléter l'absorption de la nitrocellulose dans la nitroglycérine. On obtient une pâte qui est laminée, à l'épaisseur de 2 millimètres, entre des plaques ou des rouleaux creux chauffés à 80°. On achève la dessiccation à chaud, ou dans le vide, et finalement on procède au découpage.

La cellulose nitrée doit être aussi complètement soluble que possible et par-

faitement neutre ; dans ces conditions, les plaques sont transparentes et sans taches.

Pour s'assurer contre toute émanation nitreuse de la nitroglycérine on lui incorpore, avant l'emploi, une petite quantité de *diphénylamine*.

La balistite est brune. Elle est découpée en petits fragments cubiques de 1,5 millimètre de côté. Comme tous les produits à base de nitroglycérine, elle se conserve difficilement et résiste mal au froid et à l'humidité.

Résultats obtenus :

Poids de la charge	2,35 grammes
Vitesse initiale	623 mètres
Pression	2535 kilog.

12° *Cordite*. — La cordite, imaginée par sir Fred. Abel, est, comme la poudre Nobel, préparée avec une gélatine de guerre.

On étire la matière en filaments analogues au vermicelle, on les recoupe à la longueur des cartouches et on les assemble en faisceaux.

La cordite est de couleur brun clair.

13° *Poudre Emmens ou gellite*. — Le Dr Emmens, de New-York, a inventé une poudre sans fumée qui est actuellement à l'essai aux États-Unis (1890).

C'est une nitrocellulose saturée de picrate d'ammoniaque. On la prépare à l'aide de papier, que l'on nitre par les mêmes procédés que le coton. Le nitro-papier ainsi obtenu, ayant été lavé, puis neutralisé au carbonate d'ammoniaque, est chauffé avec de l'acide picrique. On fait ensuite passer dans la masse un courant de gaz ammoniac, qui transforme l'acide picrique en picrate d'ammoniaque.

Cette poudre laisse peu de fumée ; elle donne, dit-on, de très bons effets balistiques.

Telles sont les principales poudres sans fumée actuellement connues. Nous n'avons pas discuté leur valeur, et nous nous bornerons à résumer les qualités ou propriétés que doit avoir la poudre *idéale*. Elle doit :

Se fabriquer et se manipuler sans danger ;

Brûler à l'air libre sans déflagration, et n'exploser que dans un espace clos ;

Donner une grande vitesse initiale et par suite un tir très tendu ;

Développer une pression modérée à l'intérieur des armes ;

Ne pas encrasser les armes ;
 Laisser peu de fumée ;
 Se conserver en magasin sans détérioration.

Différente de la poudre noire, qui se prête à tous les services et à tous les calibres d'armes, la poudre sans fumée n'a pas encore pu, jusqu'à présent, se généraliser dans ses emplois. Il faut la modifier suivant les dimensions de l'arme, car elle doit brûler d'autant plus lentement que le calibre de la chambre de combustion est plus petit.

Ce n'est là, d'ailleurs, qu'un inconvénient auquel on ne tardera pas à remédier, avec les perfectionnements que l'on apporte tous les jours à la fabrication des poudres sans fumée.

Disons toutefois, pour terminer, que, de l'aveu de tous, le fusil de guerre français, modèle 1886, du calibre de huit millimètres, est on ne peut mieux approprié à l'usage de la poudre BF.

Conclusions. — Malgré tous leurs avantages, les poudres sans fumée à la cellulose seront remplacées tôt ou tard par quelque nouveau produit, plus avantageux encore, mais surtout plus économique. C'est là une nécessité de premier ordre sur laquelle il est inutile d'insister. Il est impossible actuellement de fabriquer une poudre sans fumée à moins de 3 fr. 50 à 7 francs par kilo (prix de revient), et un prix aussi élevé est un obstacle aux grands approvisionnements ; étant donné d'ailleurs que la longue conservation de la plupart des poudres nitrocellulosiques n'est rien moins que certaine.

Les recherches faites depuis quelques années, principalement dans le but d'utiliser, pour produire la force motrice, les matières détonantes liquides (explosifs Sprengel, explosifs Bichel, panclostites, hellhoffite, etc.), ou les gaz liquéfiés (ammoniaque, chlorure de méthyle, acide carbonique, anhydride sulfureux, etc.), ou encore les mélanges gazeux détonants ; et les résultats déjà obtenus font prévoir la possibilité d'une appropriation de ces produits aux armes de guerre, dans des conditions nouvelles de tir et de manœuvre.

