

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Manuel de l'artificier, ou l'Art de faire toutes sortes de
feux d'artifice à peu de frais, et d'après les meilleurs
procédés**

Vergnaud, Armand Denis

Paris, 1828

Seconde partie

[urn:nbn:de:bsz:31-296468](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-296468)

SECONDE PARTIE.

COMBUSTION ; COMBINAISONS ET MÉLANGES DE SUBSTANCES COMBUSTIBLES PROPRES A DIVERSES COMPOSITIONS D'ARTIFICES.

§. 1^{er}.

COMBUSTION.

On entend par *combustion* le dégagement simultané de chaleur et de lumière qui accompagne la combinaison chimique. On a souvent pris ce mot pour synonyme d'*inflammation*, terme qui devrait être restreint et appliqué seulement au cas où une substance gazeuse est brûlée. L'*ignition* est l'incandescence d'un corps, produite par des moyens extérieurs, et sans que la constitution chimique du corps soit changée en aucune manière.

De tous les phénomènes qui ont attiré l'attention des chimistes, le plus étonnant peut-être, et sans contredit le plus intéressant pour l'artificier, c'est la combustion : c'est à la fois la base et le but de la pyrotechnie. Nous tâcherons donc de donner ici un exposé convenablement détaillé des explications adoptées sur ce sujet, à diverses époques. Quelle que soit au reste l'hypothèse à laquelle on veuille s'arrêter sur la théorie de ce phénomène, les faits constatés par les chimistes les plus distingués de tous les pays, et présentés à l'appui de leurs différentes opinions, n'en sont pas moins importants à connaître et à méditer pour tous ceux qui veulent s'occuper de pyrotechnie.

La première explication que l'on essaya de donner de

la combustion était bien peu satisfaisante. On supposait l'existence d'un corps élémentaire appelé *feu*, qui avait la propriété de dévorer certains autres corps, et de les convertir en sa propre substance. En mettant le feu à un fourneau rempli de charbon, on y introduisait, suivant cette hypothèse, une petite portion de l'élément du feu, qui commençait immédiatement à dévorer le charbon, et à le changer en feu, à l'exception de la portion quelconque de ce charbon qui n'était pas propre à lui servir d'aliment, et qu'il laissait à l'état de cendres.

Le docteur Hooke proposa, en 1665, une hypothèse beaucoup plus ingénieuse et plus satisfaisante sur les phénomènes de la combustion. Il annonça qu'il existe dans l'air ordinaire une certaine substance qu'il considérait comme semblable à celle fixée dans le salpêtre, si elle n'était pas absolument la même. Cette substance avait, suivant lui, la propriété de dissoudre tous les corps combustibles, mais seulement lorsque leur température était considérablement élevée. La dissolution avait si rapidement lieu, qu'elle produisait à la fois chaleur et lumière, qui ne résultaient l'une et l'autre, dans son opinion, que du simple mouvement des particules de la matière. La substance dissoute était en partie à l'état d'air, et en partie coagulée sous forme liquide ou solide. La quantité de cette substance dissolvante que contient un volume d'air, est incomparablement moindre que celle qui existe dans un volume égal de salpêtre, d'où il résulte qu'un corps combustible ne continue de brûler que pendant un court espace de temps dans un volume donné d'air, parce que le dissolvant étant promptement saturé, la combustion cesse d'avoir lieu. Aussi le meilleur moyen d'opérer la combustion avec succès est-il de renouveler continuellement l'air, comme celui de l'accélérer considérablement, est de le faire affluer par le moyen de soufflets.

Cette théorie de Hooke fut adoptée environ dix ans après sa publication, et modifiée par Mayow, qui donna le nom de *spiritus-nitro-aereus* à la substance dissolvante de Hooke: il suppose qu'elle est formée de molécules d'une très grande ténuité, qui sont continuellement,

avec celles des corps combustibles, dans un état de lutte qui donne lieu à tous les changemens produits. Le feu consiste dans le mouvement rapide de ces molécules, et la chaleur, dans leur mouvement moins accéléré; le soleil n'est autre chose que ces particules nitro-aériennes dans un état de grande rapidité de mouvement. Elles remplissent tout l'espace; la vitesse de mouvement de ces molécules diminue en raison de leur distance du soleil, et, lorsqu'elles approchent de la terre, elles deviennent pointues et constituent le froid.

A cette théorie de Hooke et Mayow en succéda bientôt une autre d'un genre bien différent. Proposée d'abord par Becher, elle fut depuis présentée par son disciple Stahl, et devint célèbre sous le nom de *théorie stahl-ienne* ou du *phlogistique*. Suivant cette théorie de Stahl, toutes les substances combustibles contiennent en elles-mêmes un certain corps connu sous le nom de *phlogistique*, auquel elles doivent leur combustibilité. Cette substance est absolument la même dans tous les combustibles, qui ne diffèrent, par conséquent, entre eux que par la diversité de leurs autres principes, avec lesquels le phlogistique est combiné. La combustion et tous les phénomènes qui s'y rapportent dépendent uniquement de la séparation et de la dissipation de ce principe; dès qu'elles ont eu lieu, le reste du corps est incombustible. Le phlogistique est particulièrement disposé à être affecté d'un mouvement violent de tournoïement, et la chaleur ainsi que la lumière qui se manifestent pendant la combustion, sont simplement deux propriétés du phlogistique dans cet état de grande agitation.

Mais qu'est-ce que le phlogistique? Suivant Macquer, qui modifia le premier la théorie de Stahl, le phlogistique n'est autre chose que la lumière fixée dans les corps. Cette théorie du phlogistique fut encore modifiée successivement par Priestley, par Crawford et par Kirwan qui entreprit de prouver que le phlogistique était la même chose que l'hydrogène. Cette opinion, que Kirwan annonça lui avoir été suggérée par les découvertes du docteur Priestley, fut accueillie avec une grande faveur, ou admise avec certaines modifications par Berg-

man, Guyton de Morveau, et un assez grand nombre d'autres chimistes.

Pendant qu'on modifiait ainsi de diverses manières la théorie de Stahl sur la combustion, et lorsque les découvertes de Schéele, Cavendish et Priestley eurent fait voir clairement toute l'importance du rôle que jouait l'air dans le plus grand nombre des cas de combustion, parut enfin la théorie de l'illustre Lavoisier, qui détruisit complètement l'existence du phlogistique. Établissant comme loi générale, que « dans tout cas de combustion l'oxygène se combine avec le corps qui brûle », et s'appuyant de l'hypothèse de Black sur la chaleur latente, Lavoisier donna l'explication suivante des phénomènes de la combustion : « L'oxygène de l'atmosphère, dans son état de gaz, est combiné avec le calorique et la lumière; pendant la combustion, ce gaz est *décomposé*, le calorique et la lumière s'en dégagent, tandis que sa base se combine avec le combustible et forme le produit. Ce produit est incombustible, parce que sa base étant déjà saturée d'oxygène, elle ne peut plus en prendre davantage. » On objectait avec raison, contre cette explication, que les combinaisons de l'oxygène, lorsqu'il est liquide ou solide, produisent des combustions aussi violentes que lorsqu'il est à l'état gazeux. Si, par exemple, on verse de l'acide nitrique sur de l'huile de lin ou de térébenthine, il y a combustion très rapide et dégagement très considérable de calorique et de lumière. Ici l'oxygène fait partie de l'acide nitrique, et il était déjà combiné avec l'azote, c'est-à-dire que l'azote avait éprouvé la combustion : or, dans ce cas, non seulement l'oxygène était à l'état liquide, mais encore il a éprouvé le changement produit par la combustion; il en résulterait donc que l'oxygène peut donner du calorique et de la lumière, non seulement lorsqu'il est liquide, mais même après la combustion; ce qui est directement contraire à la théorie.

La poudre à canon, lorsqu'elle est enflammée, brûle avec une grande rapidité dans les vaisseaux fermés ou dans le vide. Cette matière est composée de nitre, de charbon et de soufre. Ces deux dernières substances sont combustibles; et la première, composée d'acide

nitrique et de potasse, fournit l'oxygène. Dans ce cas, l'oxygène est non seulement combiné avec l'azote, mais encore il forme une des parties constituantes d'un solide. Cependant l'émission du calorique et de la lumière est plus grande encore pendant la combustion de la poudre, dont presque tout le produit est à l'état de gaz. Cet effet de la combustion de la poudre est doublement en opposition avec la théorie; car comment supposer qu'il y ait dégagement de calorique et de lumière, lorsqu'un corps solide est converti en gaz, quand, pour exister dans cet état, il lui faut plus de calorique et de lumière qu'il n'en contenait lorsqu'il était solide. Malgré ces objections réelles auxquelles on n'opposa que des subterfuges, la théorie de Lavoisier, après bien des hésitations, fut adoptée généralement, et produisit une révolution complète dans la science de la chimie. Cette théorie, qui laisse encore beaucoup d'incertitude sur plusieurs points de difficulté dans les phénomènes de la combustion, et qu'on aurait dû considérer plutôt comme une conjecture ingénieuse que comme une théorie pleinement établie, servit cependant de base à plusieurs traités de chimie. Il était réservé à sir H. Davy de ramener les chimistes, à l'aide d'une série d'investigations sans exemple, du dédale des spéculations imaginaires, dans la route de la raison, plus difficile à la vérité, mais plus avantageuse et plus favorable aux progrès de la science; néanmoins la saine logique, la candeur pure et l'exactitude mathématique des conséquences qui caractérisent les éléments de Lavoisier, couvriront toujours son nom d'une gloire immortelle. Il nous reste à présenter actuellement, pour compléter ce que nous avions à dire sur la combustion, quelques unes des observations les plus intéressantes de sir H. Davy.

Toutes les fois que les forces chimiques qui déterminent la combinaison ou la décomposition s'exercent avec énergie, les phénomènes de combustion ou d'incandescence avec changement de propriétés se manifestent. Ainsi donc la distinction des corps en soutiens de combustion et combustibles est inexacte et frivole; car, dans le fait, une substance joue souvent les deux rôles, étant, dans un cas, soutien de combustion en

apparence, et dans un autre combustible. Mais, dans l'un et l'autre cas, la lumière et la chaleur sont dues à la même cause, et indiquent seulement l'énergie et la rapidité avec laquelle l'action réciproque s'exerce.

Ainsi, par exemple, l'hydrogène sulfuré est un combustible avec l'oxygène et le chlore, et il est soutien de combustion avec le potassium. Le soufre avec le chlore et l'oxygène est une base combustible; tandis qu'avec les métaux il joue le rôle de soutien de combustion, puisqu'il en résulte une incandescence et une saturation réciproques. Pareillement, le potassium s'unit avec une telle énergie au tellure et à l'arsenic, qu'il produit un phénomène de combustion; et nous ne pouvons pas ici attribuer le phénomène au dégagement de la chaleur latente occasionnée par condensation de volume. Le protoxide de chlore, substance qui ne contient aucun élément combustible, développe avec une force extrême, au moment de sa décomposition, de la lumière, et cependant son volume est quintuplé. Le chlorure et l'iodure d'azote composés, dépourvus aussi de toute substance inflammable, selon la manière ordinaire de voir, se réduisent en leurs éléments avec une force d'explosion effrayante; et le premier de ces corps occupe un volume au-delà de six cents fois plus grand que celui qu'il avait d'abord. Or, d'après les principes de la chaleur latente, un froid considérable devrait, au contraire, accompagner une pareille dilatation. De même encore les chlorates et nitrates, traités par le charbon, le soufre, le phosphore ou les métaux, donnent lieu à déflagration ou détonent, et le volume des substances se combinant est augmenté dans une grande proportion. On peut en dire autant des azotures d'or et d'argent.

Il est évident, d'après les faits précédents, 1°. que la combustion ne dépend pas nécessairement de l'action de l'oxygène; 2°. que le développement de la chaleur ne doit pas être attribué uniquement à ce que le gaz partage ce fluide éthéré avec le corps auquel il se fixe, ou qu'il brûle; et 3°. qu'il n'y a pas de substance particulière ou de forme de matière nécessaire pour produire cet effet, mais que c'est un résultat général des actions réciproques de toutes les substances qui sont douées les

unes pour les autres d'une forte affinité chimique, ou qui jouissent de facultés électriques apparentes, et que cet effet a lieu dans tous les cas où l'on peut concevoir qu'un mouvement intense et violent est communiqué aux particules des corps.

Ainsi s'explique naturellement la combustion produite par frottement, percussion, électricité, compression ou simple mélange; et l'on peut établir comme un axiome que la combustion n'est qu'un accessoire accidentel et fortuit de la combinaison chimique ou de la décomposition, et qui est dû aux mouvemens intérieurs des particules des corps qui tendent à s'arranger dans un nouvel ordre de constitution chimique.

Sir H. Davy, dans ses recherches sur la combustion et sur la flamme, recherches qui le conduisirent à la découverte admirable de la lampe de sûreté des mineurs, constata plusieurs faits intéressans qui nous semblent de nature à mériter particulièrement l'attention des artificiers.

La température nécessaire pour enflammer différens corps varie suivant leurs combustibilités respectives, et elle est indépendante de la compression ou de la rarefaction. Si l'on prépare une suite de globules métalliques de différentes dimensions en fondant l'extrémité de fils de fer, et qu'on allume ensuite de très petites flammes de même dimension et produites par différens corps, la dimension de la petite sphère qui convient pour l'extinction d'une flamme particulière, sera la mesure de sa combustibilité. Un globule de dix millimètres amené auprès d'une flamme d'huile de 9 dix millimètres, l'éteint, quand il est froid, à la distance d'un diamètre. Néanmoins, si le globule était chauffé, la distance à laquelle il produit l'extinction serait diminuée. A une chaleur rouge-blanche, le globule n'éteint pas la flamme par son contact actuel, quoiqu'à une chaleur rouge obscure il produise immédiatement cet effet.

La flamme des combustibles peut, dans tous les cas, être considérée comme la combustion d'un *mélange explosif* de gaz inflammable, ou de vapeur avec l'air. Les flammes accroissent d'éclat et de densité par la production et l'ignition d'une matière solide. C'est ainsi

que le gaz oléifiant fournit la lumière la plus blanche et la plus éclatante de tous les gaz combustibles, parce que, comme nous le savons d'après les expériences de Berthollet sur l'hydrogène carboné, il dépose, à une température élevée, une très grande quantité de charbon solide. On explique aisément de cette manière les apparences des différentes parties des flammes des corps en combustion, et de la flamme produite par le chalumeau. Le point de la flamme bleue plus intérieure, où la chaleur est la plus grande, est celui où la totalité du charbon est brûlée dans sa combinaison gazeuse, et sans qu'il y ait un dépôt préalable.

On peut augmenter la lumière de certaines substances en combustion, en plaçant, au milieu de leurs flammes, des substances même incombustibles. C'est ainsi que l'intensité de la lumière du soufre, de l'hydrogène, de l'oxide de carbone, brûlans, est augmentée à un haut degré en y projetant de l'oxide de zinc, on en y plaçant un fil très délié d'amanthe ou une gaze métallique; lorsque la couleur de la flamme est changée par l'introduction de composés incombustibles, il est probable que cet effet dépend de la production et de l'ignition subséquentes, ou de la combustion d'une matière inflammable qui en provient. La flamme ou la matière gazeuse, chauffée au point d'être lumineuse, possède une température supérieure à la chaleur rouge-blanche de corps solides; et ceci est démontré par le fait, que l'air, sans être lumineux, peut communiquer ce degré de chaleur: en tenant un fil de platine à 1 millimètre environ du milieu de la flamme d'une lampe à esprit de vin, et cachant la flamme par un corps opaque, le fil devient aussitôt rouge-blanc dans un espace où l'on n'aperçoit point de lumière visible. La température de la flamme est peut-être aussi haute qu'aucune de celles que nous connaissons.

La chaleur de flammes (du moins celle qu'elles peuvent communiquer à d'autres substances) peut être diminuée en augmentant leur lumière; elle peut aussi être augmentée en diminuant leur lumière. La flamme de combustion qui produit la plus forte chaleur parmi toutes celles qu'on a examinées, est celle d'un

mélange d'oxygène et d'hydrogène comprimé par la pompe fixée à la partie supérieure du chalumeau de Newman. Cette flamme, à peine visible dans un jour brillant, fond instantanément les corps les plus réfractaires, et la lumière produite par les corps qu'elle met en ignition est assez vive pour affecter douloureusement l'œil.

Il paraît, d'après les expériences faites pour déterminer la chaleur dégagée par différens combustibles pendant l'acte de la combustion, que l'hydrogène produit plus de chaleur qu'aucun autre de ses composés. Parmi les autres combustibles, on a remarqué, en s'occupant des causes qui modifient, ou arrêtent la combustion, ou éteignent la flamme, que ceux qui exigent le moins de chaleur pour leur combustion doivent brûler dans un air plus raréfié que ceux qui en exigent davantage, et que ceux qui développent beaucoup de chaleur dans leur combustion doivent, toutes choses égales d'ailleurs, brûler dans un air plus raréfié que ceux qui en produisent peu.

Les expériences qu'on a faites sur la combustion dans l'air condensé ont montré que, comme la raréfaction ne diminue pas considérablement la chaleur de la flamme dans l'air atmosphérique, sa condensation ne doit pas non plus l'augmenter beaucoup : circonstance d'une haute importance dans la constitution de notre atmosphère, qui, à toutes les hauteurs et profondeurs où l'homme peut vivre, devra se comporter de même relativement à la combustion.

En faisant passer des mélanges d'hydrogène et d'oxygène à travers des tubes chauffés au-dessous du rouge, sir H. Davy observa qu'il paraissait s'être formé de la vapeur sans qu'il y eût eu combustion ; il s'assura alors qu'effectivement, à une certaine température, la combinaison s'opère sans aucune violence et sans dégagement de lumière, et cependant, dans cette combustion invisible, où l'élévation de température n'est pas suffisante pour rendre les matières gazeuses elles-mêmes lumineuses, elle pourrait néanmoins être capable de mettre à l'état d'ignition les corps solides qu'on y exposerait. Cela explique pourquoi l'on obtient une bien

plus grande quantité de chaleur quand on fait brûler plus rapidement le combustible; et l'on voit que, dans tous les cas, il faut maintenir la température des corps qui agissent les uns sur les autres aussi élevée que possible, non seulement parce que l'accroissement général de la chaleur est plus grand, mais encore parce que l'on prévient par là la formation de combinaisons qui, à de plus basses températures, peuvent avoir lieu sans qu'il se produise aucun dégagement de chaleur considérable. Ainsi, dans la lampe d'Argand et dans les meilleures cheminées, l'augmentation d'effet ne dépend pas seulement de la rapidité du courant d'air, mais encore de la chaleur conservée par la disposition des matériaux dans la cheminée, et qui est communiquée aux substances qui s'enflamment.

Les courans de flamme ne peuvent jamais élever la température des corps qu'on y expose au-delà d'un certain degré, qui est celui de leur propre température; mais on ne peut douter que, par la compression, on ne puisse augmenter considérablement la chaleur des flammes; et proportionnellement sans doute à la compression exercée.

On peut maintenant concevoir aisément la nature de la lumière des flammes et leur forme. Quand dans les flammes il ne se brûle qu'une matière gazeuse pure, la lumière produite est extrêmement faible; la densité de la flamme ordinaire est proportionnelle à la quantité de charbon solide qui se dépose d'abord, et qui est brûlé ensuite. La forme de la flamme est conique, parce que la plus grande chaleur est dans le centre du mélange explosif. En regardant fixement la flamme, on aperçoit la partie où la matière combustible est volatilisée, et elle semble obscure par opposition avec celle où elle commence à brûler, c'est-à-dire où elle se trouve mêlée avec l'air de manière à devenir explosive. La chaleur diminue vers la sommité de la flamme, parce que c'est dans cette partie que la quantité d'oxygène est la moindre. Quand la mèche, par l'accumulation du charbon, acquiert des dimensions considérables, elle refroidit la flamme par rayonnement, et empêche la quantité convenable d'oxygène de se mêler avec sa partie centrale;

par conséquent, le charbon qui s'échappe du sommet de la flamme est simplement rouge de chaleur, et la plus grande partie sort sans avoir été consumée.

§. II.

COMBINAISONS ET MÉLANGES DE SUBSTANCES COMBUSTIBLES
PROPRES À DIVERSES COMPOSITIONS D'ARTIFICES.

Il est peu d'artifices dans lesquels la poudre à canon, soit grenée, soit en pulvérin, ne joue un rôle très important; d'ailleurs, la préparation des matières premières qui la composent, leur dosage, leur trituration, enfin toutes les manipulations qui tendent à en former une mixtion homogène, sont du plus haut intérêt pour l'artificier, qui doit en étudier les moindres détails, afin de les appliquer ensuite, sans tâtonnements inutiles et avec les modifications nécessaires, aux mélanges des diverses substances combustibles qu'il emploie habituellement. Nous tâcherons donc d'exposer d'une manière convenablement étendue les procédés employés jusqu'à présent à la fabrication de la poudre, et nous insisterons particulièrement sur le mode d'épreuve qui nous semble le plus propre à constater réellement la bonne qualité des poudres fabriquées.

On ne doit pas se dissimuler qu'il est des dangers réels inhérens à la nature même des travaux de l'artificier : le frottement, la percussion, l'électricité, une commotion violente, peuvent déterminer accidentellement la combustion. On ne saurait donc recommander trop de prudence et de circonspection aux ouvriers qui travaillent à l'artifice; la moindre négligence de leur part, le plus léger oubli, peuvent compromettre l'atelier tout entier.

La plus grande propreté et le plus grand ordre doivent régner dans une salle d'artifice; les compositions les plus énergiques y sont préparées séparément et par petites portions à la fois : tout est étiqueté avec le plus grand soin. Chaque ouvrier y a sa place marquée, isolée autant que possible; ses outils, et les compositions qu'il doit employer, y sont disposés successivement suivant ses besoins journaliers, toujours sans encombrement, et de

manière qu'il puisse travailler à l'aise et sans gêner ses voisins.

C'est en tenant sévèrement la main à ce que les précautions les plus minutieuses s'exécutent sans réserve dès qu'elles sont prescrites, que le chef artificier prévient dans son atelier les causes les plus ordinaires de danger; s'il survient alors une explosion accidentelle, elle est isolée, et tellement prévue qu'elle ne peut plus avoir d'effet bien meurtrier.

§. III.

POUDRE; DOSAGE; TRITURATION; GRANULATION; LISSAGE; SÉCHAGE; EXPLOSION; ÉPROUVETTES; MEILLEUR MODE D'ÉPREUVE DE LA POUDRE; PULVÉRIN.

Poudre.

Un simple mélange, en certaines proportions, de salpêtre, soufre et charbon, forme la poudre qu'une étincelle enflamme et fait détoner avec fracas, en détruisant les obstacles qui s'opposent à sa force d'expansion. Les phénomènes que présente l'explosion sont, d'abord un dégagement considérable de chaleur et de lumière; par suite un dégagement presque instantané de gaz qu'on peut recueillir pour en rechercher la nature; enfin, un résidu dont l'analyse présente peu de difficultés.

