

sous pression élevée augmentent le rapprochement des particules constituantes et, par suite, la densité de la poudre, tandis qu'une proportion d'eau notable au déchargement augmente la porosité et diminue le poids spécifique.

Le procédé des pilons ne peut jamais donner que de faibles densités. La matière sortant des mortiers pour être grenée en guerre contient, en effet, de 8 à 9 p. 100 d'eau; sa densité réelle ne peut que rarement dépasser 1,600 et tombe quelquefois au-dessous de 1,500. Les poudres des pilons ne peuvent donc être défavorables au service que par défaut de densité des grains.

Dans la fabrication des poudres par les meules, les matières n'ont que 2 à 3,5 p. 100 d'eau au déchargement, et l'on peut obtenir des densités relatives très-élevées, surtout par une trituration prolongée (p. 227). Le procédé des meules donne donc, en général, de très-fortes densités aux poudres, et c'est plutôt par excès que par défaut de densité que les produits de cette fabrication peuvent ne pas convenir au service de guerre, tandis que ce procédé peut être éminemment propre à donner les qualités que l'on recherche dans les poudres de chasse.

Dans la fabrication des poudres par les tonnes et presses, la quantité d'humidité peut varier de 3 à 11 p. 100 : la composition peut être comprimée plus ou moins et donner des grains de toutes densités, depuis les plus faibles jusqu'aux plus fortes. Dans des essais faits avec une tonne ordinaire, Lefebvre a obtenu, après une trituration de 16<sup>h</sup>, des gâteaux d'une densité de 2,042, presque égale à celle du salpêtre en neige ou fondu.

Dans la fabrication de la poudre ronde par le procédé de Champy, on peut arriver à former des grains d'une assez grande densité (1,850 environ).

## § V.

### HUMIDITÉ ET HYGROMÉTRICITÉ.

#### I. GÉNÉRALITÉS.

##### a) Influence sur les propriétés physiques.

La poudre possède la propriété d'absorber l'humidité dans des proportions variables et sous certaines influences que nous indique-

rons plus loin (p. 423). Dès que l'eau pénètre dans le grain, elle fait effleurir le salpêtre et altère l'intimité du mélange; si la proportion d'eau absorbée augmente, le grain enfle, devient moins dense, et finalement se déforme et tombe en bouillie.

Tant que la surface du grain ne présente pas de petites aspérités blanchâtres, qui sont des cristaux de salpêtre effleuri, la matière n'est pas désorganisée, et l'on peut lui rendre ses propriétés balistiques en la faisant sécher lentement, avant qu'elle soit arrivée à ce point d'altération; seulement la densité et la dureté du grain se trouvent un peu diminuées.

Si le salpêtre s'est effleuri, l'uniformité du mélange des composants est détruite, et la matière ne peut reprendre par le séchage ni sa densité, ni sa force balistique : la poudre est alors avariée, et il ne reste plus, pour l'utiliser, qu'à la rebattre comme matière première ou à en extraire le salpêtre par un lessivage spécial (p. 412).

##### b) Influence sur les propriétés balistiques.

L'humidité du grain a pour effet de diminuer les portées et les vitesses des projectiles, ainsi que les pressions exercées par les gaz de la poudre dans l'âme des bouches à feu.

Nous avons vu (p. 419) qu'une poudre paraît se détériorer d'autant plus rapidement par l'action de l'humidité qu'elle a une densité plus forte : les propriétés balistiques devront donc être d'autant plus altérées que la matière sera plus dense. Ainsi, d'après Piobert, une poudre dense des meules exposée pendant 11 jours, puis pendant 20 jours à l'air humide, perd de 38 à 42 p. 100 de sa vitesse dans le premier cas, et de 75 à 78 p. 100 dans le second, la perte après séchage étant encore de 1/8 et de 1/4, tandis que les poudres des tonnes et des pilons, de densité ordinaire, ne perdent dans les mêmes circonstances que 16 et 23 p. 100 de leur vitesse et recouvrent leur force balistique par un séchage ultérieur.