La difficulté du problème provient du fait de la violence des pressions qui se développent instantanément ; et la solution consisterait à trouver une substance facile à emmagasiner sous un petit volume et susceptible d'être utilisée par doses successives et par très petites quantités à la fois.

Il est à supposer que la prochaine Exposition universelle nous apportera la solution.

IV. — Collodions photographiques

Le collodion s'obtient en dissolvant la nitrocellulose soluble dans un mélange d'alcool éthylique et d'éther sulfurique. Par évaporation, le collodion laisse une

pellicule transparente sur les fibres de laquelle se forment les images photographiques.

Les premiers qui aient recommandé l'usage de ce produit sont les Anglais : Archer, Fry et Bingham. (1851-1852).

Le meilleur procédé de préparation de la nitrocellulose soluble pour collodion est celui qui a été indiqué par le célèbre photographe belge, M. Van Monckhoven. (1)

Le coton cardé est dégraissé dans une lessive bouillante composée de 100 litres d'eau et 2 kilogrammes de soude caustique. On lave à l'eau froide, puis à l'eau légèrement acidulée par 1 % d'acide sulfurique. On procède ensuite au blanchissage dans une solution étendue de chlorure de chaux, on rince à l'eau pure et on sèche. Le produit ainsi obtenu ne doit pas être cassant.

La nitration se fait, par petits paquets de coton de 50 grammes, dans des pots de porcelaine contenant le mélange suivant :

800 c. cubes d'acide sulfurique ($d=1,82$)
20 à 50 — d'eau pure.
500 grammes de salpêtre desséché.

On opère à la température de 60° ; l'immersion dure 10 minutes. On lave à grande eau, on exprime l'excès d'humidité et on laisse sécher à l'air.

Quand la préparation est bien conduite, 1 kilo de coton donne 1 k. 500 de nitrocellulose pour collodion.

Si le rendement dépasse 50 %, c'est que la nitration a été poussée trop loin ; dans ce cas le produit obtenu est incomplètement soluble et donne un collodion épais.

On peut encore opérer la nitration au moyen d'un mélange d'acides sulfurique et nitrique dans les proportions suivantes :

146 c. cubes d'acide nitrique ($d=1,45$).
292 — d'acide sulfurique ($d=1,85$).
73 — d'eau.

La température doit être maintenue entre 75 et 78°, et l'on immerge le coton par paquets de 10 grammes pendant 5 minutes.

La nitrocellulose ainsi obtenue est pulvérulente et donne un collodion mince et poreux.

Le collodion dit *normal* se prépare par la formule suivante :

1. *Traité général de photographie* par Von Monckhoven.

Nitrocellulose soluble.	20 grammes.
Alcool éthylique	250 c. cubes
Ether sulfurique.	500 c. cubes

L'importante question de la photographie à l'Exposition sera traitée dans une autre partie de cette Revue, mais il nous a paru intéressant d'indiquer ici l'emploi des nitrocelluloses, corps explosifs, pour la préparation des collodions.

V. — Le Vernis au pyroxylo

Les vernis ordinaires, en usage dans le commerce et destinés à protéger les objets en métal poli contre l'oxydation et l'attaque lente des agents extérieurs, présentent toutes sortes d'inconvénients. Ils sont rapidement ternis par le contact des acides, de l'eau de mer, des mouches, etc. ; de plus, leur opacité relative tend à diminuer considérablement le brillant naturel du métal, et toute rayure ou éraillure dessine sur leur surface des lignes blanchâtres d'un aspect désagréable.

On a cherché à remplacer ces vernis par des compositions à base de nitrocellulose ou de collodion ; celles-ci ont l'avantage d'être inaltérables et transparentes, mais elles ont l'inconvénient d'adhérer difficilement au métal, et comme elles séchent trop vite, malgré leur hygroscopicité, elles se recouvrent de bandes irrégulières ou nuageuses et de stries.

M. Crane expose, dans la section américaine, un vernis au pyroxylo, appelé *zapon*, qui paraît donner les meilleurs résultats. C'est une sorte d'émail incolore qui s'applique en couches minces, au pinceau ou par immersion, sur les surfaces polies de métal, bois, marbre, ivoire, etc. ; il est assez transparent pour n'altérer en aucune façon le brillant des objets qu'il est destiné à protéger. Il n'est pas hygroscopique et résiste aux liquides, aux acides et aux vapeurs nuisibles.

