

organiques se change d'abord en ammoniacque, qui, en présence de l'air et sous l'influence des corps divisés et des substances animales agissant comme la mousse de platine, est transformée en acide azotique; cet acide décompose les carbonates alcalins et calcaires, et forme des azotates de chaux et de potasse.

L'azotate d'ammoniacque, qui existe en petite quantité dans l'air, joue aussi un rôle important dans la nitrification; les deux éléments de ce sel peuvent concourir à la formation du nitre. En effet, l'azotate d'ammoniacque, en présence des carbonates calcaires et magnésiens, produit par double décomposition des azotates de chaux et de magnésie et du carbonate d'ammoniacque: la base de ce dernier sel, subissant à son tour l'action oxydante de l'air en présence des corps poreux, se trouve transformée en acide azotique, qui peut agir de nouveau sur les carbonates et former une nouvelle quantité de nitre (M. Kuhlmann).

On peut même admettre que l'oxydation directe des matières azotées produise de l'acide azotique qui se combine directement avec les bases terreuses (MM. Cloëz et P. Thenard).

On voit qu'il existe des relations incontestables entre trois grands phénomènes naturels, savoir, la décomposition des substances organiques, la nitrification et la fertilisation des terres. En effet, toute matière organique que l'on abandonne à l'air finit par se décomposer complètement: l'azote qu'elle contient se dégage à l'état de carbonate d'ammoniacque, qui, se répandant d'abord dans l'air, est continuellement ramené par les pluies à la surface de la terre. Là, une partie du carbonate d'ammoniacque agit comme engrais et se trouve absorbée par les plantes; l'autre se change en azotate d'ammoniacque, sous l'influence simultanée de l'oxygène de l'air, des corps poreux et des substances organiques en décomposition. L'azote des substances organiques peut donc se transformer tantôt en ammoniacque, tantôt en acide azotique, suivant qu'il se trouve placé sous des influences hydrogénantes ou oxygénantes.

#### POUDRE A TIRER.

##### Composition de la poudre.

La poudre est un mélange intime de nitre, de soufre et de charbon. On en distingue trois espèces principales: la *poudre de guerre*, la *poudre de chasse* et la *poudre de mine*.

La poudre de chasse fabriquée dans les poudreries de l'État est formée de :

Nitre.....	76,9
Charbon.....	13,5
Soufre.....	9,6
	100,0

La poudre de mine contient :

Nitre.....	62
Charbon.....	18
Soufre.....	20
	100

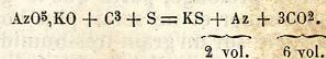
Le dosage des poudres de guerre est à peu près le même dans tous les pays. On conçoit qu'il n'y ait que de faibles différences dans la composition d'une matière qui, comme la poudre de guerre, doit remplir certaines conditions invariables.

Le tableau suivant fait connaître la composition des poudres de guerre employées dans les différents pays.

	NITRE.	CHARBON.	SOUFRE.
France.....	75,00	12,50	12,50
Prusse.....			
États-Unis d'Amérique.....			
Angleterre.....	75,00	15,00	10,00
Russie.....	73,78	13,59	12,63
Autriche.....	76,00	11,50	12,50
Espagne.....	76,47	10,78	12,75
Suisse (poudre ronde).....	76,00	14,00	10,00
Hollande.....	70,00	16,00	14,00
Suède.....	75,00	9,00	16,00
Chine.....	75,00	14,40	10,60

**Propriétés de la poudre.** — On sait que la poudre s'enflamme facilement sous l'influence de la chaleur, et qu'elle développe presque instantanément un volume considérable de gaz qui agit alors comme un ressort énergétique.

Il est facile de se rendre compte de l'effet dynamique de la poudre et de la grande quantité de gaz qu'elle produit; supposons en effet que l'on porte à une température élevée un mélange de salpêtre, de soufre et de charbon; la formule suivante démontre que, dans cette combustion, il se forme du sulfure de potassium et une quantité de gaz considérable :



Il serait possible d'augmenter la quantité du gaz produit, en introduisant dans la poudre assez de charbon pour transformer en oxyde de carbone tout l'acide carbonique qui doublerait alors de volume; mais on diminuerait beaucoup la chaleur produite par la détonation, et nous verrons plus loin que l'élévation de température, au moment de la combustion, exerce une grande influence sur l'effet dynamique de la poudre.

La formule  $\text{AzO}^5, \text{KO} + \text{C}^3 + \text{S}$  correspond aux nombres suivants :

Nitre.....	74,84
Charbon.....	13,32
Soufre.....	11,84

En comparant ces nombres théoriques avec les nombres donnés par la pratique, on reconnaît qu'ils se confondent presque

exactement; en effet la poudre de guerre a pour composition :

Nitre.....	75,00
Charbon.....	12,50
Soufre.....	12,50

On pourrait donc considérer la poudre à tirer comme un mélange, à proportions définies, dont la combustion doit donner naissance à 1 équivalent de sulfure de potassium, à 2 volumes d'azote et 6 volumes d'acide carbonique. Mais les produits de la combustion de la poudre ne sont pas aussi simples, il se forme, outre ces trois corps, de l'oxyde de carbone, de l'acide sulfhydrique, de l'hydrogène carboné, du sulfure de carbone, du sulfate et du carbonate de potasse, du cyanure de potassium et de la vapeur d'eau.