Les chimistes s'accordent bien à dire que, de la juste proportion des matières constituantes, de la porété de chacune d'elles, d'une trituration, d'une granulation et d'un séchage convenables, résultent infailliblement l'inflammation la plus complète de la poudre et le plus grand développement de gaz dans un instant donné; et on le comprendra facilement, si l'on considère que le nitrate de potasse ne détone que lorsqu'il est en contact avec de la matière inflammable, en sorte que la détonation totale aura d'autant plus promptement lieu, que les surfaces en contact seront en plus grand nombre et que les ingrédients seront très purs, parce que non seulement toute matière étrangère empêche les contacts par son interposition, mais encore parce qu'elle diminue d'autant

la quantité des ingrédients devant produire leur effet : mais quel est le meilleur dosage, quels sont les modes de trituration et de séchage les plus propres à obtenir l'homogénéité du mélange ? quelle forme, quelles dimensions doit avoir le grain, et quels sont enfin les gaz dont la production développe l'effet le plus énergique ? voilà ce que chacun entend et cherche à expliquer à sa manière.

Au milieu des contradictions sans nombre qu'ont fait naître à cet égard, entre gens d'un très grand mérite, l'esprit de système et le désir de résoudre une question très importante, et d'une difficulté reconnue, nous allons essayer de choisir la solution la plus complète, la plus claire et le mieux consacrée par l'accord de l'expérience avec les principes actuels de la chimie. Pour y parvenir, nous nous occuperons successivement du dosage, de la trituration, de la granulation et du séchage, afin d'exposer l'ensemble des opérations qui constituent la fabrication de la poudre, et de bien faire comprendre ensuite le phénomène de l'explosion, dont les recherches de sir H. Davy, sur la combustion, ont singulièrement d'ailleurs facilité l'explication.

Dosage.

La proportion des quantités de nitrate de potasse, de soufre et de charbon dont l'ensemble constitue la poudre, se nomme *dosage*.

Dans l'état actuel de l'artillerie, la bonté de la poudre dépend non seulement de la rapidité convenable de son inflammation et du plus grand développement de gaz dans un instant déterminé, mais encore de sa densité, et par suite de son *minimum* de friabilité et de susceptibilité à l'humectation, *minimum* indispensable pour une longue conservation.

Ce n'est pas seulement pour obtenir la plus longue conservation de la poudre, qu'il faut renoncer à sa plus grande force d'expansion et à son instantanéité d'inflammation, mais aussi pour ménager les armes dans lesquelles on l'emploie : plus la déflagration est prompte, plus elle a d'effet sur les parois de l'arme, sans changer

sensiblement la portée du projectile; et si elle a lieu aussi instantanément que celle des mélanges fulminans, l'effet de réaction foudroyante a lieu de la même manière, et les bouches à feu en bronze doivent en être plus promptement encore détériorées que les bouches à feu en fonte de fer, et surtout que les canons de fusil et de pistolet, sans qu'il se manifeste un changement notable dans la portée de ces armes. Si l'effet destructeur d'une poudre, éminemment vive et forte, est plus rapide sur le bronze que sur la fonte de fer et sur le fer forgé, cela tient uniquement à ce que le bronze est un alliage de deux métaux, cuivre et étain, inégalement fusibles, inégalement conducteurs du calorique et de l'électricité, et dès lors, quelque parfait que soit l'alliage, d'une moindre affinité de composition dans ses molécules intégrantes, que la fonte de fer, et surtout que le fer forgé; la longueur de l'arme et la grosseur du projectile peuvent aussi dans ce cas contribuer à la prompte détérioration de la bouche à feu.

Ce ne sont pas uniquement les mélanges fulminans qui ajoutent beaucoup à la rapidité d'inflammation et de force d'expansion de la poudre; le charbon distillé ou chargé d'hydrogène, la préparation de salpêtre alcoolisé, analogue à celle du nitrate de mercure alcoolisé par le procédé de Howard, une trituration assez complète pour obtenir l'homogénéité du mélange (charbon, salpêtre et soufre), etc., produisent le même effet. On parvient par ces moyens à obtenir une poudre assez vive et assez forte pour qu'on puisse diminuer la charge des armes à feu portatives et l'encrassement, sans diminuer en rien leurs portées; mais cette même poudre n'augmenterait pas sensiblement la portée des bouches à feu de gros calibre; et l'on risquerait toujours alors, soit que l'on diminuât trop les charges en affaiblissant ainsi les portées, soit qu'on les diminuât trop peu en conservant les mêmes portées, de détériorer très rapidement les bouches à feu, surtout celles en bronze.

Il paraît d'ailleurs constant, par les expériences nombreuses faites avec le plus grand soin et à diverses époques, sur le dosage, qu'il faut renoncer à la plus grande force d'expansion de la poudre, afin d'obtenir sa plus longue conservation; la première de ces conditions ré-

sultant d'une addition de charbon aux dépens du soufre, tandis que la seconde, au contraire, résulte d'une addition de soufre aux dépens du charbon. Ce résultat de l'expérience est d'ailleurs conforme à la théorie; en effet, l'addition du charbon donnant lieu à la production du gaz oxide de carbone, ce gaz, dont le développement au moment de sa formation est double de celui du gaz acide carbonique, doit ajouter à la force d'expansion de la poudre, tandis que d'un autre côté, une plus grande quantité de charbon attirant davantage d'humidité, devient une cause plus active de la détérioration de la poudre. (1)

C'est d'après ces considérations que le dosage de la poudre de guerre en France avait été ainsi fixé :

Salpêtre.....	0,750 parties.
soufre.....	0,125
charbon.....	0,125
	1,000

Nous remarquerons que ce dosage, qui remplit la double condition nécessaire à la bonté de la poudre, dans l'usage actuel de l'artillerie, est celui dont on s'est servi le plus anciennement en France. L'expérience des siècles avait appris, dit le capitaine d'artillerie Brian-

(1) On a prétendu, d'après les expériences de Saussure, que la faculté absorbante du charbon diminuant par la pulvérisation, le charbon de bourdaine, qui possède par lui-même cette faculté à un faible degré, devait la perdre entièrement quand on le pulvérisait pour la fabrication de la poudre; mais on n'a pas réfléchi que Saussure n'avait opéré que sur du charbon de buis, charbon très dur et très dense dans lequel la capillarité ajoute singulièrement à la force absorbante, en sorte qu'en y détruisant la capillarité par la pulvérisation, la faculté absorbante devait diminuer d'autant, tandis que dans le charbon de bourdaine, et en général dans les charbons légers et poreux où cette capillarité existe à peine, la pulvérisation qui accroit le volume doit au contraire, dans certains cas, ajouter à la faculté absorbante.

chon dans son *Mémoire sur la poudre à tirer*, publié vers la fin de 1822, que la poudre ainsi composée, sans trop s'écarter du *maximum* d'action balistique, a le précieux avantage d'offrir le moins de prise aux causes ordinaires d'avarie, et conserve sa force mieux et plus long-temps que toute autre. M. Brianchon ajoute que ce dosage ne diffère pas sensiblement du dosage théorique ou fondamental qu'il établit ainsi : un atome de nitre, trois atomes de carbone et un atome de soufre; et l'on trouve en effet les résultats suivans, en comparant les tables de M. Berzelius aux poids atomiques du docteur Thomson.

	M. Thomson.	M. Berzelius.
1 atome nitre	75,00	74,80
3 atomes carbone.....	13,24	13,54
1 atome soufre.....	11,76	11,66
	100,00	100,00

Nous ajouterons au dosage que nous venons de donner de la poudre de guerre française, quelques autres dosages qui serviront à faire connaître à l'artificier les limites dans lesquelles ont pu varier, soit pour des essais, soit pour une fabrication courante, les proportions des trois ingrédiens qui constituent la poudre.

Dosages essayés, en 1794, par la commission nommée à cet effet par le gouvernement français.

Salpêtre : charbon : soufre.

n° 1..	0,76...	0,14...	0,10...	poudre de Bâle.
n° 2..	0,76...	0,12...	0,12...	poudrière de Grenelle.
n° 3..	0,76...	0,15...	0,09...	indiqué par Guyton de Morveau.
n° 4..	0,7732.	0,1344.	0,0924.	<i>id.</i> <i>id.</i>
n° 5..	0,775...	0,150...	0,075...	<i>id.</i> par M. Riffault.

Ce furent les dosages n° 3 et n° 1 qui présentèrent constamment à l'éprouvette les plus grandes portées.

Voici d'ailleurs quelques autres dosages :

Dosages français.

Poudre ordinaire,	de chasse,	de mine.
Salpêtre.....	78 parties.....	65 parties.
soufre.....	10.....	20
charbon.....	12.....	15
	100.....	100

La poudre de traite, que l'on nommait ainsi parce qu'elle était uniquement destinée à être portée comme objet d'échange, aux côtes d'Afrique, par les armateurs qui faisaient la traite des noirs, avait un dosage particulier que voici :

Salpêtre.....	62 parties.
soufre.....	20
charbon.....	18
	100

Dosages étrangers.

Poudre anglaise,	de chasse,	de guerre.
Salpêtre.....	76 parties.....	75 parties.
soufre.....	9.....	10
charbon.....	15.....	15
	100	100

Poudre hollandaise,	de guerre.	Poudre suisse de Berne.
Salpêtre.....	70 parties.....	76 parties.
soufre.....	14.....	10
charbon.....	16.....	14
	100	100

On trouve dans l'ouvrage de *Il famosissimo Nicolo Tartaglia*, imprimé à Venise en 1546, un tableau assez curieux d'une vingtaine de dosages différents. On y regarde le salpêtre plusieurs fois raffiné comme le meilleur, et les bois de saule, d'aune et de coudrier, comme ceux qui donnent le meilleur charbon. On y distingue soigneusement d'ailleurs trois espèces de poudre; l'une pour le canon, l'autre pour la bombarde, et la troisième pour l'arquebuse ou le mousquet.

Trituration.

La trituration devant opérer un mélange assez intime des trois matières qui composent la poudre, pour en former, sans altérer le dosage, un tout suffisamment homogène, nous allons examiner les procédés employés jusqu'à ce jour pour remplir ce but essentiel. Malgré quelques différences de détail dans la manipulation qui a pour objet d'opérer la compression et le mélange des trois matières, ces procédés peuvent se réduire à deux principaux : celui des moulins à pilons, et celui des tonneaux à gobilles, car le mélange opéré par fusion des trois matières, ne peut pas s'appeler une trituration : au reste, ce mode de fabrication de la poudre par fusion, le plus expéditif de tous, probablement le plus ancien ; et qu'on dit encore pratiqué par les Tartares, a été essayé en France dans les premières années de la révolution, et abandonné presque aussitôt en raison des grands dangers qu'il présente.

Moulins à pilons. Chaque moulin a deux batteries de dix pilons chacune ; ces pilons en bronze battent dans des mortiers en bois, et chaque mortier doit recevoir 10 kilogrammes de matière. Avant de soumettre les trois matières au mélange et à la compression, on pèse chacune d'elles dans les proportions données du dosage, ce qui s'appelle *former la composition*. On pèse d'abord très-exactement le salpêtre, et pour la poudre de guerre, la quantité nécessaire à la charge d'un mortier doit être de 7 kilogrammes 50 décagrammes ; cette pesée étant versée dans un boisseau, on pèse exactement 1 kilogramme 25 décagrammes de soufre, et on le verse sur le salpêtre dans le même boisseau. On procède ensuite séparément à la pesée du charbon par portion de 1 kilogramme 25 décagrammes, et chaque pesée est mise dans des boisseaux séparés, en nombre égal aux boisseaux déjà garnis de salpêtre et de soufre ; on a soin d'y mettre le salpêtre d'abord, parce que le soufre pourrait adhérer au fond du boisseau s'il y était mis le premier. On commence par vider dans chaque mortier chacun des boisseaux contenant le charbon, on l'y arrose ensuite d'un kilogramme d'eau par mortier ; on le retourne

bien, à deux reprises différentes, avec un bâton recourbé qu'on nomme *touilloir*, afin qu'il soit complètement humecté dans toutes ses parties; et le charbon arrosé ainsi de 80 pour 100 d'eau y est battu seul pendant 20 à 30 minutes, à raison de quarante coups par minute: on arrête les pilons, après ce temps, pour balayer avec soin le dessus des piles à mortier avec une brosse de crin appelée *balayette*, puis on ajoute dans les mortiers, par-dessus le charbon, le salpêtre et le soufre pulvérisés séparément d'avance. On mélange bien à la main les trois matières, pour les faire participer au premier arrosage, qu'on augmente alors, dans chaque mortier, d'un demi-kilogramme d'eau; ce qui fait en tout, sur la mise des 10 kilogrammes, 1 kilogramme 50 décagrammes, ou 15 pour 100 d'eau. On remue de nouveau les trois matières réunies; on en commence ensuite le battage, après avoir encore en soin de nettoyer le tour de chaque mortier avec la balayette, afin d'y faire rentrer les parties de matières qu'on aurait pu en faire sortir par ce mélange à la main, qu'on appelle *touillage*. Le battage alors doit être de cinquante-cinq à soixante coups par minute, en ayant soin, bien entendu, de ne pas passer brusquement de l'état de repos à ce mouvement de cinquante-cinq à soixante coups par minute. Après s'être assuré que le moulin marche bien régulièrement, on ferme les portes et volets du moulin, afin que la première volatilisation des matières qui ne sont point encore amalgamées soit moins considérable.

Un quart d'heure après on y rentre pour visiter la matière, reconnaître si elle tourne convenablement sous le pilon, s'il n'y a point de mortiers où le pilon bat à fond, ce qui peut arriver, ou parce que les trois matières réunies ont trop d'humidité, ou parce qu'elles n'en ont pas assez; on remédie à l'excès d'humidité en détachant, avec le bâton nommé *touilloir*, la matière adhérent au mortier, et la forçant à tourner; on remédie au défaut d'humidité qui chasse la matière hors du mortier, et qu'on appelle *souffler*, en arrêtant le pilon pour faire un petit arrosage et pétrir la matière à la main.

Après une demi-heure de battage, on procède aux *rechanges*, ainsi qu'il suit: La matière du premier mortier, par où commence le rechange, en est retirée,

et provisoirement déposée dans une espèce de caisse longue, qui se nomme *layette*, que l'ouvrier applique et appuie sur le devant de la pile. On met dans ce premier mortier vidé la matière du mortier suivant, à l'aide d'une petite curette de cuivre rouge qui porte le nom de *main*, et ainsi de suite jusqu'au dernier mortier, dans lequel se met la matière restée dans la layette. L'ouvrier doit avoir soin de rompre avec la main le culot du mortier qu'il vide, et de gratter les parois, afin d'enlever les particules de soufre qui peuvent y adhérer. Lorsque le rechange est achevé, on balaye le dessus des piles, en poussant la matière qui s'y trouve dans les mortiers, et celle qui a sauté sur le plancher au-devant des piles est aussi balayée pour être déposée dans un baquet. On continue ensuite le battage, toujours à raison de cinquante-cinq à soixante coups par minute.

Le deuxième rechange se fait une heure après le premier, et ainsi de suite, de manière à ce qu'après le dernier, la matière soit battue sans interruption pendant deux heures, pour lui faire prendre du corps et rétablir le mélange qui a pu être altéré par l'eau des arrosages devenus nécessaires dans le cours du battage, qui est maintenant de onze heures, qui pendant long-temps a été de quatorze heures, et qui était anciennement de vingt et une heures lorsque le salpêtre y était soumis en morceaux, le charbon en bâton, et le soufre dans un état de pulvérisation incomplète.

Une demi-heure avant chaque rechange, et conséquemment d'heure en heure, l'ouvrier s'assure de l'état de la matière et de l'uniformité du battage des pils. Assez ordinairement après le rechange du milieu, et après l'avant-dernier rechange, la matière a besoin d'être arrosée de nouveau, ce qui cependant varie suivant la température; c'est à l'ouvrier à juger, en la tâtant avec la main, de l'état où elle est, et de la quantité d'eau d'arrosage qu'il peut être utile d'ajouter. C'est alors immédiatement après le rechange que l'ouvrier, tenant une petite mesure d'étain contenant environ 25 décagrammes d'eau, la verse en tout ou en partie dans chaque mortier, suivant le besoin: on répartit aussitôt cet arrosage, en retournant la matière avec la main, et

pour ne pas perdre celle qui s'attache aux mains des ouvriers pendant le rechange et le touillage, on les leur fait laver dans un baril plein d'eau, et cette eau, contenant du salpêtre, est plus propre que l'eau pure aux arrosages.

Lorsque les pilons sont encroûtés de manière à les déformer, ce qui arrive tous les cinq à six jours, quand le moulin travaille continuellement, il devient indispensable de les décroûter. Cette opération, qu'on appelle *décroûissage*, se pratique ordinairement le samedi, dans les poudrières. On place, à l'aide de planches, sur les mortiers, de petits baquets contenant environ 3 à 4 kilogrammes d'eau, on y laisse tremper les pilons pendant tout le dimanche, et le lundi, en entrant au travail, on les lave, et on les essuie avec soin.

Lorsque le battage est terminé, on retire la matière des mortiers, en vidant celle de chacun d'eux dans la *layette*, et on la verse successivement dans des tines que l'on porte ensuite au grenoir. Cette trituration est celle prescrite en France pour la poudre de guerre; on voit qu'elle est susceptible de plusieurs modifications, tant pour la durée du battage que pour les arrosages et pour la manière de présenter ensemble ou séparément les matières sous les pilons; quelques unes de ces modifications ont lieu effectivement en différents pays: plusieurs expériences portent à croire d'ailleurs que huit heures de battage suffisent pour une bonne trituration, et qu'en diminuant la quantité de matière qu'on fait battre dans chaque mortier, on obtient un mélange plus intime, et par suite un grain plus homogène et plus dense.

Tonneaux à gobilles. Dans ces tonneaux, ordinairement en cuir, et qui tournent sur eux-mêmes, les matières, pulvérisées séparément, sont soumises, pendant trois heures seulement, à l'action des gobilles de cuivre; la rotation est de trente-cinq à quarante tours par minute, et l'eau employée pour les arrosages est de trente pour cent. Ce procédé, connu en France sous le nom de *procédé révolutionnaire*, a été modifié d'un si grand nombre de manières, non seulement pour le mode de pulvérisation préalable des matières, mais encore pour la disposition intérieure des tonneaux, la nature des gobilles,

la durée du battage et la quantité d'eau nécessaire aux arrosages, qu'il est nécessaire d'entrer dans quelques détails à cet égard. Pour la pulvérisation des matières, on a employé et le ventilateur et les meules verticales de fonte, circulairement mobiles sur une auge horizontale.

Ventilateur. Au moyen du ventilateur, chacune des matières préalablement pulvérisées, est réduite à une ténuité extrême; on les réunit ensuite, et on les arrose pour les pétrir pendant deux heures avec les pieds; cet arrosage, qui était d'abord de quarante pour cent, a varié, et on l'a réduit à douze pour cent; on obtient, au moyen du crible, après le pétrissage, des grains très fins et très humides qu'on appelle *noyaux*, et qu'on enferme dans une roue verticale qui tourne pendant quatre heures sur un axe horizontal, et dans laquelle on projette les matières pulvérisées qu'on arrose successivement et par injection, de dix pour cent d'eau, ce qui achève la trituration. Le grain se forme en même temps par superposition, et s'arrondit en roulant sur lui-même.

Nous observerons qu'une ténuité extrême des matières, aussi excessive que celle qu'on obtient par le ventilateur, n'est peut-être pas, comme on se l'imagine au premier abord, une circonstance toujours entièrement favorable à l'intimité du mélange. La force d'attraction des molécules homogènes entre elles devenant très considérable, en raison de leur excessive ténuité, peut s'opposer dans certains cas au mélange des molécules hétérogènes des trois matières; et cette observation, conforme à l'opinion de quelques chimistes distingués, acquiert une grande force, quand on remarque qu'une certaine quantité de salpêtre pulvérisé par le ventilateur, se prend, en moins de vingt-quatre heures, en une masse compacte qu'on est forcé de briser avec le marteau. La pulvérisation préalable dont on ne peut se dispenser, dans ce procédé, doit être poussée assez avant pour que les couches concentriques qui doivent recouvrir le noyau, soient le moins épaisses possible, et il y a même un terme où le poussier n'est plus susceptible, à cause de sa grosseur ou de son défaut de pulvérisation, de s'attacher au noyau.

Dans le granulateur, les matières presque seches étant entraînées par un mouvement continuel de rotation, il semble que les plus denses sont celles que leur pesanteur entraîne d'abord contre les parois de la roue, et qui, roulant avec les noyaux, s'y attachent les premières; en sorte que le grain se compose de couches concentriques superposées dont chacune est loin d'être formée d'un mélange homogène de soufre, salpêtre et charbon. On assure pourtant que dans le peu de temps que dure la formation du grain, le charbon ne peut se séparer des autres matières pour rendre plus charbonnense la couche extérieure du grain, et que la densité de toutes les couches est identique.

Il nous semble inutile d'entrer dans de plus grands détails sur la trituration, et de décrire ici les meules, les presses de toute espèce, le laminoir, et quelques accessoires obligés du procédé de trituration par les gobilles dans les tonneaux, pour donner plus de consistance et de densité à la matière triturée, ou pour en faciliter la granulation. Ces moyens plus ou moins ingénieux, à l'aide desquels on a essayé de compléter la trituration, prouvent suffisamment que l'on a toujours considéré la trituration par les gobilles comme moins parfaite sous le rapport de la densité de la matière, et de sa facilité de granulation, que celle opérée par les pilons. Les dangers de la trituration par les pilons sont d'ailleurs les mêmes que ceux de la trituration par les gobilles.

Nous compléterons ce que nous avons à dire de la trituration, par l'exposé du mode nouveau de fabrication de la poudre de chasse, en usage dans la plupart des poudrières anglaises, et qu'on a depuis quelques années essayé en France.

Mode nouveau de trituration.

Poudre de chasse. On dose dans les proportions voulues, le soufre en morceaux, le charbon également en morceaux, et l'on pulvérise ces deux matières mélangées, dans une tonne en tôle, à l'aide de gobilles de bronze. Quand la trituration est achevée, on retire le mélange de la tonne, on y ajoute la proportion de salpêtre voulue

par le dosage adopté, et l'on porte le tout dans des tonnes en cuir, où l'on en opère le mélange intime, à l'aide de gobilles de bronze : la matière bien mélangée est arrosée de quatre pour cent d'eau. Dans cet état on la porte sous les meules pour répartir uniformément l'humidité, et la poudre prend déjà sous les meules assez de consistance pour qu'on puisse la grener et en retirer des grains de poudre de chasse ordinaire. Le poussier qui en provient est immédiatement porté au laminoir, la galette produite est de nouveau grenée, et donne un nouveau produit de grains de poudre de chasse ordinaire. Les poussiers sont mêlés ensuite sous la meule, avec de nouvelles compositions.

La poudre, après son grenage, est mise au lissoir, séchée et empaquetée.

Pour la poudre superfine et royale, il n'y a de différence que dans le choix du charbon et dans les soins que l'on prend de répartir bien également les 4 pour cent d'eau d'arrosage.