M. Crane compose son vernis en dissolvant la nitrocellulose dans un mélange de deux ou trois des composés suivants :

- 1° L'alcool méthylique ou éthylique avec l'éther sulfurique ;
- 2° L'alcool amylique, propylique ou butylique ;
- 3° La benzine rectifiée ou tout autre hydrocarbure léger dont le point d'ébullition est au-dessus de 105° ;
- 4° L'acétate d'amyle avec l'alcool amylique.

Voici, par exemple, une des formules recommandées :

Acétate d'amyle	16 litres.
Alcool amylique, éthylique ou méthylique.	8 —
Benzine rectifiée	16 —
Nitrocellulose soluble	1 kilo.

L'acétate d'amyle a très peu d'affinité pour l'eau, la benzine n'en a pas ; l'alcool, au contraire, est hygroscopique. D'autre part, l'acétate d'amyle, qui seul dissoudrait assez mal la nitrocellulose, sèche lentement, tandis que l'alcool sèche vite. La combinaison de ces trois composés organiques, aux propriétés pour ainsi dire antagonistes, constitue un dissolvant facile à employer, qui ne sèche pas trop vite et qui est inaltérable à l'air, à l'eau et aux émanations gazeuses.

Le vernis Crane s'emploie à froid, soit par application au pinceau pour de petites surfaces, soit par immersion lorsqu'il s'agit de vernir une grande quantité d'objets à la fois. Le bain liquide est renfermé dans un réservoir étamé, disposé sur l'unique côté ouvert d'une cage en bois dans laquelle on maintient, autant que possible, une température constante de 25 à 30°.

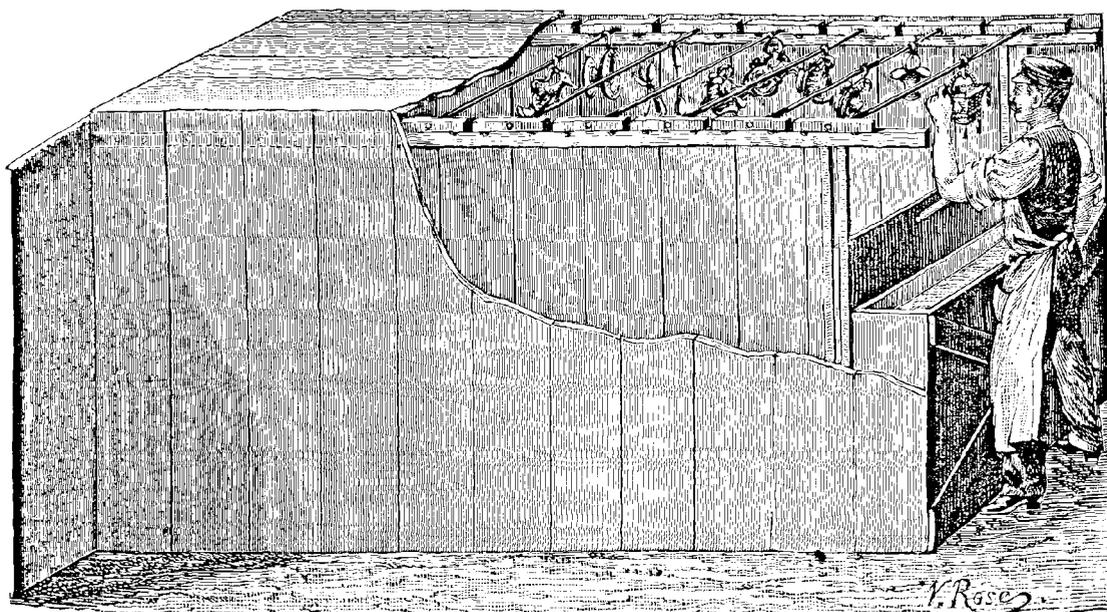


FIG. 11

Les pièces à vernir, après avoir été préalablement nettoyées et au besoin dégraissées, sont trempées, puis accrochées sur des tringles à égouttage que l'on pousse au fur et à mesure au fond de la cage (fig. 11.). Il est important d'éviter les courants d'air qui, en venant frapper brusquement les objets, produiraient une dessiccation trop rapide ou irrégulière.