Les proportions des corps employés pour la préparation de la poudre ne sont pas les seules conditions qui font varier le volume des gaz développés au moment de la combustion : l'état physique d'une poudre exerce aussi une grande influence sur ses effets balistiques.

Les grains de poudre doivent présenter une dureté assez grande pour que les frottements et les chocs qu'ils éprouvent pendant les transports et dans la confection des munitions, ne produisent pas une quantité considérable de poussier qui nuirait à la rapidité de l'inflammation de la poudre.

Une bonne poudre doit être assez dure pour ne pas s'égrener entre les doigts et ne pas les tacher.

Lorsque les grains de poudre n'ont pas subi le *lissage*, le plus léger frottement suffit pour en détacher une quantité considérable de *pulvérin*, ce qui diminue beaucoup l'effet balistique de la poudre.

Le *lissage* enlève les aspérités des grains, et leur donne du lustre et du poli en durcissant leur surface : toutefois, le *lissage* ne doit pas être trop prolongé, parce que le grain deviendrait moins facile à enflammer et ne serait plus homogène, surtout si le *lissage* était opéré sur un grain très-humide.

Le *grenage* peut faire varier les qualités d'une poudre : en comparant de la poudre grenée et de la poudre en masse, on reconnaît que la poudre grenée s'enflamme presque instantanément, parce que la flamme pénètre dans les interstices existant entre les grains, tandis que la poudre en masse brûle lentement et par couches. Une poudre en masse introduite dans une arme ferait *long feu*.

La grosseur du grain doit être appropriée à la nature de l'arme : dans les petites armes, on emploie toujours des poudres à grains fins.

Cette grosseur varie d'ailleurs suivant les espèces de poudre et leur mode de fabrication.

La densité influe beaucoup sur les qualités d'une poudre. Les poudres denses s'enflamment moins facilement que les poudres légères et poreuses; mais elles donnent moins de déchet dans le transport.

Les poudres qui émettent leur gaz trop rapidement sont nommées *brisantes*; elles portent une grande partie de leur effet sur les parois de l'arme, qu'elles peuvent faire éclater sans que leur puissance balistique s'accroisse dans une proportion considérable. Elles ont sous ce rapport de l'analogie avec les fulminates de mercure et d'argent, et avec l'or fulminant. Les fulminates la poudre au chlorate produisent toujours cet effet.

Les causes qui contribuent à rendre les poudres brisantes sont l'emploi d'un charbon trop inflammable, la légèreté du grain, ou le défaut de pression dans le mélange intime de nitre, de soufre et de charbon.

Un charbon de bois dur donne des poudres peu inflammables. Dans une bonne fabrication on doit donc observer un certain rapport entre l'état du charbon, la densité de la poudre et la grosseur du grain.

Un même mélange de nitre, de soufre et de charbon, produit une poudre de bonne qualité, ou bien une poudre brisante, suivant la grosseur, la forme, la densité du grain. C'est en faisant varier ces diverses conditions que l'on obtiendra une poudre de la qualité voulue.

*La meilleure poudre pour une arme donnée est celle qui brûle d'une manière complète dans le temps que le projectile met à parcourir l'âme de la pièce, de manière à lui imprimer, non instantanément, mais successivement, toute la force de projection dont elle est susceptible (M. Piobert).*

La poudre détone sous l'influence d'une étincelle électrique, d'un choc violent, par le contact d'un corps en ignition, ou par une élévation de température d'environ 300° : la flamme de l'alcool ou celle de l'hydrogène ne suffisent pas toujours pour produire l'inflammation de la poudre.

La poudre s'enflamme dans un briquet pneumatique avant que le volume de l'air soit réduit à un douzième du volume primitif.

On a cru pendant longtemps que le choc du fer contre un corps très-dur pouvait seul enflammer la poudre; mais l'expérience a montré que les chocs du cuivre contre le cuivre, du fer contre le marbre, peuvent également la faire détoner.

Le choc d'une balle de plomb lancée par un fusil enflamme la poudre placée sur du plomb ou même sur du bois.

Différentes causes peuvent accélérer ou retarder l'inflammation de la poudre : les poudres humides brûlent toujours plus lentement que les poudres sèches; les poudres anguleuses s'enflamment plus rapidement que les poudres rondes; les poudres non lissées sont plus inflammables que les poudres lissées.

La poudre ne s'enflamme que lorsqu'on la porte subitement à une température rouge; si on la soumet à l'action d'une chaleur lentement croissante, le soufre qu'elle contient fond et se sépare du mélange. On peut même distiller le soufre en chauffant la poudre dans le vide.