Poudre de guerre et de mine. Après avoir pulvérisé les matières et mélangé comme pour la poudre de chasse, on porte la matière dans la tonne granulateur. Celle-ci est garnie à son axe d'un tube d'arrosage, au moyen duquel on humecte le noyau à 10 pour cent d'eau. Cet arrosage terminé, on y jette le poussier par petites parties, et le noyau humecté absorbe le poussier et se grossit. Cette opération dure environ 25 minutes, et fournit 50 kilogrammes de grain parfait. On sépare les grains de diverses grosseurs par des tamis, et le grain trop fin sert de noyau pour l'opération suivante.

Granulation, grenage de la poudre anguleuse de guerre; grenage de poudre de chasse, poudre impériale et poudre superfine; résultats de la granulation; comparaison des poudres ronde et anguleuse.

Grenage de la poudre anguleuse de guerre. L'atelier où se fait le grenage, et qu'on appelle *grenoir*, est garni dans son pourtour de grandes mayes d'une forme particulière. On ne saurait exiger trop de prudence et de précaution de la part des ouvriers, dans toutes les manipulations qui ont lieu au grenoir.

La matière, au sortir du moulin à pilons, se trouvant dans un état pâteux et humide, a besoin de s'essorer, pour prendre un peu de consistance, qui, facilitant la formation du grain, en produise une plus grande quantité; c'est ordinairement après un jour ou deux qu'elle devient bonne à grener. L'ouvrier la verse alors dans la maye, il met à côté de lui une pelle de bois, une petite palette à main, une balayette, et placé devant la maye, ayant la matière à sa droite, et devant lui une barre qui traverse la maye, il n'a plus besoin pour procéder au grenage, que des cribles qui s'appellent *guillaumes*, *grenoirs*, *égalisoirs*; et des tamis qui servent à séparer le grain du poussier.

Les diamètres des trous des différentes peaux de cochon ou de veau, pour le grenage, avaient été fixés, en 1811, ainsi qu'il suit :

guillaume.....	10 millimètres.
demi-guillaume.....	5
guillaume de fine, ou grenoir en mine.....	4
grenoir en guerre.....	25 dix millimètres.
grenoir en fin.....	10
grenoir en superfin.....	5

L'ouvrier, pour rompre la matière, se sert du guillaume, qu'il charge de manière à ne pas trop fatiguer la peau de ce crible; il tamise à la manière ordinaire pour faire passer toutes les parties menues de la matière qui ne sont point en morceaux plus gros que les trous; et pour forcer ces derniers à passer à leur tour, il met, par-dessus, un plateau de bois lenticulaire, qu'on nomme *tourteau*. Il fait tourner avec rapidité ce tourteau dans l'intérieur du crible, en lui imprimant un double mouvement de rotation et de translation, et il parvient ainsi à rompre la matière, et à la faire passer à travers le guillaume.

L'ouvrier charge ensuite le grenoir et y fait passer la matière à l'aide du tourteau; il obtient ainsi une partie de gros grains ayant le diamètre du grenoir, une autre

en grains plus fins, et le surplus en poussier; on les sépare avec une espèce de grenoir, nommé égalisoir, qui laisse passer le fin grain et le poussier, et qui retient le grain qu'on avait voulu obtenir.

Grenage de poudre de chasse, poudre impériale et poudre superfine. Les manipulations du grenage de la poudre de chasse ne diffèrent en rien de celles que nous venons de donner pour la poudre de guerre; on la lisse avant le séchage; la *poudre impériale* s'obtenait par des manipulations auxquelles on employait concurremment les moulins à pilons et les meules: les pilons battaient huit heures au moins; on grenait, et la matière ainsi préparée était triturée une heure par les meules, puis formée en galette, en deux heures par les meules, avec des repos marqués de cinquante secondes environ, et enfin grenée très fin, après un séjour de vingt-quatre heures au grenoir; on la lissait ensuite. La poudre de chasse superfine s'obtient en rebattant les poussiers; et nous allons entrer à cet égard dans quelques détails qui nous semblent, comme résultats d'expérience pratique, de nature à être pris en considération. Nous les emprunterons textuellement au traité de l'*Art de fabriquer la poudre à canon*, par Bottée et Riffault, ouvrage que nous citons toujours avec plaisir, parce qu'il est le seul, de tous ceux qui ont paru sur cette matière, qu'on puisse consulter avec fruit, et auquel on soit forcé de recourir quand on veut tenter un perfectionnement utile dans l'art du poudrier.

La composition, dosée en poudre de chasse, est battue pendant quatorze heures avec les rechanges et les arrosages que nous avons indiqués en parlant de la trituration, pour amener la matière au degré de consistance convenable.

Cette matière, lors même qu'elle a attendu au grenoir, est ordinairement molle, et donne une poudre inférieure; on la grène avec le grenoir en fin, et elle est mise à la poudre de chasse ordinaire.

Le poussier retiré de ce grain est rebattu pendant trois heures, avec arrosage de trois ou quatre pour cent d'eau, suivant la température, et rechange après la première heure.

La pâte qui résulte de ce battage est déjà plus consistante; elle donne un grain plus ferme qui est joint au suivant. Le grain se fait avec une perce plus fine que celle qui sert aux compositions, et on le met à part, pour faire une poudre de chasse de choix.

Le poussier retiré de cette seconde opération est rebattu comme le premier; le produit en est encore supérieur: il est mêlé avec le précédent.

Le troisième poussier est traité de la même manière, du moins ordinairement; car il est quelquefois assez avancé pour passer en superfine; alors il est traité comme les suivans.

Le poussier obtenu de cette quatrième opération est traité comme matière propre à donner de la poudre superfine. En conséquence, il est mis à la meilleure batterie, et battu pendant environ quatre heures, avec arrosage de quatre pour cent ordinairement, et de cinq pour cent dans les temps secs. On rechange au bout de la première et de la deuxième heure. On a soin que, par ce battage, l'excès d'humidité se soit évaporée, sans que la matière ait été amenée au point de souffler; cette circonstance lui ferait perdre toute sa consistance, et procurerait un grain léger, poreux et friable.

La matière provenant du battage du poussier est portée dans un endroit particulier du grenoir, et grenée en superfine.

Les cinquième, sixième, septième et huitième poussiers sont traités de la même manière, mais toujours séparément, et donnent, ainsi que le quatrième, de la poudre superfine.

Tous les produits de chaque battée de poussier de superfine, sont séchés à part, et restent séparés jusqu'à l'épreuve.

L'augmentation de qualité des poudres super fines paraissant toujours s'accroître en raison directe du nombre des battages, on s'est assuré que cet ordre renait après le huitième poussier, qui, quelquefois même, donne un résultat inférieur à ceux du quatrième poussier. Il paraît qu'alors il y a altération dans le dosage, et que les trois matières ne sont plus dans une juste proportion: aussi on a bien soin de ne pas faire plier un

seul baril de poudre superfine en cartouches sans qu'elle ait été éprouvée.

La poudre superfine est égalisée, et les égalisures ou gros grains, recherchés par les gardes-chasse et par quelques amateurs qui n'estiment pas le grain fin, sont rejetés à la poudre de chasse ordinaire.

Pour que le grain de la poudre superfine soit très égal, on retire le fin grain avec un sous-égalisoir ou tamis de quintin; on ne conserve de ce fin grain que celui qui se soutient à l'épreuve; il donne une poudre d'élite très forte et quelquefois préférée pour le pistolet.

Le surplus du fin grain et du poussier est rejeté à la poudre ordinaire de chasse.

Résultats de la granulation. La granulation ne doit altérer en aucune manière l'intimité de mélange produite par une bonne trituration; elle doit, au contraire, accroître la consistance et faciliter le séchage de la poudre: le grain, quelles que soient d'ailleurs ses dimensions et sa forme, doit être parfaitement homogène. Depuis l'invention de la poudre, le grain a varié de formes et de dimensions suivant l'usage auquel on le destinait et l'arme dans laquelle on devait l'employer; et chacun des peuples de l'Europe a successivement connu et fabriqué de la poudre anguleuse et de la poudre ronde de diverses grosseurs. Il est donc intéressant d'examiner d'abord, indépendamment des procédés de trituration et de granulation, et toutes choses égales d'ailleurs, quelle influence peut avoir sur la bonté de la poudre, dans l'état actuel de l'artillerie, la forme anguleuse ou sphérique de son grain.

Comparaison des poudres ronde et anguleuse. La forme sphérique, toujours dans l'hypothèse d'une densité égale et d'une homogénéité parfaite entre la matière des grains ronds et celle des grains anguleux, est plus avantageuse pour une longue conservation, car l'humidité a plus de prise sur les aspérités de la forme anguleuse, et les détruit dès-lors plus facilement; mais, d'un autre côté, ces mêmes aspérités servent merveilleusement à la vivacité de l'inflammation (1): en sorte

(1) On ne peut guère obtenir cette vivacité convenable

que cet avantage de la forme anguleuse compense et au-delà celui d'une plus longue conservation due à la forme sphérique, surtout quand on sait que des poudres anguleuses ont été conservées pendant plus d'un siècle, dans les magasins de l'Etat, sans altération sensible.

La forme sphérique du grain s'oppose à son tassement; on ne peut obtenir de gargousses suffisamment dures, et l'on connaît, surtout pour les obusiers, les inconvénients de gargousses molles, qui forment bourrelet, se déchirent en dehors de la chambre quand on refoule, et laissent tomber la poudre dans l'âme de la pièce, ce qui ralentit l'exécution de la bouche à feu, et rend le tir incertain en exposant d'ailleurs les canonniers aux plus graves accidens. Ce défaut de tassement occasionné par la forme sphérique du grain, et qui rend l'exécution de la bouche à feu plus lente et plus périlleuse, en admettant même qu'il n'occasionne pas plus de poussier, augmente singulièrement le volume des cartouches et celui des gargousses; ce qui rend le chargement des caissons plus difficile et le transport des munitions bien autrement dispendieux. La forme anguleuse, au contraire, facilite le tassement; les gargousses se font aussi dures qu'on le désire, les grains se pénètrent pour ainsi dire et forment une masse compacte peu susceptible de froissement, tandis que la poudre ronde éprouve un froissement continu des grains les uns contre les autres; et, quelle que soit la dureté de ces grains, ils finissent par se réduire presque entièrement en poussier.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une densité égale et d'une homogénéité parfaite entre la matière des grains ronds et celle des grains anguleux, la forme anguleuse semble préférable dans l'usage actuel de l'artillerie, et cette hypothèse peut s'appliquer à la poudre de Berne et à quelques poudres étrangères dont la trituration s'opère par les pilons, et la granulation au moyen de bobines, ce qui permet de leur donner une densité suf-

d'inflammation pour la poudre ronde qu'en y employant le charbon distillé.

fisante sans altérer ni le dosage ni l'intimité du mélange.

Mais si nous comparons actuellement la poudre ronde fabriquée par le procédé du ventilateur avec la poudre anguleuse ordinaire, nous remarquerons que le grain rond se formant par la rotation d'un noyau très humide dans un mélange presque sec des trois matières réduites à une ténuité extrême, se compose nécessairement de couches concentriques qui ne peuvent pas être homogènes entre elles, et dont la dernière est presque entièrement composée de charbon, qui est la moins dense des trois matières. Le grain dès-lors porte en lui-même, par son noyau, une cause de sa prompte altération par l'humidité. En effet, si l'on parvient à sécher entièrement ce grain, il reste poreux, puisque l'humidité extrême du noyau a dû, pour se dissiper, se faire jour à travers les couches presque sèches du grain : si au contraire le grain n'est pas entièrement sec, son humidité se répand dans les couches concentriques, et les détruit à la longue. Ainsi, dans l'un et l'autre cas, ce grain, par le vice du procédé qu'on emploie pour le produire, perd l'avantage de la sphéricité de la forme, et en accroît les inconvénients par sa trituration imparfaite et son peu de densité.

Quant à la poudre ronde produite par la tonne granulatrice, suivant le procédé que nous avons décrit (pages 116 et 117), en admettant que la densité de toutes les couches soit identique, et qu'il soit impossible, pendant le peu de temps que dure la formation du grain, que le charbon la sépare des autres matières pour rendre plus charbonneuse la couche extérieure; en admettant même qu'on puisse lui donner, avant le séchage, telle dureté qu'on désire, et que le séchage ne la détruise pas, cette poudre ronde rentre dans la classe des poudres rondes de Berne; et nous avons déjà dit que, dans cette hypothèse d'une dureté égale et d'une homogénéité parfaite entre la matière des grains ronds et celle des grains anguleux, la forme anguleuse nous semblait préférable dans l'usage actuel de l'artillerie.

La poudre anguleuse, grenée en pâte encore humide par les cribles, avec un tourteau, ne perd aucune

des qualités que sa bonne trituration lui a procurées ; elle est suffisamment dense et parfaitement homogène. On pourrait d'ailleurs, après le séchage, détruire par un léger lissage les angles saillans les plus minces, en en formant d'autres plus susceptibles de résistance, et lui ôter ainsi la friabilité qu'on lui reproche, sans cependant diminuer sensiblement la vivacité de son inflammation. Quant à la grosseur du grain, on ne saurait trop l'approprier à la forme et aux dimensions de l'arme dans laquelle on veut l'employer, en ayant d'ailleurs égard à l'immense avantage de renfermer le même poids de poudre sous le plus petit volume possible.

Lissage.

L'opération du lissage a pour but de rendre la poudre moins friable, plus facile à transporter et à préserver de l'humidité, en détruisant les angles les plus aigus des aspérités du grain, et lui donnant une espèce de lustre. Le grain lissé devient plus net, moins susceptible de salir les mains, et sa surface plus unie résiste mieux aux causes ordinaires de détérioration de la poudre, dans les transports et dans les magasins.

Avant de lisser les poudres de chasse, on les laisse *essorer*, au sortir du grenoir, en les étendant pendant environ une heure au soleil, sur les tables du séchoir. Cet essorage se fait sur les tables recouvertes de leurs draps seulement, pendant l'hiver, et entre deux draps pendant l'été; il a pour objet d'enlever à la poudre une portion de son humidité, qui l'empêchait de se lisser, et comme il donne toujours lieu à un peu de poussier, on époussette la poudre avant de lui donner le lissage.

Dans l'opération du lissage, la poudre tourne continuellement sur elle-même dans des tonnes qui tournent sur leurs axes; et pour augmenter le frottement, ces axes sont armés de barres transversales qui servent d'ailleurs à diviser la masse de poudre qu'on veut lisser.

La rotation des tonnes doit être lente pour bien opé-

rer le lissage ; un mouvement trop accéléré briserait le grain et occasionnerait du poussier en faisant tourner trop brusquement la poudre sur elle-même par secousse, tandis qu'il faut que la masse glisse continuellement sur le plan incliné des tonnes, et que le frottement s'opère sans cahots par la rencontre des barres et de l'axe qui divisent sans cesse la masse.

Le moteur varie, ainsi que la dimension des tonnes, suivant les localités ; la durée du lissage varie aussi de huit à douze heures, suivant la température de l'atmosphère ; et cette durée peut se réduire à une demi-heure, à l'aide de la chaleur d'un bain-marie dans lequel on baigne la tonne ou cylindre à lisser.

Séchage.

Le séchage des poudres peut s'opérer de deux manières, soit en plein air, à la chaleur du soleil, soit à l'aide du feu dans un bâtiment clos. Il existe, pour ce dernier mode, un grand nombre d'appareils que la nécessité de sécher la poudre en tout temps a fait inventer. Nous ferons observer à cet égard qu'un séchage trop prompt rend la poudre poreuse et friable ; et, sous ce rapport, les appareils à vapeur, qui font circuler entre les grains des courans d'air sec et chaud, semblent les plus avantageux et les moins sujets aux accidens ; mais le séchage à l'air, quand les localités le permettent, nous semble bien préférable à tout autre. Une température modérée est celle qui opère le mieux la dessiccation du grain ; il faut en conséquence avoir soin de ne pas étendre la poudre avant que le soleil soit suffisamment élevé sur l'horizon pour que la rosée et l'humidité soient entièrement dissipées, et il faut la retirer, par la même raison, une heure ou deux avant le coucher du soleil. La poudre sèche ainsi insensiblement en quatre ou cinq heures, par degrés et sans mouvement trop brusque dans les parties intérieures du grain, d'où l'eau s'échappe ; elle se trouve exposée à l'action de la chaleur du soleil, et cette chaleur, qui croît doucement et décroît de même, laisse le grain presque froid quand il est sec. Dans les pays chauds, où l'on peut sécher plus rapide-

ment la poudre, il faut la laisser refroidir à l'ombre. Il est essentiel que la couche de la poudre à sécher n'excede pas deux à trois millimètres d'épaisseur, afin que l'humidité de la partie inférieure de cette couche puisse la pénétrer plus facilement et ne pas nuire à l'état du grain de la partie supérieure. Il faut ordinairement quatre à cinq heures, quelquefois six et jusqu'à dix heures, suivant le pays et la saison, pour un bon séchage. L'on renouvelle d'heure en heure la surface de la poudre, en promenant dessus des rabots, mais fort légèrement, pour ne pas écraser le grain, et, quand la poudre est à moitié sèche, on la retourne et on l'étend de nouveau avec les rabots. On a remarqué que le grain séché à l'air était moins sujet que le grain séché artificiellement à se prendre en masse dans les barils où l'on conserve la poudre.

Explosion.

Les phénomènes que présente l'explosion de la poudre sont, 1°. un dégagement prodigieux de chaleur et de lumière; 2°. un développement presque instantané des gaz nitreux, azote, acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène carboné, hydrogène sulfuré; 3°. un résidu de sulfure, de sulfite, et même parfois de sulfate de potasse. Les expériences nombreuses, faites avec le plus grand soin dans ces derniers temps, par plusieurs chimistes distingués, ne laissent aucun doute à cet égard, et s'il existe entre elles une légère variation, c'est seulement dans la proportion des différens gaz que l'explosion de la poudre développe avec tant de force et de rapidité. La théorie de la combustion, fondée sur les recherches de sir H. Davy, vient à l'appui du résultat commun de ces expériences; elle explique naturellement le phénomène de l'explosion de la poudre, qui ne pouvait se concilier avec l'hypothèse de Lavoisier sur la combustion. L'étincelle détermine la combustion; la chaleur et la lumière produites dépendent, ainsi que nous l'avons vu en traitant de la combustion, de l'intensité et de la violence du mouvement communiqué aux particules des corps par les réactions chimiques; ici l'énergie et la rapidité avec lesquelles l'action réci-

propre s'exerce, sont extrêmes; le nitrate de potasse est décomposé; l'oxigène de l'acide nitrique se combine avec le carbone, et forme les gaz acide carbonique et oxide de carbone; l'azote est mis en liberté; l'hydrogène sulfuré et l'hydrogène carboné sont dus à la présence de l'hydrogène contenu dans le charbon. La formation du gaz nitreux semble accidentelle, ainsi que le développement d'un peu de vapeur aqueuse, qui d'ailleurs est si peu considérable, qu'il est permis de ne pas en tenir compte; quant au résidu, il provient de la combinaison de la potasse avec le soufre, accidentée d'abord par la présence de l'air renfermé en petite quantité entre les grains de la poudre, et ensuite par la présence de l'air atmosphérique.

On a observé que les variations de l'atmosphère avaient une certaine influence sur l'explosion de la poudre, et que les temps les plus favorables aux phénomènes de l'électricité l'étaient également à la vivacité de l'inflammation de la poudre, et en général à l'énergie de son explosion.

En traitant du dosage, nous avons exposé les motifs qui nous semblent exiger que l'on renonce à la plus grande force possible d'expansion de la poudre, et surtout à son instantanéité d'inflammation; nous devons répéter ici que cette nécessité semble impérieuse, dans l'état actuel de l'artillerie, et nous terminerons l'analyse des phénomènes de l'explosion par cette vérité consacrée de tout temps par l'expérience, que les effets de la poudre varient suivant la nature des armes dans lesquelles on l'emploie; en sorte que dans les armes à âme très courte, ils sont essentiellement différens de ceux produits par la même poudre dans les armes à âme très longue; et dans l'examen que nous allons faire des éprouvettes, nous aurons plus d'une fois occasion de recourir à cette remarque importante, pour expliquer de prétendues anomalies qui ne tiennent qu'au vice d'épreuve de la poudre dans une éprouvette d'une nature entièrement différente de celle de l'arme dans laquelle on l'emploie réellement, et qui presque toujours ont fait échouer les expériences tentées pour s'assurer de l'effet balistique de la poudre à canon.

Éprouvettes.

Du moment où l'usage de la poudre est devenu général, il semble qu'on ait dû chercher les moyens de comparer différentes poudres entre elles, afin de reconnaître d'une manière certaine, et de choisir avec connaissance de cause, la poudre la meilleure à l'emploi auquel on la destinait. On ne trouve cependant, dans les premiers auteurs qui ont écrit sur la poudre, rien qui puisse faire supposer qu'on s'occupât alors de mesurer sa force expansive avant de l'employer, et pourtant on savait déjà qu'en variant les proportions de soufre, salpêtre et charbon, qui par leur mélange forment la poudre, on obtenait des variations sensibles dans les résultats de son explosion. Il est très probable que dans ces premiers temps les effets de la poudre, même la plus faible, surpassèrent tellement le but qu'on se proposait, et parurent si prodigieux, qu'on ne chercha point à les mesurer avec exactitude. La chimie d'ailleurs, à qui l'on pent à peine donner le nom de science à cette époque, était si peu avancée qu'il n'est pas présumable que des recherches sur les phénomènes de l'explosion de la poudre et sur les moyens d'en mesurer les effets, eussent présenté quelque résultat avantageux. Les premiers écrits raisonnables que nous ayons sur la poudre n'ont paru qu'au commencement du dix-huitième siècle; et leurs auteurs, MM. de Vallière, Bélidor, de Morogues, etc., n'entrent point dans les détails chimiques de l'analyse de la poudre et des phénomènes de son explosion; plus récemment Robins, et Antony qui semble souvent le copier, montrent la même ignorance des principes chimiques les plus simples, et de là les graves erreurs qu'on leur reproche, et que M. le comte de la Martillière a pris à tâche de relever dans ses Recherches sur les meilleurs effets à obtenir de l'artillerie: ce qui ne l'a pas empêché d'en commettre de nouvelles presque aussi fortes. Quoi qu'il en soit, il est constant que l'usage des éprouvettes ne date que du milieu du dix-septième siècle, et que Louis XIV, en France, fut le premier souverain qui ordonna que les poudres seraient

épreuve avant d'être employées au service des armées de terre et de mer, et qui déterminèrent leur mode d'épreuve.

Dans l'examen que nous allons entreprendre des éprouvettes en usage jusqu'à ce jour, nous nous attacherons moins aux détails de la construction, de chacune d'elles, qu'au système sur lequel repose cette construction et aux vices qui en résultent.

