

mousquet. L'épreuve est, au besoin, répétée, et l'on prend la moyenne des deux résultats.

Nous avons précédemment indiqué les limites des grosseurs de grains adoptées en Allemagne (p. 369), en Autriche (p. 370), en Russie (p. 371), en Angleterre (p. 277), en Italie (p. 372), en Espagne (p. 373) et en Amérique (p. 279).

En France, on examine séparément, pour la poudre soumise à l'épreuve, la grosseur des grains et le nombre de grains au gramme ou au kilogramme.

*Grosseur des grains.* — Cette épreuve n'est réglementaire que pour les poudres de guerre. Elle consiste à tamiser  $10^k$  de poudre à canon sur le tamis à mousquet, la matière recueillie sur le tamis à chasse fine, et le nouveau produit sur le tamis à épousseter; on tamise de même  $10^k$  de poudre à mousquet sur le grenoir de chasse fine, le sous-égaliseur de chasse fine et le tamis de soie à épousseter. On doit trouver ainsi, en moyenne :

Pour $10^k$ de poudre à canon :		Pour $10^k$ de poudre à mousquet :	
Grains entre $2^{mm},5$ et $1^{mm},4$ . . . . .	9 <sup>k</sup> ,0	Grains entre $1^{mm},4$ et $1^{mm},0$ . . . . .	7 <sup>k</sup> ,0
— $1^{mm},4$ et $1^{mm},0$ . . . . .	0,9	— $1^{mm},0$ et $0^{mm},5$ . . . . .	2,8
— au-dessous de $1^{mm},0$ . . . . .	0,1	— au-dessous de $0^{mm},5$ . . . . .	0,2

Pour les poudres à gros grains, la mesure des épaisseurs se fait sur chaque grain au moyen d'un pied à coulisse; on opère, en général sur 20 grains, on prend la moyenne des chiffres obtenus, et l'on note les épaisseurs maxima et minima. Ces épaisseurs doivent être comprises, pour la poudre  $C_1$ , entre  $6^{mm},2$  et  $6^{mm},8$  (moyenne  $6^{mm},5$ ); pour la poudre  $C_2$ , entre  $7^{mm},5$  et  $8^{mm},5$  (moyenne  $8^{mm}$ ); pour la poudre  $SP_1$ , entre  $9^{mm},7$  et  $10^{mm},3$  (moyenne  $10^{mm}$ ); pour la poudre  $SP_2$ , entre  $12^{mm},7$  et  $13^{mm}$  (moyenne  $12^{mm},8$ ). — Nous avons indiqué plus haut (p. 345-363) les dimensions des principales poudres à gros grains fabriquées à l'étranger.

*Nombre de grains au gramme ou au kilogramme.* — Cette épreuve, obligatoire pour toutes les poudres, consiste à compter le nombre de grains contenus dans un poids déterminé de poudre, et à prendre la moyenne de trois opérations consécutives. Les poids sur lesquels on opère sont les suivants :  $0^{gr},01$  pour les poudres de chasse super-fine et extrafine,  $0^{gr},1$  pour la poudre de chasse fine,  $1^{gr}$  pour les poudres de guerre ordinaires, de mine et de commerce extérieur,  $100^{gr}$  pour la poudre  $C_1$ ,  $1^k$  pour les poudres  $C_2$ ,  $SP_1$  et  $SP_2$ . Les

nombre de grains au gramme ou au kilogramme adoptées pour les principales poudres étrangères.

Nombre de grains au gramme. . . . .	Poudre de chasse extrafine. . . . .	de 50 000 à 80 000
	Poudre de chasse superfine. . . . .	de 30 000 à 60 000
	Poudre de chasse fine. . . . .	de 15 000 à 30 000
Nombre de grains au kilogramme. . . . .	Poudre $F_1$ . . . . .	inférieur à 2 000
	Poudre à mousquet (pilons). . . . .	de 1 200 à 2 000
	Poudre $MC_{30}$ . . . . .	environ 300
	Poudre à canon (pilons). . . . .	de 250 à 400
Nombre de grains par $100^{gr}$ . . . . .	Poudre de mine ronde ordinaire. . . . .	30 à 40
	Poudre $C_1$ . . . . .	160 à 190
Nombre de grains au kilogramme. . . . .	Poudre $C_2$ . . . . .	600 à 650
	Poudre $SP_1$ . . . . .	340 à 360
	Poudre $SP_2$ . . . . .	100 à 110

Nous avons mentionné plus haut (p. 369-373 et 345-363) les limites du nombre de grains au gramme ou au kilogramme adoptées pour les principales poudres étrangères.