Le charbon ayant la propriété d'absorber l'humidité en raison de sa porosité, la poudre, quelle qu'en soit la qualité, ne peut

être conservée parfaitement sèche, même dans les meilleurs magasins : l'eau, en pénétrant dans le grain de la poudre, fait varier ses effets balistiques, détermine l'efflorescence du salpêtre à la surface du grain, détruit l'intimité du mélange et l'aggrégation des composants.

Les poudres fabriquées avec du salpêtre pur absorbent l'humidité avec d'autant plus de rapidité et en quantité d'autant plus grande qu'elles contiennent plus de charbon et qu'il s'est formé plus de poussier : l'absorption de l'humidité est plus grande pour les poudres fabriquées avec du charbon roux, que pour celles qui sont faites avec du charbon noir.

Dans les magasins secs, les poudres ordinaires contiennent 0,5 à 0,6 pour 100 d'humidité, quand le salpêtre est très-pur ; lorsque la poudre est exposée pendant plusieurs mois dans des lieux très-humides, elle absorbe une quantité d'humidité beaucoup plus grande.

En général, la poudre à grains très-fins absorbe l'humidité plus rapidement que la poudre à gros grains.

Le résidu solide de la combustion de la poudre forme dans l'arme une crasse qui augmente d'épaisseur à chaque coup. Cet inconvénient est très-grave, surtout pour la poudre de chasse et la poudre de mousqueterie, et ne permet pas de faire un feu vif pendant un certain temps.

La quantité de crasse que produit une poudre dépend de la pureté de ses composants et de leurs proportions. Un excès de soufre, une trituration incomplète, sont des causes d'encrassement ; le degré de siccité et la rapidité de la combustion exercent aussi une grande influence sur l'encrassement.

Les poudres à très-gros grains ou les poudres employées humides laissent en brûlant beaucoup de crasse.

Les produits de la détonation de la poudre sont solides et gazeux.

Les produits solides sont, comme nous l'avons dit précédemment, du sulfure de potassium, du sulfate et du carbonate de potasse, du cyanure de potassium : ces différents corps se trouvent en grande partie entraînés par les produits gazeux et même volatilisés par la haute température qui résulte de la combustion de la poudre.

On a essayé de déterminer la nature des gaz provenant de la combustion de la poudre, en tassant de la poudre dans une petite cartouche de cuivre, l'enflammant et la portant ensuite sous une cloche remplie de mercure ; on obtient ainsi un mélange gazeux formé principalement d'acide carbonique, d'azote et d'oxyde de carbone. Toutefois nous ferons observer que les gaz qui se produisent ainsi ne peuvent être comparés à ceux qui prennent naissance dans les armes, parce que les conditions de combustion ne sont pas les mêmes.

Gay-Lussac a analysé les gaz de la poudre en faisant tomber de la poudre grain à grain dans un tube incandescent ; il a trouvé que ces gaz étaient formés de 50 parties d'acide carbonique, 5 d'oxyde de carbone et 42 d'azote.

M. Chevreul, en faisant brûler, sous une cloche pleine de mercure, de la poudre de guerre pulvérisée et tassée dans un petit tube de cuivre, a trouvé pour 100 parties de gaz, en volumes :

Acide carbonique.....	45,41
Azote.....	37,53
Gaz nitreux.....	8,10
Hydrogène sulfuré.....	0,50
Hydrogène carboné.....	3,59
Oxyde de carbone.....	4,87
	100,00

Ces gaz contenaient en outre une certaine quantité de vapeur d'eau.

La quantité de gaz que produit la poudre en brûlant est sujette à des variations dont la cause n'a pas encore été bien appréciée ; théoriquement la quantité de gaz produit par la combustion de la poudre devrait être pour 100 grammes de poudre d'environ 50 litres supposés à la température de 0° et sous la pression de 0<sup>m</sup>,76.

Ainsi un litre de poudre pesant 900 grammes a donné 450 litres de gaz, supposés sous la pression de 0<sup>m</sup>,76 et à la température de 0° (Gay-Lussac).

Au moment où l'explosion a lieu, les gaz se trouvant portés à une température très-élevée qui les dilate considérablement, on peut admettre qu'un volume de poudre donne en brûlant au moins 2,000 volumes de gaz.

La température produite au moment de l'explosion doit être évaluée à plus de 1200°. Elle est suffisante pour faire fondre l'or, les pièces de monnaie, le cuivre rouge ; elle ne détermine pas la fusion du platine.

Pour que cette élévation de température produise tout son effet, il faut que la combustion de la poudre se fasse très-rapidement, afin que la chaleur agisse sur le mélange gazeux, le dilate et augmente ainsi sa force élastique.

Nous allons maintenant indiquer les qualités que doivent présenter les différentes matières qui entrent dans la composition de la poudre.

#### Nitre.

Ce corps est toujours livré aux poudreries françaises par les raffineries de l'Etat dans un état de pureté presque absolue ; il ne doit jamais contenir plus de 3 millièmes de sels étrangers.

En France, on emploie le nitre en petits cristaux ; en Angleterre, on donne la préférence au nitre fondu.