Éprouvette-pistolet. Un pistolet dont on remplace le canon par un petit mortier fermé par un obturateur qui tient à une roue dentée, dont les dents sont engrenées par la grande branche d'un ressort bandé et fixé sur le bois, compose cette éprouvette, que l'on modifie de plusieurs manières. La poudre dont on remplit la chambre, chasse, par son explosion, l'obturateur qui fait mouvoir la roue dentée gênée dans son mouvement par le ressort que doit soulever chacune des dents, et qui retient ensuite la roue dans la position nouvelle que vient de lui donner l'explosion; on évalue la force de la poudre par le nombre de dents qui se trouvent en dedans du ressort.

Le vice le plus grand de cette machine, destinée à éprouver la poudre de chasse, c'est que sa chambre, extrêmement courte et d'une capacité invariable et très faible, n'a pas le moindre rapport avec les canons ordinaires de fusil; en sorte que l'explosion, dans cette chambre qui a de 2 à 3 centimètres de longueur, sur 8 à 12 millimètres de diamètre à la bouche, n'y est nullement comparable à celle de la même poudre dans un fusil dont le canon a de 8 à 12 décimètres de longueur, sur 1 à 2 centimètres de diamètre à la bouche.

L'effet de l'explosion est mesuré par l'élasticité du ressort, seul obstacle au mouvement de la roue dentée à laquelle tient l'obturateur, qui pèse sur la bouche de la chambre et qui la ferme plus ou moins hermétiquement, suivant que l'ajustage est plus ou moins bien fait, et que l'éprouvette a plus ou moins servi; cette élasticité ne laisse pas que d'être sensiblement altérée par les gaz résultant de l'explosion.

La chambre, dont la capacité est invariable, contient une quantité de poudre d'autant plus considérable (en poids), que le grain en est plus dense et plus fin. Ainsi,

n'opérant presque jamais sur les mêmes quantités en poids, les résultats de l'explosion, dans cette machine, ne peuvent donner aucun terme exact de comparaison entre les poudres qu'on y essaie. Si, au lieu de remplir la chambre, on y versait un poids déterminé de poudre, il y aurait encore, toujours suivant le plus ou le moins de densité et de finesse du grain, un volume d'air plus ou moins considérable contenu dans la chambre, et dont l'influence sur les effets de l'explosion ne permettrait pas davantage de trouver un terme exact de comparaison entre les effets réels de l'explosion des poudres éprouvées; enfin, la même quantité en poids d'une même poudre peut se tasser d'une manière différente, chaque fois qu'on la verse dans la chambre de l'éprouvette, quelque soin que l'on apporte à l'y verser de la même manière. L'amorce, composée d'une quantité de poudre variable, et toujours assez considérable en comparaison de celle contenue dans la chambre, peut encore influer sur les effets de l'explosion. Enfin, le ressort tenu presque constamment au bandé, ne pouvant s'arrêter que dans les crans de la rone, on ne peut apprécier le mouvement de rotation qu'à la distance près d'un cran à l'autre.

Ces machines ne sont point comparables entre elles, à cause de la différence des frottemens, de la variation d'élasticité des ressorts et de celle des dimensions des dents de la rone, qui servent seules à les graduer. C'est à ces défauts bien réels qu'il faut attribuer et les prétendues anomalies si fréquentes dans les épreuves de la même poudre avec la même éprouvette, dans les mêmes circonstances, et les contradictions plus nombreuses encore entre les portées de différentes poudres dans la même éprouvette, et leurs portées réelles dans les armes à feu dans lesquelles on s'en sert ensuite.

Éprouvette-peson de Régnier. L'une des branches d'un ressort à peson ordinaire porte à son extrémité, d'un côté, un arc de division, et de l'autre, un petit mortier: à l'extrémité de la seconde branche est fixé un arc de cercle concentrique avec le premier, et qui se termine en obturateur fermant la chambre du mortier quand le ressort est au repos. Le mortier et l'obturateur sont dis-

posés de manière que l'explosion comprime la branche qui porte l'obturateur, et la rapproche de l'autre. Les degrés de compression de cette branche sont indiqués sur l'arc de cercle au moyen d'un petit curseur en cuir que la branche comprimée entraîne avec elle. L'éprouvette se tient à la main par un cordon passé dans le conde du ressort, et l'on communique le feu à la poudre d'épreuve dont on a dû remplir la chambre, avec une amorce contenue dans un très petit bassinet qui fait corps avec le mortier.

On a sagement évité dans cette machine, les crans, le bandé continuel du ressort et la grandeur du bassinet que nous venons de reprocher à l'éprouvette-pistolet. On a même essayé de rendre ces nouvelles éprouvettes comparables entre elles en leur donnant des dimensions fixes dans toutes leurs parties, et surtout en graduant l'arc de division au moyen de poids suspendus successivement à l'œil de l'obturateur; mais la variation des ressorts a rendu promptement ces soins inutiles, et ce vice, joint à celui de la capacité invariable et très faible d'une chambre à âme extrêmement courte, ne permettront jamais d'avoir le moindre terme de comparaison entre les effets réels des poudres qu'on éprouvera dans ces machines.

Éprouvette à crémaillère. Un poids qui sert d'obturateur à une petite chambre dans laquelle on a mis la poudre d'épreuve, est chassé de bas en haut par l'explosion, et maintenu dans une ascension verticale par une tige métallique à double crémaillère, qui passe dans une traverse soutenue par deux poteaux montans. Deux ressorts fixés à cette traverse entrent dans les crans de chacune des crémaillères, et empêchent ainsi le poids de retomber. On estime la force de la poudre par le nombre de crans qui ont franchi les ressorts. La capacité fixe et très faible d'une chambre à âme très courte, les frottemens, les variations des ressorts, les ressants des crans et la distance entre les dents, qui ne permettent d'apprécier le mouvement d'ascension du poids qu'à la distance près d'une dent à l'autre, rendent cette éprouvette, connue sous le nom d'*éprouvette autri-*

chienne, peut-être plus imparfaite encore que les précédentes.

Diverses éprouvettes à âme courte. Sans entrer dans la nomenclature de différentes éprouvettes qui se rapprochent plus ou moins des précédentes, et qui, fondées toutes sur le même système de construction, ont toutes les mêmes défauts, nous citerons celle qui se compose de deux baguettes en fer assemblées dans leur milieu par un rivet en forme de tenailles. L'une des baguettes porte à son extrémité une petite chambre à âme courte, et l'autre un obturateur. L'explosion fait écarter les deux baguettes, et l'écartement est mesuré par des divisions tracées sur un arc de cercle.

Éprouvette-pendule du chevalier Darcy. Cette éprouvette se distingue des autres par un système de construction particulier et fort ingénieux : c'est un pendule de très forte dimension, dont l'extrémité inférieure porte un canon de fusil qu'on charge de la poudre d'épreuve. Les couteaux, semblables à ceux des leviers d'une balance, reposent sur des coussinets en acier, fixés aux traverses d'un assemblage en charpente, dont elles couvrent les montans. L'oscillation du pendule, indiquant le recul qu'a produit l'explosion, est marquée par un index qui glisse dans les rainures d'un arc de cercle gradué et encastré dans un madrier fixé au montant de droite. Une aiguille qui tient au pendule fait mouvoir cet index, contre lequel elle fait ressort au moyen d'une spirale en fil de fer.

Cet instrument, qui n'a plus le défaut d'être à âme courte et d'une capacité constante, puisqu'on peut à volonté changer le canon d'épreuve, conserve encore les inconvénients du frottement des couteaux et de l'index, et aussi ceux de la variation d'oscillation causée par l'état de l'atmosphère au moment de l'explosion, et demande de grandes précautions pour assurer l'horizontalité parfaite du canon d'épreuve. D'ailleurs, la force de la poudre n'y est mesurée que par les effets du recul de l'arme dans laquelle se fait l'explosion, et les reculs avec la même poudre varient non seulement suivant la longueur et le calibre de l'arme dans laquelle on l'em-

ploié, mais encore suivant le degré d'inclinaison de l'arme pendant la durée de l'explosion; et de plus, en supposant même les reculs proportionnels entre eux, il n'est rien moins que prouvé qu'ils soient exactement proportionnels aux portées, et qu'ils puissent servir à mesurer ces dernières. Aussi cette éprouvette, très peu portable et d'une construction difficile, présente-t-elle de fréquentes anomalies, et l'on ne doit pas compter sur l'exactitude des termes de comparaison qu'elle donne entre différentes poudres qu'on y a essayées.

On a cherché à remédier à ces inconvénients, en faisant frapper la balle chassée par l'explosion sur un second pendule qui sert ainsi à mesurer directement la portée; en diminuant le frottement du curseur et en assurant, autant que possible, l'horizontalité du canon; mais on n'a pu réussir à faire disparaître entièrement ces défauts inhérens à la nature même de la machine.

Éprouvettes hydrostatiques. Nous venons de voir qu'on avait essayé, dans l'éprouvette-pendule, de mesurer la force d'expansion de la poudre par le recul de l'arme dans laquelle l'explosion avait lieu: les éprouvettes hydrostatiques connues jusqu'à ce jour, sont également fondées sur cette hypothèse que les reculs sont proportionnels aux portées, et l'expérience rend actuellement cette hypothèse inadmissible.

Un plongeur qui porte la poudre à son extrémité supérieure mesure le recul par son immersion dans l'eau; la résistance du liquide dépend encore ici de l'état de l'atmosphère, et ces éprouvettes, qu'on ne peut graduer qu'avec les plus grandes difficultés, ne sont nullement comparables entre elles, malgré le soin qu'on a de ne se servir que d'eau distillée; d'ailleurs l'inflammation plus ou moins lente de la poudre diminue plus ou moins vite le lest du plongeur, ce qui peut influer sur les degrés de son immersion; et la chambre que porte le plongeur étant à âme courte, ou bien la poudre étant placée en tas et à nu sur le plateau, les effets de son explosion dans l'un et l'autre de ces cas n'en sont pas davantage comparables à ceux de son explosion dans les armes à feu où l'on s'en sert habituellement.

Éprouvette-mortier. Ce mortier, destiné à l'épreuve des

poudres de guerre, est fondu d'une seule pièce, avec la semelle sur laquelle il se trouve pointé à 45° quand la semelle est horizontale. Toutes ses dimensions, et aussi celles du globe d'épreuve, sont fixées avec le plus grand soin par un règlement spécial qui donne la description et les calibres des instrumens vérificateurs destinés à constater l'altération que l'éprouvette et son globe peuvent avoir subie par un fréquent usage. Enfin on n'a négligé aucune des précautions qui semblaient devoir rendre ces éprouvettes comparables entre elles. Malheureusement on retrouve dans ces éprouvettes les inconvénients d'une âme très courte et d'une chambre dont la capacité est constante, inconvénients qui ne permettront jamais, ainsi que nous l'avons vu déjà, de pouvoir obtenir un terme exact de comparaison entre les effets réels de l'explosion des poudres éprouvées. Aussi a-t-on remarqué fréquemment que les poudres peu denses et très inflammables qui, à l'éprouvette-mortier, avaient donné de très fortes portées, n'en ont donné que de très faibles dans les armes à feu à âme longue, et même que les portées, avec la même éprouvette, avaient sensiblement diminué en très peu de temps. On a proposé, pour remédier à ces défauts, quelques moyens plus ou moins ingénieux; on a même construit, pour éviter les anomalies qu'on attribuait au vent du globe d'épreuve, une éprouvette dans laquelle ce globe ne faisait plus que poser sur la chambre, au moyen d'un rebord qui l'y maintenait, et que pour cette raison on appelait éprouvette-bilboquet; mais on n'est jamais parvenu à faire disparaître ces inconvénients, parce qu'ils tiennent à la nature même de cette éprouvette, qui, comme toutes les bouches à feu à âme courte, n'aura jamais rien de commun avec les bouches à feu à âme longue, en usage dans l'artillerie, puisque le *maximum* de portée dans les premières s'obtient avec une poudre peu dense et très inflammable qui donne un *minimum* de portée dans ces dernières.

Lorsque la poudre est assez forte et assez vive pour que sa réaction sur les parois d'une bouche à feu à âme longue, en opère promptement la détérioration, cette poudre donne de brillantes portées à l'éprouvette; l'effet destructeur de sa réaction est d'autant moins sensible sur une

bouche à feu, que cette bouche à feu est à âme plus courte, et parmi les bouches à feu à âme également courte, celles qui sont à chambre cylindrique, éprouvent alors le plus de dégradations et le moins d'augmentation de portée.

Ainsi l'on peut dire, en général, que c'est en regardant comme positif et infaillible l'essai des poudres dans une machine éprouvette plus ou moins fautive et variable, qu'on a sans cesse été induit en erreur sur la nature et les effets de la poudre à canon.

Meilleur mode d'épreuve de la poudre; analyse du dosage; examen du grain; épreuve de densité.

Nous venons de voir que les machines destinées à éprouver la poudre sont loin de remplir ce but d'une manière satisfaisante, et que le vice radical de toutes tient à la nature même de leur construction, qui n'a pas la moindre analogie avec les armes où l'on fait usage de la poudre. Cependant toutes les nations de l'Europe ont jusqu'à présent éprouvé leurs poudres avec ces machines; en France, en Espagne et en Angleterre, on se sert de l'éprouvette-mortier; en Autriche de l'éprouvette à crémaillère; en Russie, en Danemarck, en Prusse et en Hollande, de l'éprouvette-bilboquet verticale, et l'on juge à l'œil l'élévation du projectile qui glisse contre un poteau vertical. Aussi a-t-on partout une foule d'anomalies que l'on se garde bien d'attribuer au vice du système sur lequel repose la construction des machines; on cherche à leur donner au contraire des explications plus ou moins ingénieuses, mais toujours forcées, et dès-lors peu satisfaisantes; d'ailleurs, il est juste de dire que partout on corrige, par des épreuves préliminaires sur le dosage et sur la dureté du grain, ce que ces épreuves, dans des machines essentiellement vicieuses, auraient de trop défectueux. Mais il semble que partout on ait voulu s'écarter à grands frais du mode d'épreuve le plus simple et le plus naturel, celui d'essayer la poudre dans l'arme même où l'on doit en faire un usage habituel.

La première opération qui se présente quand on veut essayer une poudre, est l'analyse de ses parties constituantes. On examine ensuite si le grain bien sec et bien

dur est de la grosseur voulue pour l'arme à laquelle on le destine, puis enfin on s'assure de la densité réelle de la poudre; car, ainsi que nous l'avons déjà dit, la densité étant la marque la plus certaine d'une bonne trituration, le dosage et la densité suffisent pour déterminer d'une manière précise la qualité de la poudre, sans avoir besoin de recourir à des épreuves de portées dans différentes bouches à feu, toujours très dispendieuses, et sur lesquelles la fabrication de ces bouches à feu, la manière de charger, l'état de l'atmosphère et mille autres causes accidentelles ont une influence plus ou moins sensible. C'est à raison des causes innombrables de variation qui tiennent au phénomène de l'explosion de la poudre, que ses effets même sont si difficiles à constater par les expériences les plus consciencieuses, et qu'ils ne nous semblent pas de nature à pouvoir être soumis utilement, dans l'usage de l'artillerie, à l'analyse mathématique.

Les opérations nécessaires et suffisantes pour le meilleur mode d'épreuve de la poudre sont donc :

Analyse du dosage;
Examen du grain;
Epreuve de densité :

et si l'on persiste à vouloir connaître, par une épreuve de portée, l'effet balistique dont une poudre est capable, il ne peut y avoir aucune autre machine d'épreuve que l'arme même où cet effet a lieu; il faut donc, pour un essai comparatif de tir avec la poudre de guerre, l'employer dans toutes les armes à feu dont on se sert à la guerre, et encore faudra-t-il alors faire abstraction des variations inévitables, que l'état de l'atmosphère, la confection des munitions, la manière de charger, un défaut inaperçu de fabrication dans l'arme, etc., etc., y apporteront continuellement.

Avec le mode d'épreuve que nous proposons, on sera sûr au contraire de la qualité de la poudre, et l'on pourra dès-lors prévoir, avec autant de certitude que possible, et toujours *à priori*, ses effets balistiques dans toute espèce d'arme à feu.

Analyse du dosage. Parmi les analyses proposées et essayées à diverses époques, celle à laquelle on s'était

le plus généralement arrêté consiste à retirer de la poudre préalablement séchée et pulvérisée, d'abord le nitrate de potasse, au moyen de plusieurs lessivages à l'eau chaude; ensuite le charbon de son mélange avec le soufre, au moyen de la potasse; on concluait ainsi le poids du soufre de ceux obtenus du nitrate de potasse et de charbon.

Nous allons donner avec d'autant plus de soin les détails de cette analyse, qu'ils pourront guider l'artificier dans les manipulations délicates de ce genre, dont il est nécessaire qu'il ait une très grande habitude.

On prend un échantillon de la poudre qu'on veut analyser, après l'avoir fait chauffer très doucement, pour qu'elle soit bien sèche. Il peut suffire d'opérer sur 10 grammes de cette poudre, pesés exactement à des balances très justes et très sensibles. On pulvérise avec soin cette quantité dans un mortier bien propre, de verre, de porcelaine ou de silex, avec un pilon de même matière. Lorsque le grain de la poudre est complètement rédnit en poussier, on le met dans une fiole, qu'on remplit aux trois quarts environ d'eau distillée, et on fait bouillir pendant quelque temps ce mélange; on le verse ensuite sur un filtre de papier joseph, qu'on a eu soin de bien sécher au feu et de peser exactement. La première mise d'eau étant filtrée, on en fait passer successivement de nouvelle, jusqu'à ce qu'en recevant sur la langue les dernières gouttes de liqueur sortant de l'entonnoir, on soit bien assuré qu'elle n'a plus aucune espèce de saveur, et que c'est bien alors l'eau distillée telle qu'on l'emploie. On lave tout le tour supérieur du filtre, en dedans et en dehors, et le filtre en entier, en y versant de nouvelle eau jusqu'aux bords de l'entonnoir. On fait sécher au feu une capsule de verre ou de porcelaine bien nette, et on la pèse avant qu'elle soit totalement refroidie. On réunit dans cette capsule la liqueur du lavage, et on la met à évaporer. Lorsque cette opération est avancée, il faut ne pas la quitter. On a soin, en se servant à cet effet d'un tube ou d'une petite spatule de verre, de ramener à mesure, dans la liqueur qui reste, le salpêtre mis à nu sur les parois de la capsule. Enfin, lorsque le salpêtre commence à se former, on remue continuellement, de manière qu'il

viennent à l'état de siccité complète, sans adhérer au vase ni à l'instrument avec lequel on le tourne. On retire alors la capsule du feu, et, avant qu'elle se refroidisse tout-à-fait, on la pèse avec le salpêtre qu'elle contient. On retranche ensuite de ce poids total celui déjà connu de la capsule, et on a le poids net du sel sans aucune perte, si rien n'a été négligé de l'attention minutieuse qu'exige la conduite de cette évaporation.

Le résidu de soufre et de charbon, resté sur le filtre après l'extraction du salpêtre, est séché avec précaution à un feu très doux, en tournant continuellement le filtre, afin qu'il ne soit pas trop promptement saisi par la chaleur dans aucune de ses parties, et pour prévenir un commencement de sublimation du soufre. On le pèse alors encore chaud, si l'on veut chercher dans ce poids du résidu, dont il faut soustraire celui du filtre, une concordance avec le poids du salpêtre déjà trouvé, quoique l'opération n'en dût pas moins être suivie, si ce rapport ne se rencontrait pas rigoureusement. On enlève avec beaucoup de soin, à l'aide d'un petit couteau d'ivoire ou d'ébène bien aminci, même avec un couteau ordinaire bien nettoyé, le résidu de dessus le filtre, et on l'introduit dans une fiole. On a préparé une dissolution de 15 grammes de potasse caustique à l'alcool, ou même à la chaux; mais après l'avoir filtrée dans une quantité d'eau distillée suffisante pour que cette distillation ne marque que cinq degrés au plus à l'aréomètre de Beaumé, on sept environ à celui pour le nitre, on partage cette dissolution en deux ou trois portions à peu près égales; on met la première dans la fiole avec le résidu, et on fait bouillir pendant quelque temps; on verse alors le tout sur un filtre de papier joseph, préalablement séché au feu et pesé. Il passe une liqueur d'un jaune clair très intense. On fait ensuite bouillir seule la seconde, et même la troisième dissolution de potasse, si on l'a divisée ainsi, et on les verse l'une après l'autre sur le résidu resté sur le filtre: la liqueur n'est plus aussi colorée; et souvent, dès le second lavage, elle passe telle qu'elle y a été mise. Alors on lave avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que des gouttes de la liqueur, sortant de l'entonnoir, mises sur la langue, ne manifestent plus aucune saveur. On lave

encore avec de l'eau distillée tout le tour supérieur du filtre en dedans et en dehors, et le filtre entier, en y versant de l'eau jusqu'aux bords de l'entonnoir. On l'en sort lorsqu'il est bien égoutté, pour le mettre tout plié sur du papier brouillard, en l'y retournant de temps en temps; puis, quand il est ainsi bien essuyé, on l'étend sur ce papier jusqu'à ce que le résidu soit bien sec. On présente ensuite le filtre à un feu doux, en l'y tournant continuellement et jusqu'à ce qu'on reconnaisse que la dessiccation est complète. On pèse le filtre avec le résidu encore chaud; et, en retranchant du poids total celui connu du filtre, on a le poids net du charbon: on en déduit celui du soufre, et en y ajoutant le poids obtenu du salpêtre, si l'on retrouve le poids total de l'échantillon analysé, on en conclut sans erreur la proportion dans laquelle les trois matières s'y trouvaient.

Il est bien rare, lorsqu'on fait cette analyse pour la première fois, qu'on manipule avec assez de dextérité pour n'avoir aucun mécompte; mais peu à peu on s'habitue aux manipulations, et l'on opère alors sans erreur sensible; je dis sans erreur sensible, parce que dans toute analyse il y a une perte infiniment petite, qui n'a pas d'influence réelle sur le résultat, perte que le manipulateur le plus habile ne peut toujours éviter, et qu'il ne doit jamais chercher à se dissimuler.

Très récemment on a publié, dans les *Annales de Chimie*, tome xvi, page 434, un procédé d'analyse (extrait des archives du comité consultatif de la direction des poudres et salpêtres) qui consiste à évaluer directement le soufre. On ajoute à 5 grammes de poudre séchée et pulvérisée avec un poids égal de sous-carbonate de potasse pure, 5 grammes de nitre et 20 grammes de chlorure de sodium. En exposant ce mélange intime dans une capsule de platine, sur des charbons ardents, la combustion du soufre s'opère tranquillement; quand la masse est refroidie, on la dissout dans l'eau, on sature la dissolution avec de l'acide nitrique ou hydro-chlorique, et on précipite l'acide sulfurique qu'elle contient par le chlorure de barium. On conclut la quantité d'acide sulfurique, et conséquemment celle du soufre, soit par le sulfate de barite produit, soit par le poids de chlorure de barium employé.

C'est en analysant la poudre par ces deux méthodes, et en contrôlant l'un par l'autre les résultats obtenus, qu'on peut s'assurer de la nature du dosage. Nous ferons observer d'ailleurs que pour bien connaître la proportion du salpêtre contenu dans une poudre qu'on analyse, il faut toujours la chercher par l'évaporation à siccité de la dissolution, au moyen de laquelle ce sel a été séparé du soufre et du charbon. Il peut être fautif de se borner à conclure la quantité de salpêtre d'après le poids des deux autres matières.