Il a été démontré par des expériences récentes qu'on peut augmenter la force d'une poudre en lui donnant de l'humidité, puis en la soumettant à un nouveau séchage. Des essais au fusil-pendule, exécutés à Washington, avaient déjà prouvé que les différences de vitesse ainsi obtenues entre la poudre primitive et la poudre manipulée étaient d'autant plus faibles que les grains étaient plus poreux, ce qui concorde avec les exemples cités par Piobert. — Des expériences postérieures, faites à la poudrerie de Spandau, ont

conduit aux résultats suivants. Une poudre à fusil, qui donnait 333<sup>m</sup> au fusil-pendule, a donné, après avoir été arrosée de 2,75 p. 100 d'eau et séchée de nouveau, une vitesse de 337<sup>m</sup>; une autre poudre, qui donnait 319<sup>m</sup>, a donné 325<sup>m</sup> après humectage à 0,88 p. 100 d'eau et séchage. De même, une poudre à canon, qui donnait une portée de 548<sup>m</sup>,4 dans un mortier de 10 livres, a donné 584<sup>m</sup>,8 après arrosage à 1 p. 100 d'humidité et séchage. On peut chercher la cause de cet accroissement de vitesse dans l'augmentation du nombre des pores due au second séchage. — Enfin, des essais de lissage à la vapeur, exécutés à la poudrerie de Sévran sur la poudre SP<sub>2</sub>, ont montré que, par une manipulation de la matière analogue à celle dont nous venons de parler, on peut obtenir une diminution des pressions intérieures, tout en conservant la vitesse primitive du projectile. Pour expliquer un pareil résultat, il faut probablement faire intervenir, outre l'accroissement de la porosité, l'état de la surface des grains, qui se trouve alors recouverte d'une pellicule de salpêtre amenée par l'efflorescence : de là résulterait un retard de l'inflammation dans les premiers instants et, par suite, un abaissement de la pression maximum à l'intérieur de l'âme.

On peut citer diverses expériences destinées à déterminer l'influence de quantités variables d'humidité sur les effets balistiques de la poudre. Une poudre à fusil, tirée au fusil-pendule à la charge de 16<sup>g</sup>,6, a donné les vitesses ci-après, suivant la proportion d'eau qu'elle contenait :

Eau p. 100 = 0,000	Vitesse = 486 <sup>m</sup> ,3
0,573	481 ,9
0,780	473 ,9

Il a été constaté, en outre, que l'addition d'une quantité de poudre sèche correspondant au poids de l'eau renfermée dans la charge ne suffisait pas pour compenser l'influence de cette humidité sur la vitesse de la balle; cela résulte du tableau suivant :

PROPORTION D'HUMIDITÉ P. 100.	CHARGE.	VITESSE DE LA BALLE.
0,00	6 <sup>g</sup> ,44	339 <sup>m</sup> ,4
2,75	6 ,63	323 ,7
4,50	6 ,74	305 ,2
6,75	6 ,88	296 ,4

— Quant au tir dans le fusil d'infanterie, des essais récents ont montré que, pour une proportion d'humidité comprise entre 0,80 et 1,60 p. 100, un accroissement de 0,1 p. 100 correspond à une perte de vitesse de 1<sup>m</sup> environ. — Enfin, Noble et Abel ont tiré dans un canon des charges identiques de poudre pebble, dont l'humidité variait par 0,05 de 0,70 à 1,55 p. 100. La vitesse est descendue de 470<sup>m</sup>,92 à 455<sup>m</sup>,82, avec des différences d'un peu moins de 1<sup>m</sup> à chaque essai, et les pressions intérieures ont diminué depuis 3 356<sup>k</sup> jusqu'à 2 675<sup>k</sup> par centimètre carré, avec des variations de moins en moins sensibles à mesure que la proportion d'eau augmentait. Ainsi, un accroissement de 1 p. 100 d'humidité, pour une poudre relativement sèche, correspond à peu près à une perte de vitesse de 20<sup>m</sup> et à une diminution de la pression maximum égale à environ 20 p. 100 de sa valeur primitive.

#### c) Action de divers éléments.

L'hygrométrie de la poudre est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la quantité de charbon que contient la matière; elle croît pour les poudres à charbons roux, et des expériences faites à Washington ont montré que la matière est d'autant moins hygrométrique que le charbon a été obtenu à une température plus élevée (cf. p. 162). Les impuretés du salpêtre augmentent l'hygrométrie de la poudre.

Une poudre à faible densité gravimétrique et non lissée absorbe plus d'humidité qu'une poudre dense et lissée. Le poussier est plus hygrométrique que la poudre en grains, et les fins grains le sont plus que les gros grains; mais ces derniers reprennent plus difficilement leurs propriétés par le séchage.