#### Soufre.

On emploie en France le soufre distillé, et recueilli en masse

dans des barils, où on le coule pendant qu'il est liquide. Le soufre fondu est préféré à la fleur de soufre, qui n'est jamais pure, et contient une certaine quantité d'acide sulfurique et d'acide sulfureux. Tout le soufre destiné à la fabrication des diverses espèces de poudres provient de la raffinerie de Marseille.

### Charbon.

Le choix et la préparation du charbon sont d'une grande importance dans la fabrication de la poudre.

Tous les bois ne sont pas également propres à fournir du charbon pour la poudre.

Le bois de bourdaine est presque exclusivement employé en France pour la fabrication du charbon destiné aux poudres de guerre et de chasse. Les bois de bourdaine, de peuplier, d'aune, de tremble, de tilleul et de saule sont à peu près également propres à la fabrication du charbon qui doit entrer dans la composition de la poudre de mine. Au besoin, les charbons de ces diverses espèces de bois serviraient pour toutes les poudres.

On coupe les pousses de bourdaine lorsqu'elles ont cinq ou six ans au plus; on leur enlève l'écorce, qui laisse en brûlant plus de cendre que l'aubier, et on choisit les brins dont le diamètre varie entre 0<sup>m</sup>,015 et 0<sup>m</sup>,030.

Le charbon est préparé en fosses ou en vases clos.

**Carbonisation en fosses.** — On établit une fosse de 3 mètres de longueur et 12 décimètres de profondeur, dont les parois sont en briques; on y introduit des bottes de bois du poids de 14 kilogrammes chacune, soutenues par une perche longitudinale, en laissant dans la fosse un vide que l'on remplit avec des branchages. On y met le feu, qui bientôt se répand dans la masse, et détermine l'affaissement du bois. A mesure que le vide se produit, on le remplit avec de nouvelles bottes de bois, de manière à combler la fosse.

Quand la combustion ne s'opère plus avec flamme, on considère la carbonisation comme achevée; pour arrêter la combustion, on recouvre la fosse d'un couvercle de tôle mouillée, puis d'une certaine quantité de terre. La fosse ne peut être vidée que deux ou trois jours avant l'opération: sans cette précaution, le charbon encore chaud s'enflammerait à l'air.

Ce procédé donne du charbon qui a besoin d'être trié avec le plus grand soin, pour en séparer les corps étrangers et les parties mal cuites, que l'on nomme *brûlots* ou *fumerons*.

Le rendement du bois en charbon propre à la fabrication de la poudre est de 20 p. 100.

La direction des poudres a remplacé les fosses par des chaudières de fonte, sur lesquelles on place un couvercle de tôle pour étouffer le feu. C'est ainsi qu'on prépare maintenant tout le charbon destiné aux poudres de guerre.

**Carbonisation en vases clos.** — Cette carbonisation s'opère en chauffant le bois dans des cylindres de fonte. Les matières vola-

tiles se dégagent par un tube, qui les mène dans une cheminée. Cette distillation se fait à une température qui n'atteint jamais le rouge. Elle doit être conduite lentement lorsqu'on veut préparer du charbon pour la poudre de choix: la distillation du bois, pour la poudre royale, dure environ douze heures. On obtient ainsi du *charbon roux*. C'est un charbon qui contient beaucoup d'hydrogène et d'oxygène, et qui est plutôt du bois torréfié réduit à l'état de fumeron, que du charbon pur. Le charbon roux ne contient pas au delà de 70 à 72 pour 100 de carbone.

100 parties de bois sec donnent environ 40 parties de charbon roux.

### Fabrication de la poudre.

La fabrication de la poudre se fait par deux procédés principaux: 1<sup>o</sup> par le procédé des *pilons*; 2<sup>o</sup> par celui des *meules*.

**Procédé des pilons.** — Dans ce procédé, la trituration s'effectue au moyen de pilons dans des mortiers de bois. Ces pilons (fig. 90) sont formés de pièces de bois de hêtre du poids de 20 kilogrammes, et garnis à leur extrémité d'une boîte pyramide

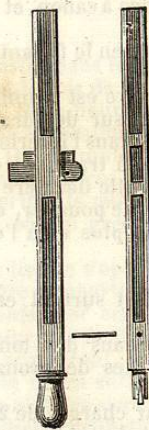


Fig. 90.

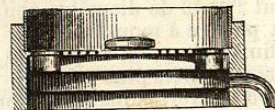


Fig. 91.

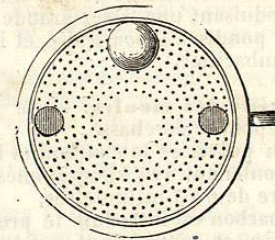


Fig. 92.

de bronze pesant aussi 20 kilogrammes environ. Les mortiers sont creusés dans une forte pièce de bois de chêne; le fond de chaque mortier, qui doit offrir une grande résistance, est formé par une bille de bois debout. Les moulins à pilons sont mis en mouvement par une même roue hydraulique.