Il est d'autant plus essentiel de s'assurer, par une analyse faite avec le plus grand soin, de la nature du dosage, qu'il est facile de donner une supériorité très apparente à de la poudre à tirer ordinaire, par une faible addition d'une des matières fulminantes que nous avons décrites dans la première partie de cet ouvrage; au reste, le chlorate de potasse ne peut guère se mêler, sans un péril imminent, qu'à de faibles échantillons de poudre de chasse; et de tous les fulminates connus jusqu'à ce jour, le mercure de Howard est le seul qu'on puisse ajouter sans danger et en assez grande dose, en fabrication courante, aux poudres du commerce. C'est donc de cette addition de mercure de Howard que nous nous occuperons spécialement, et avec d'autant plus de raison qu'elle se masque facilement et qu'elle échappe d'elle-même aux analyses habituelles. En effet, le mercure de Howard n'est pas soluble dans l'eau bouillante, et il n'est décelé ni par le sous-carbonate de potasse, ni par une dissolution concentrée et bouillante de potasse caustique. Soit donc qu'on analyse la poudre qui le contient en la traitant par l'eau bouillante, pour opérer la dissolution du nitre et séparer plus tard le soufre du charbon par la potasse, ce qui permet d'évaluer le nitre et le charbon en négligeant le soufre; soit qu'on fasse l'analyse par la combustion du soufre, au moyen d'une addition de sous-carbonate de potasse et de nitre, ce qui donne le soufre en négligeant le charbon et évaluant séparément le nitre, il est bien évident que dans ces deux cas le mercure de Howard reste impunément avec le charbon; et si, dans le premier cas, il ajoute sans se déceler son poids à celui du charbon, dans le second il se trouve si complètement négligé qu'il est impossible même de le soupçonner.

Il est un moyen assez simple de forcer le mercure de Howard à se déceler quand il existe dans de la poudre de chasse, c'est d'enflammer successivement plusieurs tas de cette poudre sur une plaque de cuivre bien découpée, comparativement avec des tas semblables d'un mélange de soufre, salpêtre et charbon, dosé comme pour en faire de la poudre; ce mélange rougira, verdira, noircira la plaque, tandis que la poudre qui contiendra du mercure de Howard la parsemera en outre de taches blanchâtres qui la piqueront de points brillans d'un éclat métallique toujours très visibles à la loupe et souvent même à l'œil nu. Au reste, pour peu que cette épreuve éveille le moindre soupçon, on pourra s'assurer manifestement de la présence du mercure de Howard par une analyse de 1 à 2 kilogrammes de la poudre où on le soupçonne, analyse dans laquelle, après avoir séparé le salpêtre et le soufre, on traitera directement le charbon pour en opérer la combustion et sublimer le mercure. Si, comme on en a l'habitude, on n'opérait que sur quelques grammes de poudre, le mercure de Howard, qui n'y entre guère que pour un, deux ou cinq millièmes au plus, échapperait facilement à l'analyse. En opérant sur d'aussi faibles quantités, j'ai vainement essayé de reproduire le mercure que j'avais sciemment incorporé à de la poudre ordinaire, à la dose de plusieurs millièmes; et l'on ne peut toujours, même au moyen d'un courant de chlore, le convertir en perchlorure ou en protochlorure de mercure. Ce n'est qu'en traitant avec une excessive précaution le charbon résultant de l'analyse de 1 ou de plusieurs kilogrammes de poudre, que l'on réussit, en le projetant par pincées dans une cornue tubulée, à obtenir, sans briser l'appareil, des fulminations partielles qui revivifient le mercure.

Examen du grain. On s'assurera que le grain est suffisamment dur, bien dépouillé de poussier et très égal. On peut vérifier sa dureté en le frottant fortement avec le doigt dans le creux de la main; il ne doit s'y écraser qu'avec difficulté. On juge que le grain est bien repousseté, lorsqu'en en faisant rouler une petite quantité sur le dos de la main, il ne laisse aucune trace sur la peau. Quant à l'égalité du grain, ce n'est pas à la

vue seulement qu'il faut le juger, mais avec un crible qui doit servir en même temps à constater que le grain est de la grosseur voulue.

Epreuve de densité. L'épreuve de densité se fera d'une manière sûre au moyen de l'eau saturée de nitrate de potasse, dont nous avons indiqué déjà la préparation (page 63), en donnant les moyens de constater la qualité du salpêtre. On prendra la densité de la poudre dans cette eau saturée de nitrate de potasse, et l'on en conclura sa densité dans l'eau distillée, puisque la densité de l'eau saturée est connue par rapport à celle de l'eau distillée. De nombreuses expériences faites par ce moyen n'ont pas présenté la moindre anomalie, et il en résulte que la densité de la bonne poudre varie de 1,80 à 1,90, qu'elle va même jusqu'à 2,00 dans certaines poudres de choix lissées et lustrées; que lorsque la densité est au-dessous de 1,80, cette poudre, qui donne de brillantes portées à l'éprouvette-mortier, n'en donne que de très faibles dans les armes à âme longue. On pourrait, d'après ces données, fixer la densité de la poudre de guerre à 1,85 au moins, et à 1,90 au plus; l'épreuve par l'eau saturée, constatera toujours infailliblement la densité de la poudre qu'on y soumettra.

Voici les détails de ce procédé d'épreuve :

Un vase cylindrique de cristal, dont les bords à son orifice sont parfaitement dressés, reçoit un obturateur de cristal uniformément dépoli, bien dressé sur sa surface, et qui peut tenir le vase exactement fermé en le recouvrant. Le poids du vase et de son obturateur ayant été pris avec une balance très juste, on remplit le vase d'eau distillée très pure, et l'on pèse le vase entièrement plein de cette eau et reconvert de son obturateur. On déduit du poids total le poids déjà connu du vase et de l'obturateur, et l'on en conclut le poids net P de l'eau distillée remplissant le vase. Après avoir retiré l'eau, on essuie avec le plus grand soin le vase et l'obturateur, et l'on remplit de nouveau le vase d'eau saturée de nitrate de potasse. On place l'obturateur; on pèse le tout, et déduisant le poids connu déjà du vase et de l'obturateur, on en conclut le poids net P' de l'eau saturée remplissant le vase. Le vase et l'obturateur étant bien essuyés de nouveau, on introduit dans le vase

une quantité Q bien exactement pesée de la poudre dont on veut reconnaître la densité; on remplit le vase avec l'eau saturée, et on laisse le tout en repos pendant quelques heures; puis on achève, s'il y a lieu, de remplir le vase avec de l'eau saturée. On pèse le tout, et déduisant du poids total, le poids de la poudre, plus celui du vase et de l'obturateur, on en conclut le poids net de l'eau saturée qui remplit le vase après que la poudre y a été introduite. La différence entre ce poids et le poids P' de l'eau saturée remplissant à elle seule le vase, donne le poids p' de l'eau saturée dont la poudre a pris la place; mais le poids net P de l'eau distillée qui remplit en entier le vase étant connu, une simple

proportion $P' : P :: p' : p$ donne le poids $p = \frac{P \times p'}{P'}$

de l'eau distillée, qui eût été déplacée par la poudre. Maintenant, ce poids p du volume d'eau distillée qu'eût déplacé la poudre, est au poids Q de cette poudre, comme la pesanteur spécifique 1,00 de l'eau distillée est à la pesanteur spécifique d de la poudre d'essai,

$p : Q :: 1 : d$, et conséquemment $d = \frac{Q \times 1}{p}$.

Cette épreuve est la seule qui puisse donner la densité réelle de la poudre; si l'on voulait mesurer cette densité, en comparant, à l'aide d'un tube, le poids de la poudre à son volume, on serait sujet à de graves erreurs; car en admettant que tous les grains fussent d'une identité parfaite de forme, de dureté et de grosseur, ce qui est impossible, la même quantité en poids d'une même poudre pent se tasser d'une manière différente, chaque fois qu'on la verse dans un tube, quelque soin que l'on apporte à l'y verser de la même manière.

Pulvérin.

On se sert, dans un grand nombre d'artifices, de poudre réduite en poussier plus ou moins fin, que l'on nomme *relief* ou *pulvérin*; sa trituration préalable et l'intimité de son mélange le font préférer avec raison à l'emploi direct des matières qui en composent le dosage. La meilleure manière de préparer ce pulvérin, en grande quantité, est de se servir d'un baril de trituration, avec

gobilles en cuivre ; quand on n'a besoin que d'une petite quantité de pulvérin, on se contente de battre la poudre dans un sac de cuir bien cousu , avec une batte semblable à celles avec lesquelles on bat le plâtre : ces sacs, auxquels on donne la forme d'une poire, ne doivent pas contenir plus de 15 à 20 kilogrammes de poudre , et le cuir le meilleur pour les faire est une basane très forte, et cependant très souple. Quand on juge que le battage a réduit la plus grande partie de la poudre en pulvérin, on ouvre le sac, et on passe le poussier qu'il contient au tamis de soie ; ce qui reste sur le tamis est battu de nouveau, jusqu'à ce que toute la poudre soit ainsi réduite en pulvérin.

§. IV.

PRÉPARATIONS FULMINANTES ; POUDRE CHLORATÉE ; AMORCES ET POUDRE DE MERCURE DE HOWARD ; EFFET DES POUDRES FULMINANTES.

Préparations fulminantes.

Nous avons décrit, dans la première partie de cet ouvrage, plusieurs mixtes fulminans d'une énergie plus ou moins grande, et nous avons dit que le mercure de Howard était le seul que l'on pût, sans crainte d'une explosion spontanée, mêler avec les combustibles pour obtenir diverses compositions fulminantes, graduées en quelque sorte, et ne détonant que par une percussion déterminée. De toutes ces compositions, la plus importante est celle qui sert à la confection des amorces pour les armes à chien percutant, et c'est celle dont nous indiquerons avec le plus de confiance l'usage dans divers artifices, et notamment dans les fusées à la Congrève, où elle remplace avantageusement le chlorate de potasse que les Anglais y ont d'abord employé. Nous donnerons cependant aussi quelques combinaisons fulminantes de chlorate de potasse, qui ont été essayées, et auxquelles on a renoncé depuis la découverte du mercure de Howard ; car il est bon que l'artificier sache ce que l'on a tenté, et les causes de la non réussite, pour ne pas répéter à tâtons des essais infructueux.

Poudre chloratée.

Lorsque Berthollet eut déconvert le chlorate de potasse, et sa propriété de fulminer avec les combustibles, on essaya à la poudrerie d'Essone, en 1788, de l'incorporer à de la poudre ordinaire, pour en augmenter la portée, ce qui réussit complètement d'abord, dans les essais à l'éprouvette; mais l'explosion épouvantable qui survint, et qui coûta la vie à plusieurs personnes, força de renoncer à ces essais, et dégoûta de ceux qu'on aurait pu tenter plus tard avec l'argent fulminant (1). Cependant on se servit, dans les premières platines à chien percutant qui parurent en France, d'amorces de poudre chloratée, dont voici quelques dosages :

Chlorate de potasse.....	0,450 parties.
nitrate de potasse.....	0,250
soufre.....	0,150
bois de bourdaine râpé, passé au	
tamis de soie.....	0,075
Iycopode.....	0,075
Poudre chloratée.....	1,000

(1) J'ai composé, à diverses reprises, un grand nombre de mélanges fulminans, soit avec le chlorate de potasse, soit avec l'argent fulminant; j'essayais ces mélanges dans une carabine à canon de fer forgé très épais, et dans une petite éprouvette à peson, dont j'avais, à dessein, fait couler le mortier en bronze très épais; les résultats, comparés avec ceux obtenus d'une poudre de chasse superfine française, avaient un avantage immense à l'éprouvette, et n'avaient pas d'avantage sensible avec la carabine: l'éprouvette se brisa rapidement, sans que les éclats en pussent être retrouvés, et le canon de la carabine n'était pas détérioré; on ajusta sur l'éprouvette un petit mortier en cuivre rouge très épais; il résista beaucoup mieux que celui en bronze, mais il finit par se briser après s'être crevassé; le canon de la ca-

Chlorate de potasse.....	0,50 parties.
fleurs de soufre.....	0,30
charbon de bourdaine.....	0,20

Poudre chloratée..... 1,00

Chlorate de potasse.....	0,550 parties.
fleurs de soufre.....	0,259
charbon de bourdaine.....	0,191

Poudre chloratée..... 1,000

Chlorate de potasse.....	0,45 parties.
soufre.....	0,30
charbon.....	0,25

Poudre chloratée..... 1,00

Chlorate de potasse.....	0,105 parties.
nitrate de potasse.....	0,645
soufre.....	0,125
charbon.....	0,125

Poudre chloratée..... 1,000

On broie à la molette, sur du marbre, le chlorate de potasse qu'on réduit ainsi en poussière impalpable, sans autre inconvénient qu'une décrépitation désagréable qui a lieu chaque fois que la molette le triture trop fortement. On réduit séparément en poussière impalpable les autres matières qu'on mêle bien en les arrosant de 20 pour 100 d'eau, et l'on incorpore doucement, sur

rabine résista constamment, et m'a servi depuis à de nouvelles épreuves, et cependant l'oxidation résultant de la poudre chloratée y était évidente, et l'avait affaibli d'une manière sensible, au tonnerre, tandis que le bronze et le cuivre rouge des éprouvettes ne paraissaient nullement altérés par aucun effet de ce genre.

une planche de noyer polie et avec une spatule, d'abord un tiers du chlorate de potasse à la totalité des autres matières, puis le deuxième tiers, et l'on achève le mélange complet sans trituration. La poudre chloratée attaque et corrode très rapidement, en les oxidant, le fer et l'acier, et, quoiqu'elle n'ait pas sur le cuivre une action immédiate de ce genre, elle y dépose une crasse abondante qu'on a peine à enlever.

Amorces et poudre de mercure de Howard.

Nous nous occuperons d'abord du mélange fulminant qui sert à la confection des amorces d'armes à chien percutant; le dosage qui nous paraît le plus convenable pour ces amorces est :

Composition fulminante n° 1.

Mercure de Howard.....	0,65 parties.
pulvérin.....	0,35

1,00

En faisant varier les doses de pulvérin et de mercure de Howard, on obtient des mélanges qui ne fulminent que par une percussion plus ou moins violente; le mélange, à parties égales, ne détone guère plus facilement que la poudre de chasse ordinaire; au reste, nous reviendrons bientôt sur l'inflammation des mélanges combustibles par percussion, en nous occupant des effets particuliers de la fulmination. Il existe d'ailleurs pour les amorces un assez grand nombre d'autres dosages parmi lesquels nous citerons les suivans :

Composition fulminante n° 2.

Mercure de Howard.....	0,750
soufre.....	0,125
charbon.....	0,125

1,000

Les amorces faites avec la composition n° 2 donnent une crasse très apparente qui ne produit cependant aucune oxidation ; elles fulminent sans beaucoup de bruit et avec une flamme rouge.

Composition fulminante n° 3.

Mercure de Howard.....	0,70 parties.
amidon.....	0,15
soufre.....	0,15
	1,00

Composition fulminante n° 4.

Mercure de Howard.....	0,60 parties.
charbon.....	0,30
soufre.....	0,10
	1,00

On humecte le mercure de Howard de 10 pour 100 d'eau, et on l'incorpore à trois reprises différentes avec les autres matières réduites séparément en poudre impalpable, triturées ensemble et humectées de 20 pour 100 d'eau, en le broyant à chaque reprise avec la molette sur une table de marbre; il n'y a aucun danger à le triturer ainsi, en appuyant fortement la molette sur le marbre, jusqu'à ce que le mélange soit complet et la pâte bien homogène; car il faudrait un coup très violent, frappé bien d'aplomb, pour qu'une explosion pût avoir lieu; et à l'air libre elle ne serait guère plus énergique que celle d'une même quantité de poudre à canon. En général, la portion frappée est dans ce cas la seule qui s'enflamme en fusant ou en détonant, mais sans déterminer la combustion du reste du mélange.

Le mélange ainsi fait fournit une pâte assez ferme pour être grainée et façonnée en amorces; le moyen le plus simple de la grainer, est de la faire passer, lorsqu'elle est encore très humide, dans un crible très fin,

en l'y pressant avec la molette, et de l'agiter ensuite doucement dans un bocal de verre auquel on imprime avec les deux mains une espèce de mouvement irrégulier de rotation. La poudre que l'on obtient ainsi est en grains assez fins, on la laisse sécher sur du papier, et on l'emploie dans cet état si les amorces doivent être contenues dans des capsules; mais si elles doivent être façonnées en boulettes, on continue à tourner le bocal, et à ajouter du mélange passé au crible, jusqu'à ce que la poudre se forme en grains ronds de la grosseur que l'on désire. A mesure que ces grains se forment, il faut avoir soin de les séparer avec un crible qui ne laisse passer que les grains au-dessous de la grosseur voulue; car, sans cette précaution, il se formerait dans le bocal de très gros grains seulement et du poussier.

Les capsules sont de petits tubes de cuivre très mince, en forme de dés à coudre; leur ouverture a 1 à 2 millim. de diamètre, et le tube va en se rétrécissant insensiblement jusqu'à l'extrémité qui est fermée de manière à coiffer exactement la cheminée légèrement conique qui sert de bassinet à certaines platines à chien percutant. Pour former ces tubes, on commence, après avoir préparé le cuivre au laminoir, par le découper en rondelles au moyen d'un emporte-pièce; on frappe ensuite ces rondelles avec de petits balanciers pour leur donner la forme de dé, et, quand on les a chargés avec un amorcoir de la quantité de poudre fulminante qu'elles doivent contenir, on frappe de nouveau cette poudre au balancier, afin qu'elle adhère complètement au tube.

Les boulettes sont des grains ronds de poudre fulminante, qu'on recouvre à la main de vernis ou de cire et qu'on loge dans le mortier qui sert de bassinet à quelques platines à chien percutant.

Les capsules dont les éclats, pendant l'explosion, peuvent blesser le tireur et ses voisins, en gênant parfois le mécanisme de la platine, n'offrent que faiblement d'ailleurs, comme toutes les amorces qui ne sont pas cirées ou vernissées, le précieux avantage de prévenir toute espèce de ratés et de longs feux en bravant constamment l'humidité et mettant la charge tout-à-fait à l'abri du contact de l'air extérieur.

Les amorces vernissées n'adhèrent pas toujours assez au bassinnet pour qu'on ait l'entière certitude qu'elles ne tomberont ou ne se déplaceront dans aucun cas.

Les amorces cirées sont bien réellement celles qui conviennent le mieux aux armes à chien percutant, car elles ne craignent pas du tout l'humidité, ne s'altèrent pas, crassent très peu, ne se déplacent jamais, et la cire qui les couvre brûle en entier pendant l'explosion. Mais il est essentiel, pour obtenir complètement ce dernier avantage, de ne les recouvrir à froid que d'une couche assez mince de cire bien pure, et de les rouler légèrement, quand elles en sont recouvertes, dans de la poussière impalpable de lycopode. Les amorces cirées de mercure de Howard ne fulminent pas quand on les écrase avec force sous le pied, contre le bois, ou la pierre, ou une surface métallique; elles fusent avec une flamme vive, sans détoner, quand on les met en contact avec un corps en ignition: elles n'exigent donc, pour leur transport et pour leur emploi, que les simples précautions qu'on a l'habitude de prendre dans les mêmes cas pour la poudre à tirer ordinaire.

Effets des poudres fulminantes.

Nous avons dit qu'en ajoutant une faible portion de matières fulminantes à de la poudre à tirer ordinaire, cette poudre acquérait une telle vivacité d'inflammation et une si grande énergie que son explosion faisait sauter brusquement l'éprouvette à ressort bien au-delà des degrés qu'elle marquait avant cette addition. En essayant dans une éprouvette-peson de Regnier un mélange à parties égales, trituré à la molette et grainé ensuite, de poudre de chasse et de mercure de Howard, le curseur dépassa au premier coup tous les degrés marqués sur l'éprouvette, et, au second coup, la chambre de cette éprouvette fut brisée en éclats: ce même mélange, essayé dans un fusil de guerre, ne donna cependant pas une augmentation de portée aussi sensible qu'on aurait pu le croire d'après la rapidité foudroyante avec laquelle le coup partait. Plusieurs autres essais du même genre dans des canons de fusil et de pistolet

de différentes longueurs, me démontrèrent clairement que, dans les armes à âme longue, les portées n'étaient pas considérablement augmentées par l'addition d'un mixte fulminant à la poudre ordinaire, tandis que dans les armes à âme courte, l'augmentation de portée devenait prodigieuse; mais dans toutes ces armes il était à remarquer que le coup partant plus vivement et avec un bruit plus aigu ne laissait que très peu de crasse dans les canons de fusil les plus longs; la réaction foudroyante agissait avec assez de force sur les parois, pour que l'un d'eux fût, dans ces épreuves, bagné au tonnerre; et le canon en cuivre d'un tromblon se brisa lorsqu'on porta la charge à un décagramme: les canons de pistolets, et les canons courts de fusils résistèrent très bien et ne purent pas souffrir du tout.

Lorsqu'ensuite je tirai plusieurs centaines de coups avec un fusil de munition à chien percutant, au moyen d'amorces cirées de mercure de Howard et à la charge de guerre de poudre ordinaire, il y eut si peu de crasse dans l'intérieur du canon, que le fusil n'eut aucun besoin d'être lavé pendant la durée des expériences, tandis qu'un autre fusil de munition avec platine à silex, tiré avec la même charge, s'encrassait tellement qu'il fallut laver tous les cinquante coups, afin de pouvoir le charger facilement et de continuer les épreuves comparatives. Il était à remarquer que la charge de poudre ordinaire s'enflammait beaucoup moins vivement dans le fusil à silex, que dans le fusil à chien percutant, et pour m'en assurer positivement, je chargeai les armes avec une poudre ronde très dense, qui fit des longs feux continnels dans le fusil à silex, et qui partait fort bien dans le fusil à chien percutant: malgré les longs feux, il n'y avait pas une très grande différence dans les portées.

On voit par ces faits que la rapidité foudroyante de l'explosion des poudres fulminantes, si elle n'ajoute pas beaucoup à la portée de toutes les armes où on mêle un mixte fulminant à la charge ordinaire, procure du moins ce très grand avantage, de diminuer l'encrassement, et que, dans le fusil, l'amorce d'une platine à chien percutant produit un effet si marqué sur l'encrassement,

qu'elle suffit pour permettre de tirer deux à trois cents coups sans avoir besoin de laver l'arme. Il ne faut jamais oublier d'ailleurs, que la charge de poudre ordinaire, acquérant ainsi l'instantanéité d'inflammation, réagit avec vigueur sur les parois de l'arme; ainsi dans les fusils de chasse à chien percutant, il faut diminuer la charge, augmenter l'épaisseur au tonnerre, et avoir des culasses solides en acier trempé, pour éviter toute espèce d'accident.

Dans quelques artifices, lorsqu'on voudra obtenir une ascension brusque, ou déterminer une vive détonation accompagnée de zigzags lumineux semblables à ceux de la foudre, on pourra substituer à la poudre et au pulvérin qu'on emploie dans ces compositions la poudre fulminante ainsi dosée :

Composition fulminante n° 5.