## § IV.

## DENSITÉ.

Nous considérerons trois sortes de densités de la poudre :

1° La *densité gravimétrique*. C'est le poids de l'unité de volume de poudre, y compris l'air atmosphérique renfermé dans les interstices des grains; en d'autres termes, c'est le poids, en kilogrammes, de 1 litre de poudre non tassée.

2° Le *poids spécifique relatif* ou simplement la *densité réelle*. C'est le poids spécifique des grains isolés, en y comprenant seulement l'air contenu dans les pores.

3° Le *poids spécifique absolu*. C'est le poids spécifique des grains isolés, abstraction faite de l'air renfermé dans les pores.

## DENSITÉ GRAVIMÉTRIQUE.

On peut mesurer la densité gravimétrique d'une poudre en déterminant, soit le volume occupé par un poids connu de la matière,

soit le poids de la poudre correspondant à un volume connu. On emploie exclusivement ce dernier mode d'opérer.

Un *gravimètre* de forme et de dimensions déterminées donnera, pour différentes poudres, des densités dont les valeurs dépendront du nombre et de la grandeur des interstices compris entre les grains, de la forme et des dimensions de ces grains, de l'état plus ou moins poli de leur surface. Mais, pour une même poudre, des gravimètres de construction différente ne fourniront pas la même densité : il faut tenir compte, en effet, de l'influence de quelques éléments spéciaux, tels que le diamètre de l'orifice par lequel s'écoule la poudre, la distance de l'obturateur à la tranche du récipient, et surtout l'étendue de la surface de contact de la poudre et du gravimètre, surface où tendent à se produire les anomalies de disposition des grains les uns par rapport aux autres. Aussi les indications du gravimètre n'ont-elles qu'une valeur relative, pour les poudres d'une fabrication déterminée essayées de la même manière et dans un même appareil.

En général, si l'on opère sur des poudres de guerre ou de chasse dont les grains ont une grosseur suffisamment uniforme, la densité gravimétrique croît et se rapproche de 1 à proportion que la grosseur des grains augmente; c'est l'inverse qui se produit pour les poudres rondes formées par agglomération, parce que la matière n'est pas homogène et se trouve plus dense au centre qu'à la surface.

D'après Piobert, la durée de la trituration n'augmente la densité gravimétrique de la matière que pendant les 20 premières heures pour les poudres des pilons, et pendant les 7 premières pour les poudres des meules. (Cf. p. 227.) Les charbons rous donnent, toutes choses égales d'ailleurs, une matière moins dense que les charbons noirs (cf. p. 161); les charbons d'aune, de peuplier, de saule, de tilleul, de tremble, donnent une densité un peu plus faible que le charbon de boardaine. Enfin, le lissage augmente d'autant plus la densité gravimétrique qu'il est plus prolongé (p. 295) et que les grains sont plus légers et plus gros; cette augmentation varie de 1/60 à 1/15.

Les épreuves réglementaires se font sur des poudres non tassées : il y aurait intérêt à les éprouver dans l'état même où elles se trouvent au moment de leur emploi, c'est-à-dire après un tassement préalable. La diminution de volume est surtout sensible pour les poudres anguleuses. Ce tassement peut s'obtenir au moyen d'une

baguette de bois dont on frappe les parois du gravimètre; il varie alors, suivant Piobert, de 1/9 à 1/10 pour la poudre à mousquet, et de 1/10 à 1/11 pour la poudre de chasse. On peut encore faire couler lentement la poudre le long d'un cylindre incliné, de manière à provoquer un arrangement naturel des grains les uns par rapport aux autres : le tassement est alors de 1/7 pour les poudres à canon et à mousquet et pour la poudre de chasse fine, et de 1/6 pour la poudre de chasse superfine.

Nous décrivons les procédés d'épreuve et les conditions de réception en usage dans divers pays.

a) En France et en Belgique.