La mise en composition commence par le battage du char-

bon : le soufre est pulvérisé à part dans des tonnes de trituration. On place d'abord dans chaque mortier 1<sup>k</sup>,25 de charbon, puis un mélange de 7<sup>k</sup>,50 de salpêtre et 1<sup>k</sup>,25 de soufre. Ces trois matières sont soumises à un battage dont la durée est de onze heures, et qui n'est interrompu que par des *rechanges* ou transports d'un mortier dans un autre, ayant pour but d'empêcher qu'un *culot* de matière n'adhère au fond du mortier. Après huit rechanges, le battage continue deux heures encore sans interruption. La matière doit être mouillée pour qu'elle puisse prendre corps. En sortant des pilons, elle forme une pâte dure et encore humide que l'on nomme *galette*. Cette galette, avant d'être grenée, est soumise à deux opérations préliminaires, le *guillaumage* et l'*essorage*. On fait passer la matière à travers un crible appelé *guillaume*, dont les trous ont un diamètre de 8<sup>mm</sup> environ. L'ouvrier, par un mouvement de va-et-vient imprimé au crible, donne un mouvement circulaire à un tourteau de bois dur, de forme lenticulaire, placé sur le crible : ce tourteau concasse la galette (fig. 91 et 92).

L'essorage consiste à exposer à l'air le produit précédent pour lui faire subir un commencement de dessiccation qui facilite le *grenage*.

Le grenage donne à la poudre un grain uniforme. Il se fait au moyen d'un tourteau de bois sur des cribles de peau, dont les trous ont 2<sup>mm</sup>,40 de diamètre pour la poudre à canon, et 1<sup>mm</sup>,50 pour la poudre à mousquet.

On élimine le grain trop fin ou poussier, en le faisant passer à travers des *perces* plus petites.

Après ces diverses manipulations, la poudre est soumise à la dessiccation, soit en plein air, en l'étendant sur des draps, soit dans des séchoirs ou vastes caisses fermées, dans l'intérieur desquelles on lance l'air chaud qui s'échappe à travers la couche de poudre et se charge de son humidité. Cette dernière opération produisant une assez grande quantité de poussier, on soumet la poudre à l'*époussetage*, et il ne reste plus qu'à l'essayer et à l'embariller.

**Procédé des meules.** — Ce procédé est surtout employé pour la poudre de chasse.

1° On pulvérise le charbon et le soufre dans des tonnes de bois, contenant 120 kilogrammes de gobilles de bronze d'un diamètre de 6 à 7 millimètres.

Le charbon est introduit le premier par charges de 21 kilogrammes, et trituré seul pendant huit à douze heures. On y ajoute ensuite 15 kilogrammes de soufre qu'on fait tourner avec le charbon pendant quatre heures.

2° On prend 6 kilogrammes de ce mélange binaire et 20 kilogrammes de salpêtre, que l'on met avec 60 kilogrammes de gobilles, d'environ 5 millimètres de grosseur dans une tonne de cuir. La trituration du mélange ternaire s'opère dans l'espace de douze heures à la vitesse de 20 à 25 tours par minute.

3° Au sortir de la tonne, ce mélange est arrosé de 1 à 2 pour

100 d'eau, puis porté sous des meules de fonte, garnies d'un anneau de bronze du poids de 2,500 kilogrammes, que l'on nomme *meules légères*, par comparaison avec les meules plus pesantes qui servent pour la poudre royale (fig. 93).

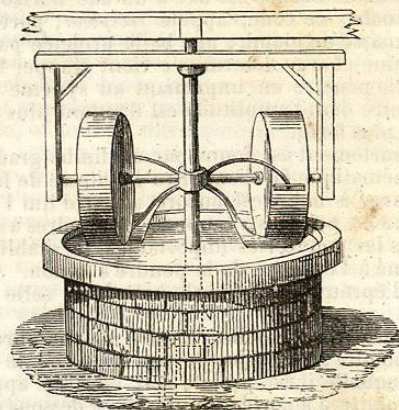


Fig. 93.

Le bassin dans lequel tournent les meules est en bois, on le charge à la fois de 50 kilogrammes de mélange que l'on triture pendant deux heures. En ralentissant la marche des meules à la fin de la trituration, on forme des galettes qui contiennent 2 à 3 pour 100 d'humidité.

4° On réduit ces galettes en grains au moyen d'une machine qui imprime le mouvement à huit tamis montés sur un même châssis, et qui grène environ 80 kilogrammes de galette par heure.

5° Le lissage s'opère dans des tonnes de bois, divisées en trois ou quatre compartiments par des cloisons transversales, et pouvant renfermer chacune 100 ou 150 kilogrammes de poudre. Les grains, en frottant sur eux-mêmes et sur les parois de la tonne, acquièrent, dans l'espace de vingt-quatre heures, la dureté et le lustre suffisants.

6° Le séchage s'opère, soit par l'exposition au soleil, soit sur une sécherie artificielle établie dans le système que nous avons déjà décrit précédemment.