Les qualités du vernis Crane dépendent beaucoup du degré de solubilité des nitrocelluloses dont on fait usage ; il importe, par conséquent, que celles-ci

soient aussi bien préparées que possible et ne renferment qu'une faible proportion de matières insolubles ou incomplètement solubles.

La fabrique de vernis Crane installée à Short-Hills, New-Jersey, aux États-Unis, prépare elle-même ses nitrocelluloses, en suivant une série d'opérations analogues à celles que nous avons indiquées pour la fabrication du fulmicoton, et, en général, des nitrocelluloses que le commerce ou l'industrie demande par grandes quantités à la fois. Les ateliers sont séparés et isolés les uns des autres, comme dans les fabriques de matières explosives, dans le but d'assurer la sécurité des ouvriers et de diminuer les dommages en cas d'accident.

VI. — La Soie artificielle

Le problème de la production artificielle de la soie a été posé en 1865, pour la première fois, par M. Émile Blanchard, membre de l'Académie des sciences, dans les termes suivants :

« Les investigations des naturalistes ont déjà été poussées assez loin pour que
« l'on puisse espérer avec raison un nouveau pas dans la voie des découvertes,
« et penser que ces chercheurs ne tarderont pas à se rendre compte de quelques
« actions chimiques qui se passent dans le corps des animaux. Ce succès obtenu,
« à l'égard des glandes séricipares du ver à soie, ne serait pas seulement un beau
« triomphe pour la science, mais encore une admirable fortune pour les intérêts
« matériels ».

Depuis cette époque, M. Blanchard n'a pas discontinué de faire des recherches sur cet intéressant sujet, et, à plusieurs reprises, il a communiqué à l'Académie des sciences les résultats de ses expériences. Il a établi que les matériaux constitutifs de la soie existent dans la nourriture même de l'animal, c'est-à-dire dans la feuille de mûrier.

« Après que les produits de la digestion, dit-il, ont passé dans le sang, les parois des glandes dites séricigènes apparaissent comme une membrane opérant la séparation du fluide nourricier de la substance destinée à s'étirer en fils soyeux. »

M. E. Blanchard a pu en quelque sorte suivre cette dialyse dans des circonstances où des vers à soie avaient été nourris avec des feuilles de mûrier saupoudrées, soit avec de l'indigo, soit avec de la garance (1). La substance qui s'accumule dans les glandes entraîne avec elle quelque peu de la matière colorante, et son passage se trouve manifesté par la coloration des cocons qui prennent une coloration rouge, due à la garance, ou une coloration verdâtre

1 Comptes rendus de l'Académie des sciences. — Avril 1890.

produite par une combinaison du bleu de l'indigo et du jaune de la matière sécrétée.

Pour reproduire artificiellement la soie, il faudrait donc dissoudre la feuille de mûrier dans une combinaison chimique convenable, puis trouver une membrane capable d'effectuer la dialyse de la matière soyeuse à l'instar de la membrane qui constitue les glandes séricigènes.

« En réalité, dit encore M. Blanchard, la substance contenue dans les grosses glandes, bien que fournissant des fils soyeux, ne donne pas la soie elle-même ; « il faut que les brins, à leur passage dans les filières, se trouvent imprégnés « par les vernis qui procurent à la matière textile son magnifique éclat, en un « mot, sa plus belle qualité. »

Cette synthèse théorique de la soie n'a pas encore pu être reconstituée expérimentalement. Toutefois, deux inventeurs, M. de Chardonnet et M. du Vivier, sont arrivés, par des moyens plus ou moins détournés, à la reproduire partiellement dans son évolution la plus simple. On peut, en effet, admettre que le ver à soie absorbe la cellulose de la feuille de mûrier, et qu'il la sécrète ensuite, après l'avoir dissoute, sous la forme d'une matière, liquide ou visqueuse, qui se solidifie en arrivant au contact de l'air.

Or, la cellulose commerciale n'ayant pas de véritable dissolvant, on use d'un subterfuge qui consiste à la transformer préalablement en nitrocellulose soluble, et à dissoudre ensuite celle-ci dans une liqueur convenable. C'est cette dissolution que l'on transforme en fils ténus en l'écoulant par un tube capillaire dans de l'eau froide.