Le gravimètre employé en France est un vase en cuivre, ayant un diamètre de 0<sup>m</sup>,077 et une hauteur de 0<sup>m</sup>,215; sa capacité est exactement de 1 litre. Il est surmonté d'un entonnoir à obturateur présentant une capacité un peu plus grande, formé d'une partie cylindrique (hauteur 0<sup>m</sup>,178, diamètre 0<sup>m</sup>,086) et d'une partie tronconique (hauteur 0<sup>m</sup>,080, diamètres des deux bases 0<sup>m</sup>,086 et 0<sup>m</sup>,014); l'orifice d'écoulement a pour diamètre 0<sup>m</sup>,014, et la distance du dessus de l'obturateur à la tranche du récipient est de 0<sup>m</sup>,040. — Pour prendre la densité, on remplit l'entonnoir de poudre, on pousse l'obturateur avec précaution de manière à produire un écoulement lent et uniforme, on repousse l'obturateur quand le gravimètre est plein, on enlève l'entonnoir sans occasionner de tassement, on arase la poudre avec une raclette en cuivre, on fait tasser la poudre à l'intérieur du récipient et l'on brosse les grains adhérents au bord. On pèse le gravimètre plein, et l'on en déduit le poids de la poudre contenue dans 1 litre. On prend la moyenne de trois opérations consécutives.

Les densités gravimétriques ainsi obtenues doivent être comprises entre les limites suivantes :

Poudres de chasse. . . . .	supérieure à 0,860
Poudres à canon et à mousquet (pilons). . . . .	de 0,830 à 0,870
Poudre B. . . . .	de 0,920 à 0,930
Poudre F <sub>1</sub> . . . . .	de 0,933 à 0,943
Poudre MC <sub>30</sub> . . . . .	de 0,900 à 0,920
Poudre MC <sub>15</sub> . . . . .	de 0,860 à 0,890
Poudre de mine ronde. . . . .	de 0,760 à 0,820
Poudre de mine fin grain. . . . .	de 0,825 à 0,850
Poudres de commerce extérieur. . . . .	de 0,870 à 0,970

En Belgique, on se sert du gravimètre français. Les densités réglementaires sont de 0,866 pour la poudre à canon, et de 0,835 pour la poudre à fusil.

b) En Allemagne, en Angleterre, en Russie et en Italie.

On emploie, en Allemagne, un gravimètre de 1 pied cube (33 litres), et l'on arase avec une raclette en bois. Les densités obtenues oscillent entre 29<sup>s</sup>,5 et 30<sup>s</sup>,5 (soit, pour 1 litre, 0<sup>s</sup>,894 et 0<sup>s</sup>,924). — En Prusse, une Instruction du 14 mars 1858 fixe la densité gravimétrique moyenne à 28<sup>s</sup>,25, avec une tolérance de ± 0<sup>s</sup>,625 (soit, pour 1 litre, 0<sup>s</sup>,856 avec une tolérance de ± 0<sup>s</sup>,019).

En Angleterre, on se sert également d'un gravimètre de 1 pied cube (28<sup>s</sup>,315). Les limites réglementaires pour les poudres de guerre sont les suivantes :

Poudres à canon...	{	LG. ....	de 0,895 à 0,943
		LGA. ....	de 0,943 à 0,975
Poudres à fusil. . .	{	RLG. ....	de 0,943 à 0,991
		FG. ....	supérieure à 0,847
		RFG. ....	de 0,831 à 0,847

En Russie, la densité gravimétrique des poudres de guerre doit être comprise entre 0,935 et 0,945 pour la poudre d'artillerie, et entre 0,915 et 0,935 pour la poudre d'infanterie.

En Italie, les limites réglementaires sont 0,850 et 0,890 pour la poudre à canon, 0,820 et 0,860 pour la poudre à fusil.

II. POIDS SPÉCIFIQUES RELATIF ET ABSOLU.

Pour évaluer le poids spécifique de la poudre, on en plonge une quantité connue dans un milieu déterminé, dont on observe la variation de volume; ce milieu ne doit ni dissoudre, ni attaquer aucun des éléments constituants de la poudre. On a successivement employé à cet effet des *corps solides*, des *gaz* et des *liquides*.