Mercure de Howard.....	0,15 parties.
Nitrate de potasse.....	0,60
Soufre.....	0,10
Charbon.....	0,15
	1,00

En incorporant le mercure de Howard à la totalité du salpêtre, on pourra soumettre ensuite ce mélange à la percussion même des pilons d'un moulin à poudre, sans avoir à craindre d'autres accidens que ceux de la fabrication ordinaire de la poudre. Ainsi, dans les fusées à la Congrève que l'on bat au mouton, cette composition peut être battue sans danger. L'artificier doit toujours d'ailleurs calculer la résistance des parois des cartouches, sur la vivacité d'inflammation de la composition qu'il y introduit, pour que, dans aucun cas, le cartouche ne puisse éclater.

Les préparations fulminantes ne communiquant pas le feu aux artifices, de la même manière que la poudre et le pulvérin, je crois utile de consigner ici quelques faits qui viennent à l'appui de cette observation importante, et qui me semblent de nature à éclairer les artificiers sur les effets des poudres fulminantes.

J'avais cru que les amorces cirées de mercure de Howard pouvaient être placées convenablement dans un porte-lance à ressort, et suppléer ainsi merveilleusement, pour mettre le feu aux canons, à la mèche et aux lances d'artifices. J'avais même réussi, avec un porte-lance à ressort, presque aussi simple et aussi solide que celui actuel à douille et à virole, à déterminer par la pression du doigt sur une détente la fulmination constante d'une amorce et à diriger la flamme qui en jaillissait à plus d'un ponce de distance. Mais je fus désagréablement surpris de voir que ce beau jet de flamme n'enflammait l'étonpille que rarement, et que le plus souvent il en éparpillait les brins, comme l'aurait pu faire le courant d'air le plus violent d'une bonne machine soufflante, et qu'il réduisait la pâte en un nuage de pulvérin qui ne s'enflammait pas.

J'attribuai d'abord cet effet singulier à la trop grande énergie de l'amorce, et, sans me décourager, je me mis à fabriquer de nouvelles amorces dont je mitigeai et variaï les dosages et les formes d'un grand nombre de manières. Je parvins ainsi à enflammer plus souvent l'étonpille : sur vingt coups, elle brûlait quinze à dix-huit coups, et toujours alors ses brins étaient, avant de s'enflammer, frappés et écrasés contre les mâchoires de l'étau où je la fixais. Je vis qu'il ne fallait plus songer à un moyen d'une réussite si aventureuse, pour l'employer à la guerre, sans compliquer le nouveau porte-lance, d'une amorce en partie fulminante, en partie inflammable. Je voulus cependant me convaincre que l'obstacle qui m'arrêtait ainsi, après un assez long travail, était bien réellement insurmontable, et tenait, comme je l'avais soupçonné pendant la durée de ces expériences, à la nature même de l'explosion de la poudre fulminante; car d'emmancher une platine ou toute autre machine, tant simple fût-elle, à la culasse d'un canon, pour gêner la manœuvre et être souvent brisée quand la pièce verserait, par le choc d'un levier, par celui d'un boulet ennemi, par mille autres accidens, je ne me dissimulais aucun des nombreux inconvéniens de semblables moyens vraiment impraticables à la guerre.

J'essayai donc de comprimer de la poudre, du soufre,

du pulvérin, ou quelques autres matières inflammables, dans un canon de fusil, et l'application immédiate d'une amorce cirée de mercure Howard sur la lumière en déterminait constamment l'explosion ou la combustion; mais, quand je voulus produire à quelque distance, à l'air libre, l'inflammation de pulvérin mis en tas, ou de brins flottans d'étoupille, j'éprouvai ce qui m'était arrivé précédemment avec le porte-lance : j'éparpillais le pulvérin, et ne pouvais en obtenir constamment l'inflammation.

Je répétais ces nouveaux essais avec toute espèce de poudre fulminante, sous toutes les formes possibles d'amorces, et toujours avec les mêmes résultats. Je fus enfin forcé d'en conclure qu'ils tenaient bien positivement à la nature même des poudres fulminantes, et que l'explosion de ces poudres, *si instantanément énergique en tous sens*, communique le feu à d'autres combustibles, plus peut-être par la percussion très violente qu'elle leur fait subir que par la flamme qu'elle fait briller. Cette conclusion, loin d'avoir été une seule fois démentie dans le cours des nombreuses expériences qu'a nécessitées pour moi l'essai (1) que j'ai publié sur les poudres fulminantes, s'est trouvée si pleinement confirmée, que je la regarde à présent comme la seule explication naturelle des phénomènes que présente l'explosion de la poudre fulminante, qui ne détone presque jamais en totalité, quand elle n'est pas resserrée entre deux surfaces métalliques.

(1) Essai sur les Poudres fulminantes, sur leur emploi dans les fusils de chasse et dans les armes portatives de guerre; par A. D. Vergnaud, capitaine au 2^e régiment d'artillerie à cheval : chez Anselin et Pochard, successeurs de Magimel, libraires pour l'art militaire, rue Dauphine, n^o 9, à Paris, 1824.

§. V.

MÈCHE OU CORDE A FEU, BAGUETTES A FEU, ÉTOUPILLES,
PÂTE ET FUSÉES D'AMORCE.

Mèche ou corde à feu.

La mèche ou corde à feu est un cordage de chanvre ou de lin qui, par un certain apprêt, acquiert la propriété de conserver le feu en le propageant d'un de ses bouts à l'autre : on en fait une grande consommation à la guerre pour le service de l'artillerie, et comme elle se prépare d'un grand nombre de manières et qu'il est nécessaire que les artificiers militaires puissent en confectionner en tous temps, nous entrerons dans de grands détails sur sa fabrication.

Pour être bonne, la mèche doit s'allumer facilement, se consumer lentement et sans discontinuation, en fournissant un charbon de feu de forme conique, toujours égal, ardent et assez dur pour percer une feuille de papier : on se sert de mèche pour mettre directement le feu aux canons, ou simplement pour allumer les lances à feu.

Le cordage, dont la grosseur varie d'un à deux centimètres, est ordinairement filé en trois brins peu tordus de 20 mètres de longueur et de 19 à 20 millimètres de diamètre, pour que la mèche préparée, tordue et lissée, ait 14 millimètres de diamètre : le chanvre doux, roui à l'eau, vaut mieux pour la mèche à canon que le lin, et ce dernier est meilleur que le chanvre rude roui à la rosée.

Le procédé le plus ancien pour convertir le cordage en mèche, est celui du lessivage :

On met sur le fond d'un cuvier, semblable à ceux dont on se sert pour lessiver le linge, des brins de sarmement ou de tout autre bois pour faciliter le coulage, et par-dessus les cordages destinés à être changés en mèche, jusqu'à ce que le cuvier soit presque rempli : on les couvre d'une toile très serrée, ou cendrier qui débord le cuvier et retombe tout autour, en dehors, de 15 à 20 centimètres ; on fait jeter dessus de l'eau de pluie ou de rivière, jusqu'à ce que les cordages soient submergés, et on

les laisse ainsi tremper dans l'eau pendant douze heures, jusqu'à ce qu'ils en soient bien imbibés.

On pèse alors de bonnes cendres, passées et tamisées, en quantité égale à la moitié du poids des cordages entassés dans le cuvier, et l'on y ajoute 3 parties de chaux vive pour 100 de cendres, en poids; on fait bouillir ce mélange dans une chaudière, avec 7 à 8 fois son poids d'eau de pluie ou de rivière, et après avoir laissé écouler l'eau froide dans laquelle on avait submergé les cordages; on referme la chantepleure et l'on verse sur le cendrier la lessive chaude et les cendres de la chaudière: on coule ensuite cette lessive pendant 24 heures sans discontinuer, sans jamais laisser à sec les cendres, comme on coule la lessive du linge ordinairement.

On retire ensuite les écheveaux de mèche du cuvier, on les tord avec des billots, puis on les fait tremper, pendant cinq minutes, dans de l'eau chaude en les y agitant continuellement avec une spatule; on tord de nouveau la mèche et on la lisse avec grand soin, afin de lui donner une tension et une dureté égales dans toute sa longueur, ce qui rend sa combustion plus uniforme, plus lente; et son charbon plus dur et plus long: on cesse de tordre et de lisser lorsque la mèche est réduite à 14 millimètres de diamètre, et on la fait sécher sur des perches. Si le temps ne permet pas de faire sécher la mèche en plein air, on la tend dans un grenier ou dans un hangar bien aéré.

Un mètre de cette mèche dure 7 à 8 heures, et on ne doit l'emmagasiner que parfaitement sèche, sans quoi elle fermente et se détériore. On la conserve dans des tonnes, ou même on se contente de l'empiler en paquets sur les planchers des étages supérieurs des magasins.

À défaut de cendres, on peut employer de la potasse. En Autriche, on se sert d'une lessive dont voici la composition:

Cendres de chêne, d'orme ou de hêtre. . .	3 parties.
chaux vive.	1
suc de fiente de cheval ou de mouton. . . .	2
salpêtre.	1

On mêle bien toutes ces matières ensemble dans une cuve, et on les y remue pour les délayer avec de l'eau qu'on y laisse séjourner (1). On verse ensuite cette lessive dans une chaudière où l'on dispose le cordage de manière à ce qu'il y trempe en entier, et l'on fait bouillir le tout pendant 24 heures, en ayant soin d'ajouter de nouvelle eau de lessive à mesure qu'elle s'évapore. On retire le cordage, on l'essuie; et après l'avoir tordu et lissé on le laisse sécher à l'ombre; il est alors converti en mèche; et si l'opération a bien réussi, un mètre de cette mèche doit durer pendant 6 à 7 heures, en offrant toujours un charbon dur, ardent et qui se termine en pointe.

Ce lessivage, et quelques autres où la quantité de chaux vive s'élève jusqu'à 50 pour cent, en faisant ensuite tantôt fermenter la mèche, tantôt tremper quelques heures dans une dissolution d'eau salpêtrée, produisent une mèche de moins bonne qualité que celle fabriquée par le lessivage que nous avons d'abord donné et qui est celui que l'on suit en France.

En faisant simplement bouillir la corde dans de l'eau pure, pendant une heure, on obtient de la mèche à canon qui brûle assez bien, et dont un mètre dure 8 à 9 heures, avec un charbon de 4 à 5 lignes de longueur.

On prépare encore de la mèche en faisant tremper le cordage dans une dissolution d'acétate de plomb; à chaud, il suffit d'un quart d'heure au plus pour que le cordage soit suffisamment imprégné de la dissolution; quand on opère à froid, il faut faire tremper le cordage pendant 6 à 8 heures: on le laisse ensuite sécher à l'ombre après l'avoir tordu et lissé.

La mèche préparée avec l'acétate de plomb, est préférable à celle qui l'a été par un lessivage quelconque, et le meilleur procédé de préparation avec l'acétate de plomb, est celui du général Lamartillière: ce procédé consiste simplement à faire bouillir le cordage pendant

(1) Le poids des matières réunies doit être les deux tiers environ de celui du cordage à lessiver, et le poids de l'eau, trois à quatre fois celui de ce cordage.

10 minutes dans une dissolution d'un kilogramme d'acétate de plomb et de 20 à 21 kilogrammes d'eau de pluie, de rivière, ou de fontaine; on retire les écheveaux de mèche de la chaudière, l'un après l'autre, on les tord fortement avec les billots, on les lisse avec soin avec un chiffon ou une poignée d'étoupes, et pour les faire sécher, on les tend de manière à ce que la mèche ne puisse se raccourcir en séchant.

Un mètre de cette mèche brûle pendant environ 6 heures, avec un charbon de 12 lignes de longueur, si le cordage est fait de chanvre doux roui à l'eau; et seulement de 8 lignes de longueur, si le cordage est fait de lin ou de chanvre rude roui à la rosée.

La mèche préparée avec une dissolution de 1 kilogramme de nitrate de plomb et de 5 kilogrammes d'eau, dans laquelle on fait bouillir le cordage pendant une heure, est beaucoup plus vive que celle préparée avec l'acétate. Un mètre de cette mèche, au nitrate de plomb, brûle en 3 heures avec un charbon de 15 lignes de longueur.

En traitant par le nitrate de plomb, ou par l'acétate de plomb, de la mèche à canon de mauvaise qualité, ou de vieilles cordes, après les avoir bien battues, on en fait de très bonne mèche qui brûle plus ou moins rapidement suivant la nature des cordages et surtout suivant celle des sels de plomb dont on a fait usage.

On peut, à défaut de cordage, se servir de différentes matières pour faire de la mèche. Les Anglais, pendant le dernier siège de Gibraltar, se servirent de papier. On trempait des feuilles de fort papier dans une dissolution bouillante de salpêtre, à raison d'un kilogramme de salpêtre pour quinze litres d'eau; on séchait ensuite les feuilles de papier, et quand elles étaient bien sèches, on les roulait une à une, et on les collait sur les bords pour les maintenir roulées. Une demi-feuille, ainsi préparée, brûlait pendant une heure.

Baguettes à feu.

Ces baguettes ont été proposées par le chimiste Cadet, pour suppléer au besoin la mèche à canon et même les

lances à feu; et quoique les expériences faites à Toulouse par la commission des artifices ne leur aient pas été favorables, nous allons en donner la préparation, afin de ne rien omettre, dans ce manuel, de ce qui intéresse l'artificier; car il est nécessaire, pour se bien pénétrer des ressources réelles de la pyrotechnie, qu'il connaisse tous les essais tentés en ce genre, soit qu'ils aient été ou non couronnés du succès.

Les baguettes combustibles sont des parallépipèdes de 5 décimètres de longueur et de 13 à 14 millimètres d'équarrissage, et les bois qui conviennent le mieux à cet usage sont, après le tilleul et le bouleau, l'aune, le peuplier et le sapin; des baguettes rondes ne donneraient pas un feu aussi bien nourri que les baguettes carrées.

On dessèche les baguettes, faites d'un bois qui doit avoir au moins un an de magasin, en les exposant pendant une demi-journée à la chaleur d'une étuve à 30° ou d'un four de boulanger quand on vient d'en retirer le pain.

On fait bouillir ces baguettes, pendant six heures, dans une dissolution concentrée de nitrate de plomb, et dès qu'elles sont retirées de la chaudière, on les porte à l'étuve et on les fait sécher parfaitement; puis on les fait bouillir dans un bain d'essence de térébenthine, en chauffant très doucement jusqu'à l'ébullition; le bain doit recouvrir les baguettes; dès qu'il blanchit et se soulève, il faut le couvrir et l'enlever promptement de crainte d'incendie. On répète deux ou trois fois cette ébullition, ce qui dure environ une demi-heure; on laisse ensuite refroidir le bain, on retire les baguettes, on les essuie et on les fait sécher dans l'étuve.

Dans les expériences faites à Toulouse, ces baguettes, dont la préparation est donnée avec de grands détails dans l'*Aide-Mémoire* du général Gassendi, se sont éteintes d'elles-mêmes; il en résulte que leur effet n'est pas certain, et que l'on ne pourrait en faire usage pour l'artillerie, sans de graves inconvénients.

Mèche à étoupilles ou de communication, étoupilles, pâte et fusées d'amorce.

La mèche à étoupilles ou de communication, sert à amorcer tous les artifices, et à communiquer le feu d'un endroit à un autre. C'est une mèche formée par la réunion de plusieurs brins de coton imbibés et recouverts d'une composition plus ou moins vive, formée de pulvérin, ou d'un mélange de pulvérin et soufre, humecté avec de l'eau-de-vie, du vinaigre, de l'alcool, de l'essence de térébenthine, ou même de l'eau pure, et à laquelle on donne de la consistance avec un peu de gomme arabique. La vivacité de la composition dépend de celle du pulvérin qu'on y emploie, et de la quantité de soufre qu'on y ajoute; la vivacité de la mèche varie en outre suivant la nature des liquides dont on humecte la composition, et la quantité de gomme qu'on emploie à lui donner de la consistance.

Cette mèche ne sert pas uniquement à la confection des étoupilles en usage dans l'artillerie et dont nous parlerons tout à l'heure, on l'emploie aussi pour amorcer les lances à feu, les fusées de toute espèce, etc., etc. Elle prend plus particulièrement le nom de mèche de communication, quand elle doit servir à porter et communiquer le feu aux différentes pièces d'artifice, à faire sauter une mine, un magasin à poudre, etc., etc.

Nous nous occuperons d'abord de la mèche à étoupilles qui, lorsqu'elle est de bonne qualité, doit avoir assez de consistance pour ne pas se dégarnir facilement de la composition qui recouvre le coton, et brûler rapidement d'une manière uniforme.

C'est ordinairement de six à huit fils de coton bien filé, que se compose le brin de la mèche qui, doublé et tendu entre les doigts, doit avoir un peu plus de deux millimètres de diamètre, et il faut, pour confectionner mille mètres environ de mèche à étoupilles :

6 kilogrammes de pulvérin.

5 litres d'eau-de-vie.

400 grammes de coton.

75 grammes de gomme arabique.

On forme, avec la mèche de coton, en la pliant sur elle-même avec soin, une pelotte que l'on place au fond d'une gamelle et sur laquelle on verse de l'eau-de-vie gommée, afin que le coton s'en imbibé: dans une autre gamelle tout près de celle-ci, et dont le fond est recouvert d'une couche de pulvérin de 7 à 8 millimètres, on verse assez d'eau-de-vie gommée pour convertir ce pulvérin en pâte ayant la consistance de bonne colle de farine, et l'on forme sur cette couche de pâte un premier lit de coton de 1 à 2 centimètres d'épaisseur en déroulant avec soin la pelotte imbibée, pour ne pas la mêler; on saupoudre ce lit de coton d'une couche de pulvérin de 7 à 8 millimètres d'épaisseur, on y verse assez d'eau-de-vie gommée pour convertir ce pulvérin en pâte de même consistance que la couche de pâte précédente, et l'on continue successivement ces lits alternatifs de pâte et de coton, en ayant soin de presser légèrement chaque couche de coton pour qu'elle s'imbibé mieux, et de terminer par une couche de pâte, ayant un peu plus de consistance que les précédentes.

On laisse ainsi le coton s'imprégner de la pâte, pendant trois ou quatre heures, et on fait passer la mèche dans un entonnoir, à travers sa douille cylindrique, calibrée suivant les étoupilles à la confection desquelles cette mèche doit servir; on la dévide sur un cadre disposé à cet effet; on la saupoudre de pulvérin tamisé bien sec, puis on la laisse sécher à l'ombre, à l'abri du vent en été, et dans une chambre chaude en hiver.

La préparation dont nous venons de donner les détails est celle reconnue la meilleure en France, pour la mèche qui doit servir à la confection des étoupilles en usage dans l'artillerie: les mèches de communication n'en diffèrent que par leurs compositions; nous nous bornerons à donner quelques unes de ces compositions plus ou moins vives.

Composition ancienne.

Charbon.....	3 parties.
Pulvérin.....	12
Salpêtre.....	4
Soufre.....	2
	21

Composition vive, ancienne.

Pulvérin.....	4 parties.
Salpêtre.....	1
	5

Composition très vive.

Pulvérin.....	9 parties.
Mercure de Howard.....	1
	10

Composition très lente.

Pulvérin.....	8 parties.
Soufre.....	2
	10

Un mètre de cette dernière mèche préparée suivant la manipulation indiquée précédemment pour la mèche à étoupilles, dure pendant trois minutes, à l'air libre, tandis qu'un mètre de celle préparée avec la composition suivante ne dure que vingt-quatre secondes.

Pulvérin.....	8,4 parties.
Soufre.....	1,6
	10,0

Quel que soit le liquide dont on se sert pour réduire en pâte les compositions de la mèche à étoupilles ou de communication, on n'y ajoute ordinairement, pour donner une consistance convenable à la pâte, que 15 à 16 grammes de gomme par litre. On pourrait ralentir la combustion par l'addition d'une plus grande quantité de gomme; mais on est plus sûr de produire cet effet d'une manière uniforme, en se servant du soufre qui, dans aucune composition cependant, ne doit excéder 50 pour cent du pulvérin, si l'on veut que la mèche brûle bien et sans intermittence.

Le choix du liquide influe d'ailleurs aussi sur la vivacité de la mèche ; en remplaçant l'eau-de-vie par le vinaigre, la mèche est moins vive, toutes choses égales d'ailleurs, dans le rapport de 4 à 5 ; en remplaçant l'eau-de-vie par l'eau pure, la mèche est moins vive dans le rapport de 4 à 6 ; en substituant l'essence de térébenthine à l'eau-de-vie, la mèche n'a pas de consistance et brûle par intermittence ; quant à l'alcool nous avons déjà dit, dans la première partie de ce Manuel (pages 7 et 20), comment il suppléait à l'eau-de-vie, comment on le mêlait à la gomme qu'il ne dissout pas dans son état d'alcool pur, et pourquoi son emploi nous semble préférable à celui de l'eau-de-vie, qui n'est dans son état naturel que de l'alcool étendu d'eau, tenant en dissolution ou en suspension un peu de matière colorante et d'huile essentielle, tandis que dans l'état de sophistication où on l'achète le plus ordinairement à bas prix, elle est souillée de caramel ou de décoctions colorantes de sucs végétaux.

Quand la mèche à étoupilles est enfermée dans des tubes, elle brûle plus rapidement qu'à l'air libre, et la vivacité de sa combustion augmente à mesure que le diamètre des tubes diminue. C'est pour cette raison qu'on laisse brûler à l'air libre la mèche de communication lente, tandis qu'au contraire on renferme dans de petits tubes en papier celle qui doit porter le feu vivement ; ces tubes d'ailleurs conservent la mèche et la préservent de l'humidité de l'air.

Étoupilles, pâte et fusées d'amorce. L'étoupille est une petite fusée d'amorce, en roseau, qui se loge dans la lumière des bouches à feu, et qui sert en France à enflammer la charge. Chez quelques autres puissances, on remplace les roseaux par des tubes métalliques ; mais ces tubes ont l'inconvénient d'engorger parfois la lumière, et leurs éclats peuvent même blesser les yeux des canonniers.

Les roseaux pour étoupilles, doivent être coupés à la sortie de l'hiver, dans les fonds à l'abri des vents, afin d'avoir plus de corps, et assez de dureté pour ne pouvoir pas être écrasés quand on les serre entre les doigts. Ceux qu'on récolte entre Cette et Collioure sont les

meilleurs. Le diamètre des roseaux, proportionné au calibre des lumières des bouches à feu est de 4 à 5 millimètres; on les coupe en morceaux de 8 centimètres pour les pièces de campagne, et de 13 à 14 centimètres pour les pièces de siège, non compris les sifflets qui les terminent de chaque bout, et dont l'un est très court, tandis que l'autre est allongé de 2 à 3 centimètres, et doit être arrondi de manière à maintenir les bords aussi élevés que possible.

On débarrasse les roseaux de la pellicule blanche qui les garnit intérieurement, en les nettoyant avec des fils de fer, dentelés comme les râpes à bois qu'on nomme queues de rat; on souffle dedans pour faire sortir toutes les parcelles détachées, et l'on s'assure de leur diamètre extérieur, avec un calibre d'acier, avant de procéder au chargement qui doit les convertir en étoupilles.