MM. de Chardonnet et du Vivier exposent, l'un dans la Galerie des Machines, l'autre dans le Pavillon des Forêts, au Trocadéro, leurs appareils et les produits obtenus, bruts et tissés. Nous allons en donner la description :

1° *Procédé de Chardonnet.* — La nitrocellulose est préparée avec un soin particulier et des procédés spéciaux dans le but d'éliminer, autant que possible, les parties insolubles. Nous avons suffisamment insisté, à propos des poudres sans fumée, sur la difficulté d'obtenir un résultat à peu près satisfaisant. Les recherches et les travaux poursuivis par M. de Chardonnet, depuis 1884, époque à laquelle il déposait sous pli cacheté, à l'Académie des sciences, sa première communication relative à l'imitation de la soie, permettent de supposer qu'il a fait faire un grand pas à la question.

Son exposition ne comprend pas la fabrication de la nitrocellulose ; celle-ci est préparée par des procédés tenus secrets dans l'usine de l'Isère. C'est de là que sont envoyés les produits travaillés à l'Exposition.

On dissout 3 grammes de nitrocellulose dans 120 à 150 centimètres cubes d'un mélange en parties égales d'alcool et d'éther, auquel on ajoute 2,5 centi-

mètres cubes d'une solution alcoolique de 10 % de perchlorure de fer ou d'étain- et 1,5 centimètre cube d'une solution alcoolique d'acide tannique.

La liqueur, ainsi obtenue, est filtrée et maintenue sous pression dans un réservoir en cuivre étamé dont le fond est relié à une conduite sur laquelle sont fixés des tubes de verre à terminaison capillaire A (fig. 12). Un second tube B enveloppe chacun des premiers et reçoit un excès d'eau par la tubulure C. L'eau qui circule dans le tube extérieur, est retenue par une garniture en caoutchouc et déborde à la partie supérieure en recouvrant l'extrémité du tube A. La dissolution de nitrocellulose, qui est chassée par pression dans ce dernier tube, se solidifie dès qu'elle arrive au contact de l'eau, et forme un fil fin que saisit une pince automatique et qui est successivement tiré, guidé, et enroulé sur un dévidoir mobile (fig. 13).

Une certaine quantité de tubes capillaires fonctionnent simultanément, et chacun d'eux débite un fil de soie.

L'ensemble de l'appareil est renfermé dans une cage vitrée où circule un cou-

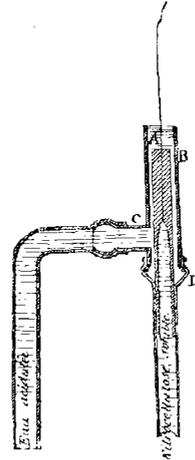


FIG. 12

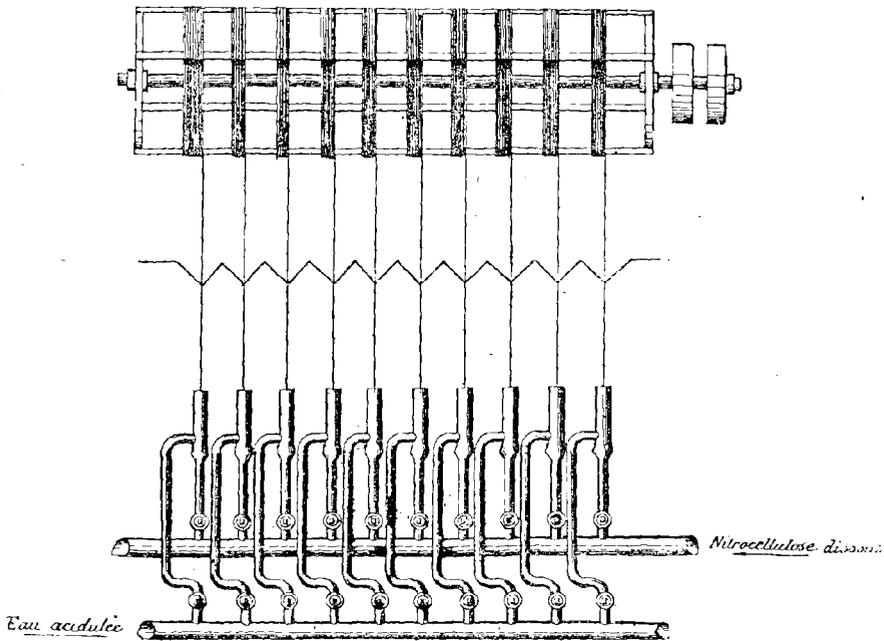


FIG. 13

rant d'air froid et sec qui dessèche le fil et chasse les vapeurs; celles-ci sont recueillies et condensées, et sont destinées à régénérer le dissolvant.