(\*) **Épreuve de la puissance balistique des poudres.**

La poudre de guerre, avant d'être livrée aux diverses *places approvisionnées* par la poudrerie, est soumise à des épreuves qui ont pour but de constater qu'elle remplit les conditions balis-

tiques exigées par les règlements. Une épreuve est faite sur chaque portion de 5,000 kilogrammes. L'appareil destiné à donner une mesure de la force de la poudre est connu sous le nom de *pendule balistique*.

Un cône creux de bronze est fixé à un axe horizontal mobile sur des coussinets : ce cône, appelé *récepteur*, porte intérieurement une masse de plomb ; une balle projetée par un canon de fusil avec une charge déterminée vient frapper la masse de plomb, où elle pénètre en imprimant au système un mouvement oscillatoire dont l'amplitude est d'autant plus grande que la poudre est plus forte.

L'angle d'écartement est donné par un limbe gradué, et une formule mathématique fait connaître la vitesse de la balle.

Le fusil chargé à balle est encore aujourd'hui l'instrument d'épreuve pour les poudres à canon et les poudres à mousquet : toutefois, dans les poudreries importantes, on établit un canon pendule destiné à l'épreuve de la poudre à canon.

On joint à l'épreuve du pendule balistique celle du *mortier éprouvette*.

L'axe du mortier est incliné à 45° : sa chambre reçoit 92 grammes de poudre ; le projectile est un globe de bronze, et la distance à laquelle il est projeté sert encore à apprécier l'énergie de la poudre. La portée minimum au-dessous de laquelle la poudre n'est pas admissible est de 225 mètres.

Quant à la vitesse initiale au pendule balistique, elle doit être au moins égale à 450 mètres par seconde, la charge du fusil étant de 10 grammes, et le diamètre de la balle de 16<sup>mm</sup>,3. Les balles sont tirées avec le canon du fusil d'infanterie.

Les poudres de chasse sont également soumises à des épreuves balistiques.

(\*) **Analyse de la poudre.** — Pour analyser la poudre, on commence par déterminer la quantité d'eau qu'elle contient, en la soumettant, dans une étuve ou dans un tube traversé par un courant d'air, à une dessiccation à la température de 100° jusqu'à ce qu'elle ne perde plus de son poids. La différence de poids, avant et après la dessiccation, donne la quantité d'eau contenue dans la poudre.

La proportion de nitre s'obtient en soumettant la poudre desséchée à l'action de l'eau qui dissout ce sel et laisse le soufre et le charbon. La liqueur et les eaux de lavage sont évaporées à siccité, et le résidu, fondu à une douce chaleur, donne le poids du nitre.

Il ne reste plus qu'à séparer le soufre du charbon. On peut épuiser ce mélange de soufre et de charbon desséché par du sulfure de carbone dissous dans l'alcool ou l'éther.

Le charbon ainsi séparé ne représentant pas du carbone pur, il est nécessaire d'en opérer la combustion dans l'appareil dont on se sert pour les analyses organiques. Cette analyse présente surtout de l'importance dans le cas des poudres faites avec du charbon roux qui renferme une proportion appréciable d'hy-

drogène, dont la présence exerce une grande influence sur la combustibilité de la poudre.

Quand on veut doser directement le soufre, il convient d'employer un autre mode de dosage plus exact que le précédent, et qui consiste à transformer ce corps en sulfate de potasse au moyen du nitre et du carbonate de potasse et à déterminer ensuite la quantité de sulfate de potasse produite, en le précipitant par un sel de baryte. Comme la réaction du nitre sur le soufre et le charbon donne lieu à une déflagration assez vive qui pourrait projeter une partie de la poudre et rendre l'analyse inexacte, on mêle le nitre avec un grand excès de sel marin pur qui, en agissant comme corps inerte, modère par sa présence l'action trop vive du nitre sur la poudre.

L'analyse s'exécute de la manière suivante : on pèse 5 grammes de la poudre à analyser, 5 grammes de carbonate de potasse pur, 5 grammes de nitre et 20 grammes de chlorure de sodium. On mélange intimement ces quatre corps et on les chauffe au rouge dans un creuset. Lorsque la réaction est terminée, on reprend la masse par l'eau et l'on traite cette dissolution par l'acide azotique, qui décompose le carbonate de potasse en excès. La liqueur est alors précipitée par le chlorure de baryum ; il se forme du sulfate de baryte insoluble, dont le poids fait connaître la quantité de soufre que contient la poudre (Gay-Lussac).

Pour doser le soufre de la poudre, il est plus commode et en même temps plus exact de faire bouillir un poids connu de poudre avec une dissolution concentrée de permanganate de potasse. Le soufre et le charbon passent à l'état de sulfate et de carbonate de potasse ; on ajoute de l'acide chlorhydrique qui dissout l'oxyde de manganèse, et on précipite le sulfate de potasse par le chlorure de baryum.

Pour accélérer l'opération on peut d'abord traiter la poudre par une dissolution bouillante de potasse qui transforme le soufre en sulfure de potassium et en hyposulfite de potasse. Ces composés s'oxydent aisément à froid par le permanganate de potasse qui les change en sulfate.