Les poudres de fabrication très-ancienne sont relativement hygrométriques; le procédé de trituration paraît être indifférent à ce point de vue.

D'après Piobert, les poudres ordinaires contiennent, dans les magasins secs, de 0,50 à 0,60 p. 100 d'humidité, quand le salpêtre est très-pur; pour peu qu'il ne le soit pas, elles absorbent jusqu'à 0,85 p. 100. Dans les magasins humides, la quantité d'eau absorbée s'élève à 1,20 p. 100 pour la poudre contenant 12,5 p. 100 de charbon noir, à 1,70 p. 100 pour la poudre contenant 15 p. 100 de charbon roux, et à 2,50 p. 100 pour la poudre sans soufre contenant 17 p. 100 de charbon.

## II. ÉPREUVES.

## a) Épreuve d'humidité.

L'épreuve d'humidité a pour but de déterminer la proportion d'eau contenue dans les grains et de vérifier par là, soit les propriétés balistiques de la poudre, si elle sort directement des ateliers de fabrication, soit son état de conservation, si elle a séjourné en magasin.

En France, on opère sur 10<sup>gr</sup> de poudre étendus en couche mince au fond d'une capsule plate en clinquant, et l'on fait sécher pendant 24<sup>h</sup>, à la température de 60° environ, dans une étuve à air munie d'un thermo-régulateur Schlœsing. Après avoir pesé, on replace dans l'étuve, et l'on repèse, toutes les 2 ou 3 heures, jusqu'à ce que deux pesées consécutives accusent la même perte.—Pour les épreuves comparatives faites dans le courant même de la fabrication, on se contente de sécher pendant 2 ou 3<sup>h</sup> à la température de 90°, puis de repeser d'heure en heure jusqu'à ce que le poids reste constant.

En Prusse, on fait sécher 41<sup>gr,5</sup> de poudre au bain-marie, l'eau du bain étant maintenue en ébullition pendant 30<sup>min</sup> au moyen d'une lampe à alcool, et l'on pèse.

Dans d'autres pays, on place la poudre dans un vase au-dessus d'une solution concentrée d'acide sulfurique, et l'on soumet le tout à l'action de la machine pneumatique ou d'une pompe à air.

## b) Épreuve d'hygrométrie.

L'épreuve d'hygrométrie a pour but de déterminer la rapidité avec laquelle la poudre absorbe l'humidité, et la quantité d'eau qu'elle peut absorber avant de s'avarier, c'est-à-dire la faculté que possède la matière de se conserver en bon état.

En France, on opère, d'après une Instruction de 1835, sur 100<sup>gr</sup> de poudre qu'on étend en couche de 0<sup>m</sup>,002 d'épaisseur au fond d'un plateau à rebords; ce plateau est installé sur des briques à 0<sup>m</sup>,027 au-dessus d'un baquet plein d'eau, dont la surface libre est double de celle du plateau; le tout est surmonté d'un couvercle en planches de chêne garni de peau de mouton et chargé de poids. Le baquet est déposé dans un lieu frais, sans courant d'air. Au bout de 24<sup>h</sup>, on pèse l'échantillon et l'on tient note de l'augmentation de poids; on répète cette

opération au bout de 2, 4, 6, 8, etc. jours, jusqu'à ce que la poudre soit complètement détériorée, et l'on écrit chaque fois les résultats des pesées et les différentes circonstances de détérioration des grains que l'on a pu observer.

En Allemagne, on place la poudre soit dans une cave humide, soit dans un baquet contenant de l'eau et hermétiquement fermé; on l'y laisse séjourner plus ou moins longtemps, suivant la température de l'enceinte, et l'on compare l'augmentation de poids de l'échantillon à celle d'une poudre normale soumise simultanément à la même épreuve.

En Suède, d'après une ordonnance de 1831, l'échantillon de poudre traité comme il vient d'être dit ne doit absorber au maximum que 0,50 p. 100 d'humidité de plus que la poudre normale.