La matière textile ainsi obtenue possède un brillant analogue à celui de la soie. Sa densité, qui est de 1,49 environ, est comprise entre celle des grèges (1,66) et celle des soies cuites (1,43). L'épaisseur des fils, que l'on règle à volonté, au moyen d'un obturateur, peut varier, selon l'inventeur, depuis $\frac{1}{1000}$ jusqu'à $\frac{40}{1000}$ de millimètre; leur résistance à la rupture, toujours d'après l'inventeur, est de 25 kilogrammes, celle des soies grèges étant de 30 à 45.

En introduisant des couleurs d'aniline dans la solution de nitrocellulose, avant le filage, on obtient des soies colorées.

2° *Procédé du Vivier.* — M. du Vivier emploie, comme M. de Chardonnet, les nitrocelluloses solubles, et particulièrement les nitrocelluloses de coton; mais, au lieu de les dissoudre dans un mélange d'alcool et d'éther, dont les vapeurs sont toujours dangereuses, il emploie comme dissolvant l'acide acétique cristallisable.

La fabrication de la soie artificielle, par le procédé du Vivier, comprend la série d'opérations suivantes :

On prépare de la cellulose pure en immergeant du coton pendant 72 heures dans une lessive de soude caustique et d'ammoniaque; puis on procède à la nitruration, à la température de 60°, au moyen de nitrate de soude et d'acide sulfurique; on dissout la nitrocellulose ainsi obtenue dans l'acide acétique cristallisable, auquel on a ajouté une solution de gutta-percha dans le sulfure de carbone, une certaine quantité de colle de poisson, et quelques gouttes de glycérine et d'huile de ricin.

On forme ainsi une liqueur visqueuse que l'on écoule dans l'eau froide par un tube à terminaison capillaire. Le fil qui se produit par solidification est successivement passé.

(a). Dans un bain de soude, afin de neutraliser l'acide acétique en excès;

(b). Dans un bain d'albumine à 3 p. 1 000, pour animaliser la matière cellulosique;

(c). Dans une dissolution de bichlorure de mercure, à 54 p. 1 000, ou bien dans une dissolution alcoolique d'acide phénique, pour coaguler l'albumine et la rendre insoluble. Cette coagulation se complète par un passage dans un courant de gaz acide carbonique; mais on pourrait éviter cette complication en prolongeant de quelques minutes le séjour du fil dans chacun des bains.

(d) Finalement, on passe le fil dans une eau ammoniacale à 10 pour cent, afin d'éliminer les dernières traces d'acide; puis dans un bain de sulfate d'alumine qui se décompose en présence de l'ammoniaque en excès et abandonne de l'alumine. Cette dernière opération a pour but de recouvrir la matière soyeuse d'une enveloppe de nature minérale, laquelle peut atténuer, jusqu'à un certain

point, les propriétés combustibles d'un fil fabriqué avec une substance aussi explosive que la nitrocellulose.

Ce n'est qu'après avoir subi toute cette longue série d'opérations que la soie obtenue est séchée puis enroulée sur des dévidoirs.

L'installation faite par M. du Vivier au Pavillon de l'Exposition forestière comportait la disposition suivante :

La liqueur cellulosique, placée dans un récipient fermé, coule par un tube à ouverture capillaire, dans le premier bain où elle se coagule immédiatement. Le fil qui en résulte tombe au fond d'une éprouvette (fi. 14), passe sous l'extrémité re-

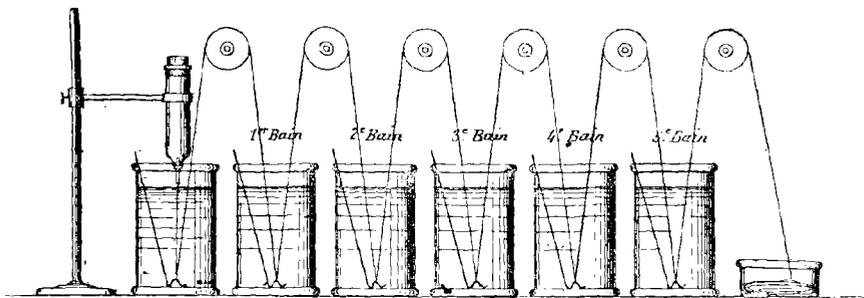


FIG. 14

courbée d'une baguette de verre ou guide-fil et remonte sur une poulie qui le conduit dans le second bain, où il est tendu sous un autre guide-fil. Il est repris par une seconde poulie qui l'envoie dans le troisième bain, et ainsi de suite. Au sortir de la dernière éprouvette, il s'entasse sur une soucoupe d'où il est saisi et enroulé finalement sur de grands tambours-dévidoirs. C'est là qu'on le laisse sécher.