Ce mode de dosage du soufre s'applique d'ailleurs à la plupart des composés sulfurés (MM. Cloez et Guignet).

(\*) CHLORATE DE POTASSE. ClO<sup>5</sup>,KO.

Équivalent = 1531,25 ou 122,5.

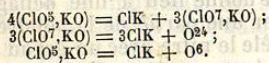
Le chlorate de potasse, découvert par Berthollet, a été désigné d'abord sous le nom de *muriate oxygéné de potasse*. Ce sel est incolore ; il cristallise en lames hexagonales symétriques et plus rarement en aiguilles.

Lorsqu'on le soumet à l'action de la chaleur, il se dédouble

d'abord en perchlorate de potasse et en chlorure de potassium; mais en même temps une partie du chlorate de potasse se décompose complètement en oxygène et en chlorure de potassium.

Le perchlorate de potasse qui s'est d'abord produit se décompose ensuite, sous l'influence d'une température plus élevée, en chlorure de potassium et en oxygène.

Ces différentes décompositions sont représentées par les formules suivantes :



La formation du perchlorate, dans la réaction précédente, s'annonce par la production d'un corps blanc qui fond plus difficilement que le chlorate de potasse.

La présence de certains oxydes métalliques, tels que les oxydes de cuivre, de manganèse, facilite beaucoup la décomposition du chlorate de potasse. Sous l'influence de ces oxydes, le chlorate se décompose à une température beaucoup moins élevée, sans produire la plus faible quantité de perchlorate. Aussi profite-t-on souvent de cette propriété pour préparer facilement l'oxygène.

Le chlorate de potasse, en se décomposant, donne 0,3915 de son poids d'oxygène.

Lorsqu'on chauffe le chlorate de potasse dans une cornue de verre, on trouve toujours dans le col de la cornue une substance blanche et pulvérulente, qui n'est autre chose que du chlorate de potasse ou du chlorure de potassium qui ont été entraînés par le dégagement rapide de l'oxygène.

Les cristaux de chlorate de potasse sont anhydres, inaltérables à l'air. La solubilité de ce sel est représentée par les nombres suivants :

100 parties d'eau à	0°	dissolvent	3,33 de chlorate.
—	à 15°,37	—	6,03
—	à 24°,43	—	8,44
—	à 35°,02	—	12,05
—	à 49°,06	—	18,98
—	à 74°,89	—	35,40
—	à 104°,78	—	60,24

(Gay-Lussac.)

On voit donc que le chlorate de potasse doit être considéré comme un sel peu soluble dans l'eau froide et beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante.

Lorsque le chlorate de potasse est pur, sa dissolution ne précipite pas l'azotate d'argent.

Le chlorate de potasse doit être considéré comme un oxydant très-énergique. La dissolution de chlorate de potasse mêlée à une petite quantité d'acide azotique est employée pour produire un grand nombre de phénomènes d'oxydation.

Un mélange de chlorate de potasse et de soufre ou de phosphore détone violemment par le choc. On peut aussi enflammer

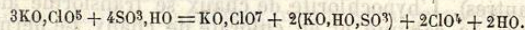
par une compression subite, des mélanges formés par le chlorate de potasse avec le cinabre, le sulfure de potassium, le sucre, etc.

Le soufre, les corps résineux, s'enflamment lorsqu'on les mêle avec du chlorate de potasse et qu'on humecte le mélange avec de l'acide sulfurique concentré.

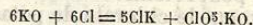
Les matières organiques non azotées, chauffées avec du chlorate de potasse, sont transformées complètement en eau et en acide carbonique.

Ce sel fuse avec vivacité lorsqu'on le jette sur des charbons incandescents.

L'acide sulfurique décompose à froid le chlorate de potasse, qui prend aussitôt une teinte jaune très-foncée, et dégage de l'acide hypochlorique dont l'odeur est caractéristique : cette propriété permet de reconnaître de petites quantités de chlorate de potasse.



**Préparation.** — On a préparé pendant longtemps le chlorate de potasse en faisant passer un courant de chlore dans une dissolution concentrée de carbonate ou d'hydrate de potasse :



On voit que, dans cette opération, le sixième de la potasse

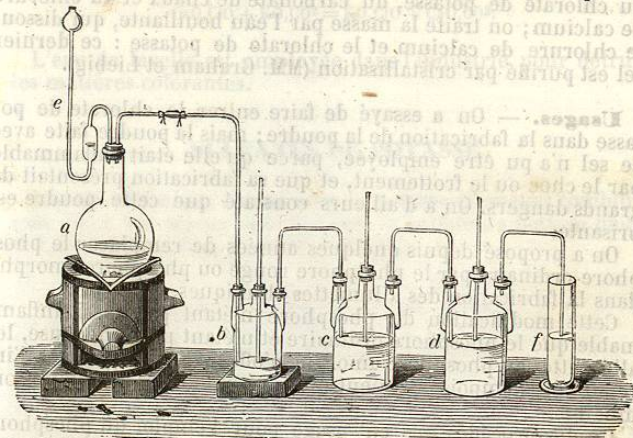


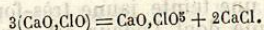
Fig. 94.

seulement entre dans le chlorate de potasse, et que les 5/6 forment un produit secondaire, le chlorure de potassium, qui

a peu de valeur. Aussi le prix du chlorate de potasse est-il resté pendant longtemps très-élevé. L'appareil employé dans cette préparation est représenté dans la figure 94. *a* est le ballon de verre dans lequel on a introduit le peroxyde de manganèse; *e*, le tube qui sert à verser l'acide chlorhydrique; *b*, le flacon laveur; *c*, *d*, *f*, les flacons qui contiennent les dissolutions de potasse.