Ce procédé ne comporte aucune précision. On s'en est assuré en opérant simultanément sur 5 échantillons de 100<sup>gr</sup> de poudre normale, placés dans le même baquet et pesés à différents intervalles; on a ainsi obtenu les résultats suivants :

DATE de la pesée.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	HUMIDITÉ ABSORBÉE P. 100 DE MATIÈRE.	
		Moyenne.	Écart maximum.
27 mai. . . . .	10°,9	2,40	0,56
14 juin. . . . .	16,6	6,70	3,19
18 juillet. . . . .	21,4	5,11	1,11
1 <sup>er</sup> août. . . . .	18,1	6,99	1,53
26 août. . . . .	21,9	3,72	1,04
7 octobre. . . . .	13,6	6,43	1,18
17 octobre. . . . .	10,2	6,93	1,04
31 octobre. . . . .	7,5	6,63	0,76

On s'explique facilement ces anomalies en remarquant que, si la température s'abaisse, la vapeur se précipite en partie et mouille la poudre; si elle s'élève, au contraire, l'humidité condensée se re-vaporise, au moins en partie, de sorte que les indications obtenues par cette méthode ne peuvent présenter aucune régularité.

Il semblerait plus logique de comparer un échantillon de poudre humide, facilement reconnaissable à sa couleur noirâtre, à un second échantillon de poudre moins humide, en les faisant sécher à

l'étuve ou au bain-marie, comme pour l'épreuve d'humidité (p. 424): de la perte de poids éprouvée par chaque échantillon on pourrait déduire la quantité d'humidité évaporée et, par suite, l'hygrométrie relative de la matière.

---

§ VI.

CRASSEMENT.

L'inconvénient que présente la poudre d'encrasser les armes dans lesquelles on la tire, paraît tenir surtout au dosage, à l'intimité du mélange des composants et à diverses circonstances de la fabrication, dont l'influence n'a pas été jusqu'ici nettement déterminée.

On doit à A. D. Vergnaud une série d'expériences (1836-1837) destinées à mesurer le crassement de diverses poudres de chasse, dont la déflagration s'effectuait à l'air libre dans de petites capsules en cuivre rouge excessivement mince : on versait au fond de la capsule 1<sup>re</sup> de poudre, que l'on enflammait à l'aide d'une broche de fer rougie au feu, et l'on pesait le résidu après la combustion successive de 5<sup>es</sup> de matière, jusqu'à concurrence de 20<sup>es</sup> par essai. D'après ces expériences, l'abaissement de la proportion du soufre diminue le crassement; une trituration plus parfaite produit le même résultat; enfin, les poudres fabriquées pendant l'hiver paraissent encrasser plus que celles de la fabrication d'été. La meilleure poudre royale d'Esquerdes (densité de 1,820 à 1,900) donnait un résidu variant de 1<sup>er</sup>,32 à 1<sup>er</sup>,55, tandis que celui de la meilleure poudre de chasse de Dartford (densité 1,704) était de 1<sup>er</sup>,85, et celui de la poudre royale du Bouchet (densité 1,815) de 1<sup>er</sup>,98; toutes ces poudres étaient fabriquées par le procédé des meules lourdes.

On mesure aujourd'hui le résidu produit, au bout de 5 coups consécutifs, par les diverses poudres de chasse tirées dans le fusil-pendule à la charge de 5<sup>es</sup>. Dans ces conditions, le crassement varie de 1<sup>er</sup>,40 à 2<sup>es</sup>,40 pour la chasse fine, de 1<sup>er</sup>,55 à 2<sup>es</sup>,40 pour la superfine, et de 1<sup>er</sup>,75 à 2<sup>es</sup>,80 pour l'extrafine.

---

CHAPITRE II.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DE LA POUDRE.

ANALYSE QUANTITATIVE.

---

Nous nous occuperons, dans ce chapitre, de la composition chimique de la poudre et des principaux modes d'analyse qui ont été proposés pour en doser les divers éléments.

On pourrait également comprendre dans la classe des propriétés chimiques tout ce qui se rapporte à l'inflammation et à la combustion de la poudre : nous préférons renvoyer au chapitre suivant l'examen complet de ces questions, qui se trouveront ainsi rattachées aux propriétés mécaniques proprement dites, auxquelles elles sont intimement liées.

Avant de procéder à l'analyse quantitative de la poudre, dont la composition qualitative est supposée connue, il faut commencer par la débarrasser de son humidité. Cela fait, on pourra doser chacun des trois éléments sur une portion séparée de matière, ou, au contraire, doser les trois corps sur une seule et même portion.

---

§ I.

DÉTERMINATION DE L'HUMIDITÉ.

I. GÉNÉRALITÉS.

On lit dans la plupart des ouvrages techniques relatifs à la poudre que, dans une analyse chimique de cette matière, le premier des