Les poulies sont animées d'un mouvement uniforme dont on peut accélérer ou ralentir la vitesse, selon que l'on veut forcer ou réduire la production, et aussi suivant le degré de finesse que l'on désire obtenir.

L'un et l'autre de ces procédés donnent des fils brillants, mais qui sont loin d'avoir la souplesse et la ténacité de la soie naturelle, comme on peut aisément s'en rendre compte par l'observation des échantillons tissés que les deux inventeurs présentent dans leurs vitrines. Il semble que le seul moyen d'utiliser pratiquement ces produits serait de les tisser en les mélangeant avec des soies grêges; les pièces travaillées avec ces deux sortes de fils et qu'expose M. de Charbonnet sont, en effet, très remarquables et conviennent bien, par exemple, pour ornements d'église, chasubles et autres tissus demandant une certaine raideur.

Mais, quoi qu'il en soit, cette nouvelle et intéressante substance, préparée avec

une matière explosive, a le défaut inhérent à son origine : elle est très inflammable ; et il faudrait pouvoir la dénitrer ou la recouvrir d'un enduit incombustible.

C'est ce dernier moyen qu'emploie M. du Vivier lequel, comme nous l'avons indiqué plus haut, cherche à minéraliser ses fils en les enveloppant d'un dépôt d'alumine.

M. de Chardonnet préfère procéder par dénitration comme il l'indique dans une récente communication à l'*Académie des Sciences* (1).

« Les divers pyroxyles perdent de leur acide nitrique dans les bains tièdes
« réducteurs et même dans l'eau pure, mais la réaction est plus complète dans
« l'acide nitrique dilué. L'acide nitrique de la nitrocellulose est enlevé par une
« dissociation qui marche d'autant plus vite que le bain est plus chaud et con-
« centré, mais qui peut être poussée d'autant plus loin que le bain est plus froid
« et dilué ».

M. de Chardonnet emploie à cet effet un bain renfermant $\frac{1}{2}$ p. cent d'acide nitrique monohydraté, et pendant la durée de l'opération, la température doit descendre lentement de 35° à 25° C.

Il est encore un moyen de diminuer la combustibilité des soies artificielles, c'est de les imbiber de phosphate d'ammoniaque.

Dernièrement M. Frémy a proposé le sulfhydrate d'ammoniaque, en dissolution étendue, comme agent de dénitration. Il se produit alors les réactions suivantes ; l'élément nitrique des fils devient soluble dans l'eau et se laisse absorber par le composé sulfureux. Quant au principe cellulosique filamenteux, il reste à l'état insoluble et peut ensuite être nettoyé par un simple lavage à l'eau. L'action du sulfhydrate d'ammoniaque est lente et demande un temps assez long. Pour s'assurer que l'opération s'avance, on prend de temps en temps un petit échantillon, on le dessèche, et on l'essaie au feu ; elle est terminée quand la combustion cesse de se faire avec brusquerie.

Tous ces procédés sont encore imparfaits ; il y aurait lieu, d'ailleurs, de rechercher, si, après dénitration, le fil de soie artificielle n'a pas perdu la plupart de ses propriétés primitives.

Le procédé que nous venons d'exposer et qui pêche par complication de bains, de poulies, de manutention, etc., etc., a été simplifié depuis l'Exposition. Aujourd'hui, M. Du Vivier ne fait plus usage que d'un seul bain au sortir duquel le fil s'enroule sur un tambour animé d'un mouvement circulaire en spirale. Les écheveaux recueillis sont immergés dans des bains convenables, et chaque immersion est suivie d'un séchage complet. En opérant ainsi, on n'a plus

1. Comptes-Rendus. Mai 1889.

à redouter les ruptures, fréquentes et inévitables, d'un fil encore mou et mal formé, ruptures qui causaient une perte de temps considérable et un surcroît de main-d'œuvre et de surveillance.

D'autre part, et pour diminuer la combustibilité, M. du Vivier ne fait plus entrer dans la composition de sa matière soyeuse que 50 p. 100 environ de nitrocellulose ; le reste comprend des substances n'ayant aucun caractère explosif et ayant pour objet de former une substance se rapprochant autant que possible de la composition de la soie du bombyx.