On range les roseaux, pour les charger, dans une caisse carrée, de 16 centimètres de côté dans œuvre, et de 18 à 19 centimètres de hauteur intérieure, le sifflet court reposant sur le fond, et serrés autant que possible: pour les retirer facilement, on place au milieu de la caisse une clef ou petit cylindre de bois, de même hauteur que la caisse; on remplit ainsi la caisse qui doit contenir de 1000 à 1100 roseaux, suivant leur grosseur.

On verse dans la caisse assez d'eau-de-vie, gommée avec 30 grammes de gomme arabique par litre d'eau-de-vie, pour que les roseaux en soient submergés, et après cinq minutes d'immersion, les roseaux étant suffisamment imbibés, on vide l'excédant d'eau-de-vie, en inclinant et en renversant la caisse.

On replace la caisse sur son fond, et l'on remplit les roseaux d'une pâte peu épaisse (1) faite avec du pulvérin et de l'eau-de-vie gommée; il faut ordinairement 1 litre d'eau-de-vie pour 1 kilogramme de pulvérin, et 2 kilog. 50 décag. de pulvérin humectés de 2 litres 50 centilitres.

(1) La pâte trop épaisse glisse difficilement dans les roseaux, la pâte trop liquide est sujette à couler hors des roseaux quand on les retire de la caisse.

d'eau-de-vie, suffisent pour les 1000 à 1100 roseaux que la caisse contient; on frappe doucement la caisse, pour aider par une espèce de tassement les roseaux à s'emplir de pâte, sans qu'ils puissent quitter le fond de la caisse. Il faut environ une demi-heure à deux hommes pour mettre les roseaux dans la caisse, faire la pâte, les charger et les retirer de la caisse.

Si la pâte était trop liquide, et qu'on s'en aperçût, il faudrait laisser les roseaux dans la caisse assez longtemps pour que la pâte pût se raffermir.

On retire les roseaux après avoir enlevé la couche de pâte qui les recouvre, et la clef cylindrique dont la sortie facilite celle des roseaux; on les étend sur une table un à un, de manière à ce qu'ils ne puissent se coller ensemble, et quand ils sont à moitié secs, on les essuie entièrement, avec des étoupes ou du linge, et l'on a grand soin, en les nettoyant ainsi, de ne pas détacher la pâte qui est dans le grand sifflet; puis on les laisse sécher pendant trois ou quatre heures, après quoi on les perce.

On se sert, pour les percer, d'une aiguille de 15 dix-millimètres de diamètre, et de 16 centimètres de longueur, semblable à une aiguille à tricoter; on introduit cette aiguille par le petit sifflet, en la maintenant toujours suivant l'axe du roseau, et en plaçant le pouce sur le grand sifflet, de manière que la pâte qui remplit ce sifflet, soit entièrement détachée de celle qui pouvait rester sur les bords extérieurs. On laisse sécher de nouveau les étoupilles, et avant que la pâte ne soit entièrement sèche, on les perce une seconde fois, et on les essuie entièrement encore avec le plus grand soin.

Avant que la pâte ne soit entièrement sèche, on fait passer dans l'étoupille une aiguille de un millimètre de diamètre, afin de s'assurer que le trou, régnant d'un bout à l'autre et sans discontinuité, l'étoupille ne pourra faire long feu. On les visite une à une et on les calibre, en rejetant les roseaux fendus et ceux qui sont trop gros; puis enfin, on les amorce avec des brins de meche à étoupilles, de 16 centimètres de longueur, que l'on place et que l'on lie avec des bouts de fil écarlé de 27 centimètres de longueur, de la manière suivante :

On double le brin de mèche, en ayant soin que l'un des bouts dépasse l'autre de 6 à 7 millimètres, et l'on en coiffe l'étopille de manière que le bout le moins long s'appuie sur le grand sifflet, et le bout le plus long sur le corps du roseau; on maintient les brins dans cette position en les liant avec le fil écreu qui doit envelopper ces brins et le corps du roseau, d'abord de trois tours vers le bec du sifflet, ensuite de trois tours au-delà de la naissance du sifflet, et enfin de trois tours encore sur le corps du roseau: on redouble ces six derniers tours en croisant le fil jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que deux bouts d'un centimètre environ, qu'on tord entre les doigts de manière qu'ils disparaissent entièrement. Si les ligatures sont bien faites, le brin de mèche, qu'on nomme *cravate* de l'étopille, doit casser le fil d'attache, et se casser lui-même quand on le tire, plutôt que de glisser sous ces ligatures.

On empaquette les étopilles par 10 dans du papier, et on réunit 10 de ces petits paquets, en les disposant en deux couches, pour en former ainsi, avec une nouvelle enveloppe, un paquet de cent étopilles.

Cette manipulation ne peut s'exécuter dans un atelier ouvert que par un temps sec et chaud; la gelée et l'humidité y sont également contraires, et en hiver l'atelier doit être fermé et chauffé.

On peut, au reste, convertir les roseaux en étopilles, simplement avec de la mèche, par un procédé beaucoup plus expéditif que celui que nous venons de donner dans tous ses détails, parce que c'est celui qui fournit constamment les étopilles les plus vives et de la meilleure qualité.

On coupe la mèche à étopilles en brins de 24 centimètres pour les roseaux de 8 centimètres, destinés aux étopilles de pièces de campagne; et en brins de 29 à 30 centimètres, pour les roseaux de 13 à 14 centimètres destinés aux étopilles des pièces de siège.

On introduit le brin de mèche par le grand sifflet, de manière qu'en traversant le roseau, l'un des bouts affleure le petit sifflet, tandis que le reste du brin est replié pour former la cravate, dont le bout s'appuie, en dépassant de 6 à 7 millimètres la naissance du grand

sifflet, sur le corps du roseau, où on le fixe par la même ligature que celle que nous avons détaillée précédemment.

En Autriche, le tube qui renferme la pâte d'amorce est en cuivre, surmonté d'un godet de même métal; en Prusse, il est en fer-blanc, surmonté d'un godet de même métal; en Saxe, il est en roseau, surmonté d'un petit godet en bois, et ces fusées d'amorce, qui n'ont point de cravate, se chargent et se percent d'une manière analogue à celle que nous avons donnée pour les étoupilles françaises; en Espagne, on se servait de paille dans laquelle on passait un brin de mèche à étoupille, et l'on a fini par adopter l'étoupille française.

Voici, au reste, quelques unes des compositions dont on charge les tuyaux d'amorce.

Autriche.

Antimoine pilé et tamisé.....	3 parties.
Pulvérin.....	11
Salpêtre en poudre impalpable.....	7
Soufre pilé et tamisé.....	2
	23

On mélange cette composition sans l'humecter, et on la foule dans le tube; on perce avec une broche conique, et on amorce en remplissant le godet d'une pâte de pulvérin et d'eau-de-vie gommée, saupoudrée de pulvérin, et recouverte d'une mousseline liée au godet, et qu'il est inutile de déchirer pour mettre le feu.

Angleterre.

Pulvérin.....	13 parties.
Salpêtre.....	14
Soufre.....	5
	32

Prusse.

Alcool.....	2
Poudre fine de chasse.....	22
Pulvérin.....	18
	42

Composition vive de pâte d'amorce.

Antimoine.....	1 partie.
Charbon.....	1
Pulvérin.....	6
Salpêtre.....	3
Soufre.....	1

12

On peut se servir de tuyaux de plume, ou de papier, à défaut de roseaux, pour faire des tubes sans sifflets, que l'on charge de pâte d'amorce, que l'on perce et que l'on cravate comme les étoupilles.

§. VI.

LANCES A FEU ; FUSÉES ET CHARGEMENTS DE PROJECTILES CREUX ; ROCHE A FEU.

Lances à feu.

Les lances à feu sont des cartouches ou fourreaux de papier roulés et collés, remplis d'une composition combustible qui a la propriété de ne pas s'éteindre, malgré la pluie, à moins qu'on n'en coupe la partie qui brûle, ou qu'on ne la secoue fortement, ce qui même ne réussit pas toujours ; elles dardent abondamment un feu ardent, vif et pénétrant, qui détermine la prompte inflammation du corps qu'elles touchent. Outre ces lances, qui servent à mettre le feu aux artifices, et que, pour cette raison, on nomme *lances de service*, on fait des lances d'illumination de couleur, dont nous parlerons en indiquant les compositions des feux diversément colorés. Voici les compositions les plus habituelles des lances à feu de service :

France.

Composition	n° 1.	n° 2.
Pulvérin.....	3 parties.....	1 parties.
Salpêtre.....	32	16
Soufre.....	16	8
Antimoine.....	αα	1
	51	26

En mélangeant la première composition à la main, et la triturant pendant quatre heures dans le baril de trituration, en humectant la seconde de 11 à 12 grammes d'eau gommée par kilogramme de composition, et faisant un mélange bien homogène, on obtient des lances à feu qui durent dix à douze minutes, lorsqu'elles ont, étant confectionnées, 4 décimètres de longueur, et 15 millimètres de diamètre intérieur.

Autriche.

Antimoine pilé et tamisé.....	5 parties.
Pulvérin.....	7
Salpêtre en poudre impalpable.....	29
Soufre pilé et tamisé.....	5
Huile de térébenthine.....	1
	47

Angleterre.

Amidon.....	2 parties.
Alun pilé.....	7
Pulvérin.....	39
Résine.....	27
Salpêtre.....	21
Soufre pilé.....	15
Huile de lin.....	3
	114

Prusse.

Pulvérin.....	30 parties.
Salpêtre.....	80
Soufre.....	30
Huile d'olive.....	0,3
	140,3

Compositions diverses.

Compositions n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	n° 7.
Pulvérin... 2 part.	4 part.	1 part.	5 part.	6 part.	2 part.	2 part.
Salpêtre... 4... 8...	4... 4...	1... 16...	16... 16...	10		
Soufre... 1... 3...	2... 3...	7... 8...	3			
Charbon... »... »...	»... »...	»... 3...	»			
7	15	7	9	29	27	15
						15

On humecte ces compositions plus ou moins vives, et qui durent plus ou moins long-temps, avec un peu d'huile de lin ou de térébenthine, ou mieux avec de l'eau gommée, car ces huiles pourraient occasionner un retrait nuisible, et on les ralentit d'ailleurs à volonté par une faible addition de résine et d'antimoine.

Pour confectionner les cartouches des lances à feu, qui ont ordinairement 4 décimètres de longueur, et 15 à 16 millimètres de diamètre extérieur, on coupe le papier par bandes de 8 centimètres de largeur; on le roule ensuite sur un mandrin, avec l'attention qu'il ne se fasse pas de plis, et pour cela, on passe la main à plusieurs reprises, et toujours du même côté, sur la partie du mandrin recouverte par le papier; on colle le dernier tour; on ferme le cartouche en pliant le papier de 6 à 8 millimètres sur la baguette, et frappant dessus quelques coups pour l'aplatir: pour charger la lance à feu, on se sert d'un entonnoir dont la douille puisse entrer de 1 centimètre dans le cartouche; on y introduit une baguette de cuivre qui ait environ 1 millimètre de jeu dans son milieu, et qui soit, à ses extrémités, du calibre de la douille; on place la composition dans l'entonnoir, et on la refoule en haussant et baissant alternativement la baguette sans la faire sortir. Lorsque la composition est à 2 ou 3 centimètres de l'extrémité du cartouche on place par-dessus une mèche à étouille de 4 à 5 centimètres, et dont les deux bouts ressortent du cartouche, puis on recouvre le tout de pâte d'amorce.

Les lances chargées, on en fait des paquets de dix, enveloppés dans une feuille de papier.

Fusées et chargement de projectiles creux.

Fusées. Ces fusées, dont le corps doit être de bon bois, très sec, bien sain et sans nœuds, servent à communiquer le feu en un temps déterminé aux matières incendiaires contenues dans les projectiles creux, et à la poudre qui les fait éclater. Le tilleul, le frêne, le hêtre et l'orme sont les bois qui conviennent le mieux pour le corps de la fusée que l'on tourne légèrement conique, et qui était anciennement, pour les gros calibres, percé dans

toute sa longueur d'un canal où se charge la composition, et que l'on appelle la *lumière de la fusée*. Maintenant, pour tous les calibres, cette lumière ne se pratique pas dans toute la longueur du corps; on laisse au petit bout quelques lignes de bois plein, que l'on ne coupe en sifflet que lorsque la fusée est chargée, afin de prévenir les fissures pendant le chargement; mais il faut marquer extérieurement, par une rainure, la hauteur du bois plein pour atteindre sûrement la lumière en le coupant en sifflet. L'entaille en sifflet est nécessaire pour que le feu de la fusée puisse se communiquer toujours au chargement du projectile.

On se sert, pour charger les fusées des projectiles creux, de deux baguettes de cuivre poli du calibre de la lumière de la fusée où elles doivent entrer, et dont la tête est arrondie en forme de bouton; l'une est de 4 à 5 centimètres plus longue que la fusée, et l'autre est de 10 ou de 13 centimètres de longueur. L'artificier se met à cheval sur un banc percé d'un trou assez grand pour y faire entrer la fusée de 6 à 8 centimètres; par là, on la maintient d'aplomb, et l'on empêche qu'elle ne se fende en la battant; on y verse ensuite la composition avec une petite lanterne emmanchée, et on introduit la plus longue des deux baguettes, sur laquelle on frappe quinze coups égaux, à cinq reprises, avec un maillet. Après avoir tiré la baguette, on met encore une nouvelle charge de composition, et ainsi de suite jusqu'à ce que la fusée soit à moitié pleine, observant d'augmenter le nombre et la force des coups à mesure que la fusée se remplit; on se sert alors de la seconde baguette. Lorsque la fusée est aux trois quarts chargée, on place en croix, dans la lumière, deux brins de mèche d'étoupille, longs de 18 à 20 centimètres, et dont les bouts retombent dans la même position à l'extérieur de la fusée; lorsque la charge est parvenue à un centimètre de la naissance du calice, on replie les brins d'étoupille dans le calice, on les recouvre de pâte d'amorce, et l'on coiffe la fusée avec un morceau de toile ou de parchemin lié solidement à 2 centimètres au-dessous de la tête de la fusée. Pour conserver la fusée, on enduit cette coiffe avec de la poix noire ou blanche.

Lorsque l'on doit transporter en campagne des bombes, obus, ou grenades, chargés, on garantit leurs fusées du feu et de l'humidité, en trempant toute la partie de la fusée qui excède la surface du projectile dans la composition suivante :

Poix noire.....	32 parties.
Poix blanche.....	16
Huile de lin.....	6
Suif.....	1
	55

Les matières sont fondues ensemble, et la chaudière doit être retirée loin du feu lorsqu'on y fait l'immersion des fusées.

Ces fusées s'enfoncent au maillet dans l'œil du projectile, dont elles arasent presque la surface; et l'on est obligé, pour venir à bout de les retirer, d'avoir recours à une machine connue sous le nom de *tire-fusée*, ainsi que nous le verrons en traitant de l'outillage de l'artificier.

Le calibre, la longueur et la composition des fusées dépendent naturellement du calibre du projectile, et de l'intervalle que l'on veut laisser entre le moment du départ du projectile et celui où il éclate.

Le pulvérin seul, employé à charger les fusées de projectiles creux, réussit très bien; on est dans l'usage cependant d'employer à ce chargement diverses compositions que voici :

France.

	Composition n° 1.	Composition n° 2.
Antimoine.....	1 partie.....	» partie.
Pulvérin.....	6	3
Salpêtre.....	4	2
Soufre.....	2	1
	13	6

Un décimètre de la composition n° 1, battue dans la lumière d'une fusée quelconque, dure onze secondes lorsque la composition a été triturée pendant quatre heures dans le baril de trituration, et treize secondes lorsqu'elle n'a été que mélangée à la main.

Un décimètre de la composition n° 2 dure douze secondes quand la composition a été triturée, et quatorze secondes quand elle n'a été que mélangée.

Autriche.

	gros calibres.		petits calibres.	
Pulvérin.....	4	parties	3	parties.
Salpêtre en poudre impalpable. 2	2		3	
Soufre pilé et tamisé.....	1		2	
	7		8	

Angleterre.

Pulvérin.....	9	parties.
Salpêtre.....	6	
Soufre.....	5	
	20	

Compositions diverses.

Composit.	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.
Pulvérin...	5 part.	5 part.	7 part.	4 part.	10 part.	1 part.
Salpêtre...	3....	3....	4....	3....	6....	4
Soufre....	2....	1....	3....	2....	3....	2
	10	9	14	9	19	7

Prusse.

Pulvérin.....	2	parties.
Salpêtre.....	2	
Soufre.....	1	
	5	

En relatant dans ce Manuel toutes ces compositions pour fusées de projectiles creux, et en général un grand nombre de compositions d'artifices anciennes et étrangères, plus ou moins compliquées, notre intention est de mettre les artificiers à même de juger, par des essais pratiques, le peu d'importance réelle de ces tâtonnements multipliés, et de ces formules empiriques que la théorie chimique doit bannir désormais de la pyrotechnie.

Le diamètre des fusées varie de 3 à 9 millimètres, et on leur donne de 1 à 2 et jusqu'à 3 décimètres de longueur, suivant que le projectile doit parcourir, avant

..

d'éclater, un espace de 200 à 2000 mètres. Une fusée de un décimètre de longueur dure ordinairement 12 à 15 secondes, et quelquefois 15 à 18 secondes : on peut augmenter sa durée sans rien changer à sa longueur, en ralentissant la composition par une faible addition de soufre ou de résine; on peut de même diminuer sa durée en augmentant sa composition par une addition de pulvérin aux dépens du soufre; et nous avons dit déjà que le pulvérin seul produisait de très bons résultats : des obus tirés dans des obusiers à longue portée, ont presque tous éclaté à 500 mètres, avec des fusées de 6 centimètres de longueur et chargées de pulvérin.

Il est probable que l'on parviendra, par un emploi convenable de la poudre fulminante de mercure de Howard, à faire éclater les projectiles creux, et à déterminer directement, au moment où ils frappent le but, l'incendiation des matières incendiaires qu'ils renferment habituellement, sans avoir recours à une fusée qui, par la trace de lumière qu'elle laisse après elle pendant la nuit, trahit le passage et la direction du projectile, et dont la durée, toujours variable suivant les circonstances du tir, et dès-lors irrégulière et incertaine, malgré les soins et les calculs de l'artificier, n'est pas un des moindres inconvénients. Les Américains et les Anglais, qui ont fait de nombreux essais en ce genre, prétendent avoir trouvé plusieurs moyens simples et faciles pour remplir ce but, sans qu'il en résulte le moindre danger pour les chocs accidentels que les projectiles éprouvent dans leurs transports. Jusqu'à présent ces moyens, dont on fait grand mystère, ne sont que très imparfaitement connus, et il n'existe aucune série d'expériences directes et positives qui en constate l'authenticité; mais nous vivons dans un siècle où ces prétendus secrets ne peuvent plus être gardés, et celui-ci sera bientôt dévoilé, dès qu'on se décidera à encourager en France des essais de ce genre, qui nous semblent très importants dans l'usage actuel de l'artillerie.

Chargement. Le chargement d'un projectile creux se compose en général, indépendamment des matières incendiaires qu'il renferme, d'une certaine quantité de poudre destinée à le faire éclater. Cette charge de poudre, qui est

de quelques hectogrammes pour les projectiles de faible dimension, et qui peut aller depuis 1 kil. jusqu'à 2 et 3 kil. pour des bombes de très gros calibres, nous semble devoir être remplacée avec le plus grand avantage par une charge beaucoup moins volumineuse de la composition fulminante n° 1 (voyez page 147). On obtiendra ainsi, avec une plus faible charge, une explosion infiniment plus instantanée, et un plus grand nombre d'éclats lancés à de plus grandes distances; si l'on veut faire brèche à des remparts et produire un effet véritablement foudroyant, on augmentera la charge fulminante jusqu'à concurrence du poids de la charge de poudre ordinaire; si cela ne suffit pas, à raison de la capacité du projectile et de l'épaisseur de ses parois, on emploiera la composition fulminante n° 2 (voyez page 147), ou bien l'on dosera facilement une autre d'une assez grande énergie pour produire l'effet voulu.

On trouve dans l'*Aide-Mémoire* du général Gassendi les charges suivantes pour faire éclater les bombes :

Pour bombes de 32 c. (12 po.) .. 27 c. (10 po.) .. 22 c. (8 po.)
Il faut de poudre de guerre. 2 kil., 45 .. 1 kil., 47 .. 0 kil., 49.

Ces charges sont, dit-on, fort inexactes; il est certain qu'elles doivent être très variables, suivant la qualité de la poudre d'une part, et suivant la nature de la fonte d'autre part; il faut en effet de 6 à 7 hectog. de poudre ordinaire pour faire éclater les bombes de 8 pouces, et de 9 à 10 hectogrammes pour celles de 10 pouces, quand elles sont en fonte grise de la Moselle.

Les charges suivantes nous semblent à tous égards préférables à celles de poudre ordinaire :

Pour bombes de .. 32 c. (12 po.) .. 27 c. (10 po.) .. 22 c. (8 po.).
Composition fulminante n° 1 .. 0 kil., 6 .. 0 kil., 4 .. 0 kil., 2.

Roche à feu.

La roche à feu est une composition incendiaire très anciennement connue, et qu'on emploie dans un grand nombre d'artifices de guerre; l'intensité de sa flamme

détermine l'ignition rapide du bois et des autres substances combustibles avec lesquelles elle se trouve en contact ; elle y adhère avec tenacité, et les pénètre d'un feu violent et durable ; l'eau ne peut l'empêcher de brûler quand elle est contenue dans un tube imperméable, et elle ne s'éteint jamais alors sans être en totalité consumée. Il paraît que ces propriétés incendiaires de la roche à feu varient singulièrement, suivant sa préparation, et suivant l'état de division dans lequel elle se trouve répartie au moment de la combustion. Voici les différentes compositions de roche à feu le plus en usage.

Autriche.

Antimoine pilé.....	100 parties.
Etopilles ardentes.....	14
Poudre en grain.....	24
Soufre en grame.....	21
Salpêtre en poudre impalpable.....	18

177

France.

Compositions n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.
Antimoine pilé.. » part.	» part.	» part.	» part.	» part.
Poudre en grain.. 4....	3....	»....	3....	1
Pulvérin..... 4....	4....	3....	4....	1
Salpêtre..... »....	4....	1....	4....	1
Soufre..... 28....	16....	5....	10 ..	4
36	27	9	21	7

Prusse.

Poudre en grain.....	20 parties.
Pulvérin.....	2
Soufre en grame.....	20
	42

On mêle, en les triturant ensemble, l'antimoine, le salpêtre et le pulvérin ; on y ajoute la poudre en grain, en mélangeant de nouveau, et on verse ensuite la totalité de la composition, à huit reprises, et en remuant

bien à chaque reprise, dans une chaudière qui contient le soufre en fusion, et sous laquelle on doit entretenir un feu doux et modéré.