On fabrique maintenant le chlorate de potasse par un procédé plus économique.

On fait arriver un excès de chlore dans un lait de chaux, et l'on obtient ainsi de l'hypochlorite de chaux en dissolution dans l'eau.



Cette dissolution est traitée par un sel de potasse (carbonate, sulfate ou chlorure : le chlorure est employé de préférence aux deux autres). L'hypochlorite de chaux se transforme alors en chlorure de calcium et en chlorate de chaux. Ce dernier sel réagit sur le chlorure de potassium, et produit du chlorate de potasse peu soluble, qui cristallise, et du chlorure de calcium, qui reste dans les eaux mères :  $\text{ClO}^5, \text{CaO} + \text{ClK} = \text{ClCa} + \text{ClO}^5, \text{KO}$ . Quelques cristallisations débarrassent le chlorate de potasse des sels étrangers qu'il peut retenir.

On obtient facilement le chlorate de potasse en faisant passer un courant de chlore dans un mélange de 7,6 parties de carbonate de potasse, et 16,8 parties de chaux hydratée; il se forme du chlorate de potasse, du carbonate de chaux et du chlorure de calcium; on traite la masse par l'eau bouillante, qui dissout le chlorure de calcium et le chlorate de potasse : ce dernier sel est purifié par cristallisation (MM. Graham et Liebig).

**Usages.** — On a essayé de faire entrer le chlorate de potasse dans la fabrication de la poudre; mais la poudre faite avec ce sel n'a pu être employée, parce qu'elle était inflammable par le choc ou le frottement, et que sa fabrication présentait de grands dangers. On a d'ailleurs constaté que cette poudre est brisante.

On a proposé depuis quelques années de remplacer le phosphore ordinaire par le phosphore rouge ou phosphore amorphe dans la fabrication des allumettes chimiques.

Cette modification du phosphore n'étant pas aussi inflammable que le phosphore ordinaire et n'étant pas vénéneuse, les allumettes au phosphore amorphe n'offrent pas les dangers d'incendie ou d'empoisonnement que présentent les allumettes ordinaires.

Un des procédés mis en usage pour l'emploi du phosphore amorphe consiste à l'étendre sur du papier après l'avoir mélangé avec de la gélatine et du verre pilé. On frotte sur ce papier une allumette soufrée garnie d'une pâte contenant des corps oxydants; une parcelle de phosphore rouge s'enflamme et détermine l'inflammation de l'allumette. Mais on peut frotter sur

un corps quelconque, soit le phosphore rouge, soit les allumettes, sans produire l'inflammation.

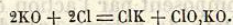
On a aussi remplacé le soufre dans les allumettes chimiques ordinaires, par l'acide stéarique fondu ou autres corps facilement inflammables et brûlant sans odeur désagréable.

HYPOCHLORITE DE POTASSE.  $\text{ClO}, \text{KO}$ .

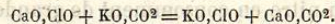
Équiv. = 1131,25 ou 90,5.

Ce sel possède une odeur de chlore qui rappelle celle de l'acide hypochloreux. Il est très-peu stable, détruit la plupart des substances organiques, et notamment les matières colorantes.

On l'obtient en faisant passer un excès de chlore dans une dissolution étendue de potasse, mais il est alors accompagné de chlorure de potassium; ce mélange est connu sous le nom d'eau de Javelle :



On peut obtenir l'hypochlorite de potasse pur, en unissant directement l'acide hypochloreux à la potasse, ou en décomposant l'hypochlorite de chaux par le sulfate ou le carbonate de potasse.



L'eau de Javelle est employée dans l'industrie pour détruire les matières colorantes.

## SULFATES DE POTASSE

L'acide sulfurique forme avec la potasse plusieurs combinaisons dont les mieux connues sont le sulfate de potasse neutre  $\text{SO}^3, \text{KO}$ , et le sulfate acide  $2\text{SO}^3, \text{KO}, \text{HO}$ .

SULFATE NEUTRE DE POTASSE.  $\text{SO}^3, \text{KO}$ .

Équiv. = 1089,25 ou 87,14.

Ce sel est anhydre; il cristallise en prismes à six faces terminés par des pyramides hexaèdres. Ses cristaux sont durs et croquent sous la dent; ils décrépitent quand on les chauffe, résistent à la température la plus élevée sans se décomposer, et entrent alors en fusion.

La solubilité de ce sel croît proportionnellement à la température :