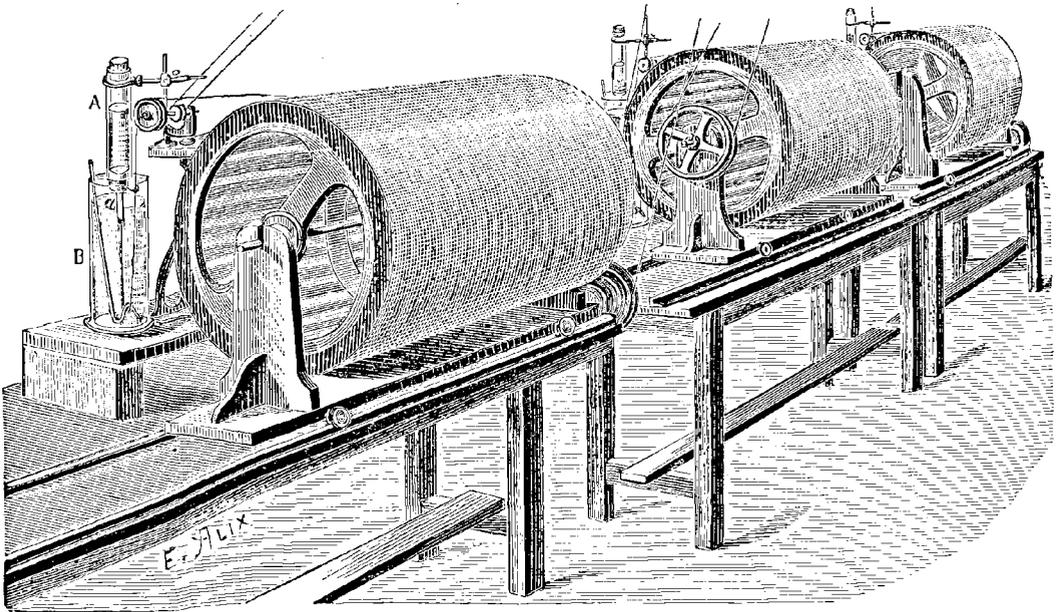


FIG. 15

Celle-ci, d'après M. Mulder, comprendrait :

Fibroïne	53,40
Substances gélatineuses	20,70
Albumine	24,40
Divers	1,50
Total	<u>100,00</u>

La fibroïne constitue la matière textile proprement dite, la gélatine semble jouer le rôle d'agglutinant, et l'albumine donne à la soie l'inaltérabilité et la souplesse.

La fabrication de la soie artificielle par le nouveau procédé du Vivier se fait de la manière suivante (1) : La liqueur nitrocellulosique est placée dans un tube de gros diamètre A qui est disposé au-dessus d'un bain chimique (fig. 15). La matière s'écoule par l'orifice capillaire du petit tube *a* et se solidifie dès qu'elle arrive en contact avec le liquide du bain. Le fil formé passe sous un guide-fil, remonte sur une petite poulie en porcelaine et se rend de là sur un gros tambour feutré. Celui-ci se déplace longitudinalement sur un petit chariot mis en mouvement par une vis.

Au bout de deux ou trois heures, le fil est sec ; on l'enroule sur de petites bobines, puis on le passe à la moulineuse.

1. D'après la *Revue universelle des Inventions nouvelles* à laquelle nous empruntons également la figure 15 indiquant le filage mécanique de la soie.

P.-F. CHALON.

TABLE DES MATIÈRES

Les pages 1 à 93 font partie d'un autre ouvrage.

	Pages.
<i>Introduction.</i>	99

PREMIERE PARTIE

I. — Les poudres et explosifs.	100
II. — Les explosifs pour mines grisouteuses.	102

DEUXIEME PARTIE

Les hydrocarbures nitrés	101
Nitrobenzines, Nitrotoluols, etc	107
Nitrophénols	107
Nitrocrésols	108

TROISIEME PARTIE

Les Nitrocelluloses.

I. — Celluloses et Nitrocelluloses	110
II. — Fabrication du fulmicoton	116
III. — Poudres sans fumée.	128
IV. — Collodions photographiques	136
V. — Le Vernis au pyroxyle	138
VI. — La soie artificielle.	140

MATIÈRES EXPLOSIVES