Le fourneau doit être, pour éviter l'explosion, d'une construction particulière que nous indiquerons dans la troisième partie de cet ouvrage, en parlant de l'outillage de l'artificier. On ne saurait prendre trop de précautions pour bien régler le feu; et avant de verser la composition sur le soufre, il faut s'assurer, par une ou deux pincées de composition qu'on y jette, qu'elle ne s'enflamme pas; on l'y épargille ensuite avec beaucoup de circonspection et sans à coup. Quand la totalité de la composition est versée, et que la chaudière ne contient plus qu'une pâte homogène, noire et très épaisse, on ôte la chaudière du feu, on la dépose à quelques pas du fourneau, et on continue à remuer jusqu'à ce que la roche à feu devienne tenace et gluante; on la verse alors dans un récipient en bois où on la presse avec une spatule, et on l'y laisse refroidir, s'endurcir et se consolider; on la brise ensuite en morceaux de la grosseur convenable pour l'emploi qu'on en veut faire.

Lorsque la roche à feu n'est pas complètement refroidie, et qu'elle est encore tenace et gluante, si on la sépare en très petits morceaux, et qu'on la roule dans un mélange bien homogène, à parties égales de pulvérin et de mercure de Howard, on augmente à tel point son énergie et l'instantanéité de son inflammation, qu'elle devient alors l'incendiaire le plus actif et le plus désastreux dont on puisse se servir.

§ VII.

FUSÉES DE SIGNAUX ET DE RÉJOUISSANCE; FUSÉES À LA CONGRÈVE.

Fusées de signaux et de réjouissance.

Les fusées de signaux et de réjouissance sont des cartouches de papier, de carton, de bois ou de métal, remplis de diverses compositions d'artifices dont la combustion détermine le vol rapide dans l'air; ce vol irrégulier

gulier est changé en un mouvement ascensionnel très prononcé, au moyen d'une baguette directrice dont on garnit la fusée. Le vol de la fusée est dû non seulement à la pression que les gaz résultant de la combustion exercent contre la tête de la fusée, mais encore à la résistance que l'air oppose à la sortie de ces gaz, par l'orifice de la fusée qui leur est ouvert.

De tous les moyens employés jusqu'à ce jour pour diriger le vol des fusées, la baguette est celui qui a constamment le mieux réussi. Il est nécessaire, pour prévenir les oscillations de la fusée, que le poids et la longueur de la baguette soient calculés de manière que le centre de gravité du système se trouve placé en arrière de l'orifice par lequel jaillit le fluide enflammé, et cependant, lors même que cette condition est remplie, la baguette étant fixée en dehors de la fusée, occasionne une déviation continuelle de ce côté, et peut faire retourner la fusée sur elle-même si la durée de l'ascension est considérable. Les baguettes d'un bois léger sont les meilleures : à moins que le vent ne soit très fort, et arrière, elles empêchent la fusée de tourner et de revenir sur elle-même, car elles offrent une masse bien moins grande et une surface beaucoup plus considérable que le cartouche, et il en résulte que le centre de résistance du système est à une grande distance du centre de gravité, qui doit être placé seulement à 2 ou 3 centimètres en arrière de l'orifice du cartouche, et qui précède ainsi constamment le centre de résistance dans le mouvement de translation. On donne en général à la baguette dix à douze fois la longueur de la fusée, et pour que son poids soit un lest convenable, il faut que le système reste en équilibre sur la lame d'un couteau, en y posant la baguette à deux ou trois centimètres de distance de l'orifice de la fusée.

On a essayé, pour diriger les fusées, l'emploi de ficelle ou de fil de métal tourné en hélices, et portant une boule métallique ; on s'est servi d'une garniture d'ailerons, semblable à celle d'une flèche, et aussi d'une tige de fer dans laquelle glissaient deux anneaux adaptés aux extrémités de la fusée ; mais tous ces moyens, qui n'ont jamais complètement réussi, même avec des fusées

volantes de réjouissance et de petits calibres, sont tout-à-fait impraticables à la guerre pour des fusées de signaux, et à plus forte raison pour les fusées à la Congrève, dont nous nous occuperons tout à l'heure.

Les différentes compositions dont on se sert pour enlever les fusées, quoiqu'elles soient en général formées des mêmes ingrédients, varient d'autant plus dans leurs proportions, que quelques artificiers ont supposé à tort qu'il fallait changer de composition pour chaque calibre de fusée. Quant aux garnitures de fusées, qui sont également très variables, et à leur disposition qui fait partie essentielle de la confection et du chargement de la fusée, nous ne nous en occuperons que dans la troisième partie de ce Manuel (1), après avoir décrit les différens artifices qu'on y emploie. Voici maintenant les compositions le plus en usage pour enlever les fusées de signaux et de réjouissance.

Angleterre.

Compositions n° 1.	n° 2.	n° 3.
Charbon..... 3 parties.	8 parties.	10 part.
Salpêtre..... 8.....	5.....	27
Soufre..... 2.....	3.....	6
<u>13</u>	<u>16</u>	<u>43</u>

Autriche.

Composition n° 1.	n° 2.	n° 3.
Charbon de hêtre ou de tilleul..... 1 part.	1 de chène.....	150 part.
Pulvérin..... 10....	7 { poudre... 2 pulvérin... 5 }	7
Salpêtre en poudre impalpable..... 59....	7 cristal-minéral	2
Soufre..... 22....	2.....	5
<u>92</u>	<u>17</u>	<u>164</u>

(1) Le chargement de différens cartouches s'opérant en général de la même manière, nous avons cru, pour éviter des répétitions fastidieuses des mêmes détails, devoir donner ce chargement, et, en général, toute espèce de manipulation, immédiatement après avoir traité de l'outillage.

La composition autrichienne n° 1 brûle avec peu de bruit ; le n° 2 avec plus de bruit et une faible trainée de feu ; le n° 3 en répandant de longs rayons de feu qui suivent l'ascension de la fusée.

France.

Fusées de signaux :

Compositions	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Charbon.....	15 parties.	3 parties.	9 parties.	2 parties.
Pulvérin.....	».....	1.....	».....	».....
Salpêtre.....	32.....	8.....	16.....	4.....
Soufre.....	8.....	2.....	4.....	1.....
	<u>55</u>	<u>14</u>	<u>29</u>	<u>7</u>

On se sert presque indistinctement, pour ces compositions, de charbon d'orme ou de charbon de chêne ; la composition n° 3 est celle qu'on emploie le plus ordinairement, et pour les fusées d'honneur, ou fusées en brillant, les 9 parties de charbon y sont remplacées par 5 parties de charbon et 4 parties de limaille d'acier.

Fusées de réjouissance :

Compositions	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	n° 7.
Charbon.....	4 part.	2 part.	8 part.	2 part.	3 part.	9 part.	11 part.
Fonte de fer pilé	»... »...	»... »...	»... »...	»... »...	»... »...	»... »...	10
Pulvérin.....	1... »...	4... »...	»... »...	»... »...	»... »...	»... »...	4
Salpêtre.....	10... 4...	17... 11...	8... 20...	20			
Soufre.....	2... 1...	3... 1...	1... 3...	5			
	<u>17</u>	<u>7</u>	<u>32</u>	<u>14</u>	<u>12</u>	<u>32</u>	<u>50</u>

Mais la composition qui nous semble le plus convenable à l'ascension des fusées de signaux et de réjouissance de toute espèce de calibres, est celle-ci :

Charbon.....	20 parties.
Salpêtre.....	55
Soufre.....	15
Comp. fulminante n° 5 (voy. page 152)	<u>10</u>
	100

On mélange le tout dans le baril à trituration, pendant une heure, et pour les fusées en brillant, on remplace les 20 parties de charbon par 12 de charbon et 8 de limaille d'acier; on ralentit en remplaçant les 55 parties de salpêtre, par 50 de salpêtre et 5 de soufre, ce qui alors fait en tout 20 de soufre.

Fusées à la Congrève.

Il suffit, pour former une espèce de fusée à la Congrève, dit M. de Montgéry dans son *Traité des fusées de guerre*, d'ajouter une grenade, un obus ou des matières incendiaires à l'extrémité antérieure d'une fusée volante de grandes dimensions. Lancer des projectiles incendiaires ou détonans, à l'aide de fusées, au lieu d'employer des bouches à feu, tel est le caractère principal de l'invention. Si l'on refuse au général Congrève le mérite de l'invention, parce que ces artifices, connus en Asie de temps immémorial, ont été employés autrefois en Europe, on ne peut lui contester ni l'emploi nouveau qu'il en a fait, ni les perfectionnemens qu'il y a introduits.

Le premier essai des fusées du général Congrève eut lieu en octobre 1806, contre la ville de Boulogne; depuis cette époque, les Anglais ont continué d'en faire usage dans presque toutes leurs expéditions. Les Prussiens et les Suédois commencèrent à employer ces armes en 1813. En 1814, le prince régent d'Angleterre ordonna la formation d'un corps de tireurs de fusée, et les détachemens de ce corps se trouvaient dans les rangs à Waterloo. Mais l'usage que l'on a fait jusqu'à présent à la guerre des fusées à la Congrève n'a jamais justifié d'une manière authentique et irrécusable la haute importance que les Anglais affectent d'y attacher; quant aux fables que la politique anglaise s'est plu à débiter à cet égard, l'expérience et la publicité en ont fait justice, et elles ne peuvent avoir désormais aucune influence sur le moral du soldat. En admettant que l'on puisse lancer des obus et d'autres projectiles, à l'aide de fusées, sans avoir besoin de bouches à feu, et avec quelque justesse de tir, à de très grandes portées, les fusées à la Congrève seront

sans doute avantageuses pour des sièges en pays de montagnes et pour la guerre maritime : quelques pelotons disséminés de troupes légères, ou de faibles embarcations, pourront ainsi venir bombarder une ville et échapper à ses batteries par leur mobilité. Mais sur un champ de bataille, cet avantage disparaît à cause de l'impossibilité où l'on est encore actuellement de diriger de semblables fusées sur un bat mobile et de peu d'étendue. Les travaux récents du général Congrève sur la direction et la portée des fusées concentriques, ses essais de toute espèce, que l'on répète et que l'on modifie en Autriche, en Pologne, en Prusse, et dans quelques autres pays ; les soins minutieux et la grande variété des procédés que l'on emploie pour la fabrication des fusées à la Congrève, tout semble prouver que l'on n'a réussi complètement, dans aucun pays, à vaincre les difficultés qu'oppose à la certitude du tir la nature même de ces artifices, dont le vol irrégulier et variable, malgré la régularité du chargement et l'identité de la composition, ne peut être changé en mouvement ascensionnel que par une bague directrice, sujette à plusieurs inconvénients, ainsi que nous l'avons vu en parlant des fusées de signaux et de réjouissance. Toutefois, il serait aussi peu raisonnable de laisser sans encouragemens de nouveaux essais en ce genre, et de préjuger ainsi les efforts de l'industrie, que d'adopter exclusivement, et comme moyen infaillible et général de destruction, ces armes d'un effet incertain et très limité jusqu'à présent. (1)

La composition que nous avons indiquée comme la plus convenable à l'ascension de toute espèce de fusées volantes pouvant être battue sans aucun inconvénient, même sous les pilons d'un moulin à poudre, nous semble également devoir être employée pour l'ascension des fusées à la Congrève de tout calibre, de préférence à diverses compositions, parmi lesquelles nous citerons seulement les dosages des fusées envoyées en 1819 à Ceylan, et

(1) Ces réflexions s'appliquent entièrement à l'emploi de la vapeur dans les armes.

que le général Congrève regardait comme les plus parfaites qui eussent été fabriquées.

Fusées incendiaires.

Compositions	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Charbon.....	1 part.	1 part.	1 part.
Chlorate de potasse.....	14	16	18
Salpêtre.....	7	8	10
Soufre.....	1	1	1
	23	26	30

La composition n° 1 était celle des fusées de 16 centimètres (6 pouces) de diamètre, et de 54 centimètres (20 pouces) de longueur; le n° 2, celle des fusées de 19 centimètres (7 pouces) de diamètre, et de 59 centimètres (22 pouces) de longueur; le n° 3, celle des fusées de 21 centimètres (8 pouces) de diamètre, et de 67 centimètres (25 pouces) de longueur.

Fusées à boulets du calibre de 1 jusqu'à celui de 42, de 6 jusqu'à 16 centimètres de diamètre, et de 2 jusqu'à 4 décimètres de longueur.

Compositions	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	n° 7.
Charbon.....	1 part.	1 p.	1 p.	1 p.	1 p.	1 p.	1 p.
Chlorate de potasse. 4.....	5	6	7½	9	10	12	
Salpêtre.....	2	2½	3	3½	4½	5	6
Soufre.....	1	1	1	1	1	1	1
	8	9½	11	12½	15½	17	20

Le n° 1 servait pour fusées ayant environ 6 centimètres (2 à 3 pouces) de diamètre, et 19 centimètres (7 pouces) de longueur, et portant un boulet du poids de 0 kilogramme, 50, à 1 kilogramme; le n° 7 pour fusées de 17 centimètres (6 pouces 6 lignes) de diamètre, 48 centimètres (18 pouces) de longueur, et portant un boulet du poids de 21 kilogrammes.

On a employé aussi pour compositions de fusées à la

Congrève, le pulvérin seul, ou ralenti par un peu de soufre ou rendu fusant par du salpêtre seul : dans toutes les fusées à la Congrève cette composition est battue par le choc d'un mouton, ainsi qu'on le verra dans la troisième partie de ce Manuel, où nous traiterons des manipulations.

§ VIII.

PLUIES ET JETS DE FEU; ÉTINCELLES, ÉTOILES, FEUX CHINOIS, FLEURS DE JASMIN, FLAMME DE BENGAL, MÈCHES COLORÉES.

Nous donnerons simplement ici les compositions de ces différens artifices, ainsi que les modifications dont elles nous semblent susceptibles, et nous nous occuperons plus particulièrement de leur emploi et des détails nécessaires à la confection de chacun d'eux, en traitant de la manipulation des pièces d'artifices, dont elles forment ordinairement la garniture.

Pluies et jets de feu.

Compositions n° 1.	Pluies de feu ordinaires.		d'or. d'arg.	
	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.
Charbon.....	3 parties.	5 part.	1 part.	1
Gomme.....	»	»	1	»
Limaille d'acier fine..	»	»	»	4
Pulvérin.....	16	16	16	2.. 16
Noir de fumée.....	»	»	1	1.. »
Salpêtre.....	»	8	1	8.. 1
Soufre.....	»	4	1	4.. 1
Zinc.....	»	»	»	».. 1
	19	33	21	16 24

On emploie ordinairement du charbon d'orme ou de chêne, de grosseur moyenne; parties égales de pulvérin et de charbon suffisent pour une pluie de feu en gerbe ordinaire. En y ajoutant, ainsi qu'aux compositions ordinaires, quelques parties de nitrate de strontiane en poudre, et en les humectant en outre d'alcool saturé de chlorate de strontiane, la pluie de feu se colore en

un rouge plus ou moins foncé ; il faut avoir soin de ne pas tamiser le charbon trop fin : c'est en remuant à la spatule, plutôt qu'en triturant à la molette, que l'on obtient l'homogénéité de mélange nécessaire à la beauté de la pluie de feu.

Jets de feu ordinaires.

Compositions n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Antimoine... » partie.	» partie.	1 partie.	1 part.
Charbon fin.. 3	4	2	4
Pulvérin.... 16	16	16	12
Soufre..... »	»	»	6
19	20	19	23

Jets de feu brillans.

Compositions n° 1.	n° 2.	étincelans. n° 3. n° 4.
Limaille de fer. 1 partie d'acier.	1 d'acier, fine.	5.. 7
Pulvérin..... 4	4	18.. 16
Salpêtre..... »	»	2.. 1
Soufre..... »	1	».. 1
5	6	25 25

Jets de feu colorés.

	blanc.	bleuâtre.	verdâtre.	rougeâtre.
Compositions. n° 1. n° 2. n° 3.	n° 1. n° 2. n° 3.			
Cuivre... » » »	» » »	1	»	
Pulvérin.. 14 8 16	8 4 8	5	15	
Salpêtre... 8 1 4	1 2 4	»	»	
Soufre.... 2 » 3	4 3 4	»	»	
Strontiane. » » »	» » »	»	4	
Zinc..... » » »	3 17	»	»	
24 9 23	13 12 33	6	19	

Pour obtenir ces jets de feu, on charge de composition des cartouches du calibre de 1 jusqu'à 3 centimètres, et dont la longueur varie de 1 jusqu'à 2 décimètres, suivant la grosseur et la durée du jet que l'on veut obtenir. Il est bon d'humecter les nuances blanches et

vertes avec un peu d'alcool camphré, et la nuance rougeâtre avec de l'alcool saturé de chlorate de strontiane. Cette nuance rougeâtre s'obtient encore avec parties égales de pulvérin et de cuivre rouge en limaille.

Étincelles, étoiles, feux chinois et fleurs de jasmin.

	Etincelles.	
	ordinaires.	rayonnantes.
Alcool.....	1 partie.	2 parties.
Camphre.....	2	2
Coton.....	1	1
Composition fulminante (n° 5).	»	2
Pulvérin.....	1	2
Salpêtre.....	1	1
Zinc.....	»	1
	6	11

Après avoir mélangé les ingrédients à la spatule, et formé ainsi une composition bien homogène, on ajoute l'alcool de manière à former une pâte très liquide, dont on imbibe de petites pelotes de coton que l'on roule dans du pulvérin sec.

Compositions	Étoiles.		très brillantes.	
	ordinaires.			
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Alcool.....	1 partie.	10 part.	» part.	1 part.
Antimoine..	1	13	2	1
Cristal pilé.	2	11	»	21
Gomme....	»	15	»	1
Pulvérin...	3	17	5	2
Salpêtre....	8	100	16	15
Soufre.....	4	50	8	6
Zinc.....	»	»	»	2
	19	216	31	49

On forme, à l'aide de l'alcool, une pâte très ferme qu'on étend sur une table, et qu'on aplatit jusqu'à l'épaisseur de 8 à 11 millimètres; on découpe dans cette pâte, soit au couteau, soit à l'emporte-pièce, des carrés

ou des rondelles de 4 à 5 millimètres, destinés à former les étoiles; on les saupoudre de pulvérin sec, et on laisse sécher à l'ombre.

Feux chinois.

ordinaires.

très brillans.

Compositions n° 1. n° 2. n° 3. n° 1. n° 2. n° 3. n° 4.

Charbon.....	» part.	1 p.	3 p.	4 p.	» p.	1 p.	» p.
Fonte de fer..	2	2	7	5	3		3
Pulvérin.....	16	4	16	8	4	8	8
Salpêtre.....	3	4	»	6	4	1	2
Soufre.....	1	1	3	6	1	1	1
	22	12	29	29	12	19	14

Fleurs de jasmin.

ordinaires. très brillantes.

Compositions.. n° 1. n° 2. n° 3.

Acier (limaille ou copeaux) .	6 part.	5 p.	4 p.
Pulvérin	16	16	20
Salpêtre.....	1	1	1
Soufre.....	1	1	1
Zinc.....	»	»	4
	24	23	30

Les compositions de feux chinois et de fleurs de jasmin se manipulent de la même manière; on mélange séparément le soufre, la fonte de fer et les copeaux, ou la limaille d'acier, en les humectant de très peu d'alcool, et on ajoute ensuite ce mélange à celui du reste de la composition; on proportionne la grosseur de la fonte pulvérisée, ou de la limaille d'acier, au calibre des cartouches que l'on charge, en réservant la fonte passée au tamis le plus fin, pour les plus petits cartouches.

Nous croyons inutile d'ajouter, après avoir donné ces diverses compositions, qu'elles ont été modifiées de mille manières, suivant la fantaisie de divers artificiers, et que l'artificier instruit doit tâcher de simplifier ses compositions, au lieu de les compliquer sans nécessité.

Flammes de Bengale, et mèches colorées.

Flammes de Bengale.

Compositions.....	ordinaires.	étincelantes.		
	n° 1.	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Antimoine.....	1 partie.	1 p.	1 p.	1 p.
Composition fulminante..	»	2	2	2
Salpêtre.....	5	4	5	6
Soufre.....	2	4	2	1
	8	11	10	10

On se sert pour la composition n° 1, de la composition fulminante n° 4; pour le n° 2, de la composition fulminante n° 3, et pour le n° 3, de la composition fulminante n° 2.

Après avoir mélangé les ingrédients, et lorsqu'on a passé ce mélange homogène dans un très gros tamis de crin, on en remplit des vases cylindriques ou même plus étroits du haut que du bas. On saupoudre la superficie de pulvérin, et on la couvre d'une feuille de papier percée de quelques trous par lesquels on fait sortir des étoupilles communiquant avec le pulvérin. On peut faire des flammes de Bengale depuis quelques décagrammes jusqu'à cent kilogrammes.

Mèches colorées.

	verdâtre, bleuâtre, rougeâtre.		
Antimoine.....	1.....	2.....	»
Cuivre (limaille de)....	3.....	».....	»
Soufre.....	48.....	45.....	45
Strontiane (nitrate de)..	».....	».....	7
Zinc.....	».....	5.....	»
	52	52	52

On fait fondre le soufre à un feu très doux; on y ajoute, par petites portions, les autres ingrédients, et on y trempe des mèches de coton de la grosseur convenable pour le dessin qu'elles doivent illuminer; on les

saupoudre de pulvérin sec à mesure qu'on les retire de la chaudière, et on les met ensuite sécher à l'ombre. Il faut avoir soin de maintenir le soufre à peine liquide, pour éviter les déflagrations qui peuvent avoir lieu, surtout avec le nitrate de strontiane. Pour prévenir toute espèce d'accident, on ne fait fondre que les deux tiers du soufre, et l'on forme avec le tiers restant et les autres ingrédients, un mélange impalpable dont on saupoudre les mèches soufrées, encore gluantes, et que l'on roule ensuite dans du pulvérin sec.

Compositions diverses de lances colorées.

	blanches,		jaunes,		bleues, roses.	
Compositions..	n° 1.	n° 2.	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Ambre.....	» part.	» p.	3 p.	» p.	» p.	» p.
Antimoine....	»	»	»	»	2	»
Charbon fin...	»	»	»	»	»	2
Cristal pilé...	2	1	»	»	»	»
Noir de fumée.	»	»	»	»	»	1
Pulvérin.....	4	4	6	8	»	»
Salpêtre.....	24	16	4	16	4	4
Sel marin.....	»	»	»	6	»	»
Soufre.....	6	1	1	12	1	»
	36	22	14	42	7	7

Quelques unes de ces lances absorbent l'humidité, et ne se conservent pas; mais quand on les emploie de suite, elles sont d'un très bel effet. Les nos 1 et 2, pour lances blanches, s'humectent avec de l'eau gommée: 1 décimètre du n° 1, qui sert pour décorations, dure de 2 à 3 minutes: 1 décimètre du n° 2, qui sert pour pièces tournantes, ne dure qu'une minute: 1 décimètre des lances jaunes dure 3 minutes. On humecte la lance bleue avec de l'huile de lin; 1 décimètre dure 1 minute; la durée de la lance rose est la même.