Le corps solide dont on se servait autrefois est le *lycopode*; ce procédé est aujourd'hui complètement abandonné. Les *voluméno-mètres* de Kopp et de Regnault, les *stéréomètres* de Say et de Leslie ne pouvaient indiquer que le poids spécifique absolu. On a dû recourir à l'emploi des liquides : *essence de térébenthine*, *eau saturée de salpêtre*, *alcool absolu*, *eau pure* (avec enduit au collodion), *mercure*.

Les trois derniers procédés sont seuls usités aujourd'hui : les deux premiers en Allemagne et en Autriche, le troisième en France, en Russie, en Angleterre, en Italie, etc.

Avant d'entrer dans le détail des divers procédés, nous donnerons la liste des densités réelles des différentes poudres françaises et étrangères :

1° Poudres françaises.

Poudres à fusil. . . . .	{	ancienne dite B. ....	environ 1,750
		nouvelle dite F <sub>1</sub> . ....	supérieure à 1,740
Poudres à canon. . . . .	{	dite MC <sub>15</sub> . ....	de 1,520 à 1,580
		— MC <sub>30</sub> . ....	de 1,630 à 1,650
		— C <sub>1</sub> . ....	de 1,735 à 1,755
		— C <sub>2</sub> . ....	environ 1,760
		— SP <sub>1</sub> . ....	de 1,785 à 1,800
		— SP <sub>2</sub> . ....	de 1,800 à 1,820
Poudres de chasse. . . . .	{	fine. ....	de 1,690 à 1,820
		superfine. ....	de 1,700 à 1,840
		extrafine. ....	de 1,750 à 1,870
Poudres de commerce extérieur. . . . .	{		de 1,500 à 1,530

2° Poudres étrangères.

Prusse. . . . .	{	Nouvelle poudre à fusil. ....	de 1,650 à 1,660
Autriche. . . . .	{	Poudre à canon. ....	environ 1,600
		Poudre à fusil. ....	environ 1,620
Russie. . . . .	{	Poudre d'artillerie. ....	de 1,550 à 1,625
		Poudre d'infanterie. ....	de 1,560 à 1,635
Italie. . . . .	{	Poudre à canon. ....	de 1,660 à 1,700
		Poudre à fusil. ....	de 1,630 à 1,670

La durée de la trituration des matières sous les pi ons ou sous les meules, celle du lissage et la nature du charbon employé exercent sur la densité réelle de la poudre une influence analogue à celle que nous avons indiquée plus haut (p. 390) au sujet de la densité gravimétrique.

A. Densité au lycopode.

La méthode la plus ancienne paraît avoir consisté à remplir les intervalles compris entre les grains de poudre avec de la semence de lycopode. On versait du lycopode jusqu'à une certaine hauteur dans un cylindre mesureur assez étroit, gradué de bas en haut en pouces cubes. On faisait la lecture, on vidait le vase avec précaution, on pesait une quantité déterminée de poudre, et on la versait dans le cylindre

avec le lycopode par couches alternatives : de l'augmentation de volume on déduisait le poids spécifique relatif de la poudre.

Ce procédé comporte plusieurs causes d'erreur. D'abord, les variations de volume seront différentes, suivant que la semence de lycopode sera en grains fins ou en poussière. En outre, quand on la retire du cylindre et qu'on l'y reverse, il se produit toujours une perte de substance correspondant à la portion qui s'échappe en poussière ou qui reste adhérente aux parois. Enfin, la moindre secousse provoque une variation de volume, d'où résulte une grande incertitude dans les résultats. C'est ainsi qu'une même poudre donne des densités variant de 1,300 à 1,920, suivant que l'on tasse plus ou moins le lycopode.

Les autres corps solides appliqués à la détermination de la densité de la poudre n'ont pas donné de meilleurs résultats.

#### B. Voluménomètres et stéréomètres.

L'emploi de ces appareils est fondé sur la loi de Mariotte. Le voluménomètre de Kopp et le stéréomètre de Say permettent d'évaluer le poids spécifique de la poudre sans autre intermédiaire que l'air atmosphérique, dont on détermine le volume dans deux états de pression différents, obtenus soit par compression, soit par dilatation. Mais il est impossible d'éliminer l'air compris dans les pores des grains : on ne peut donc mesurer, par cette méthode, que les poids atomiques des matières correspondant aux divers modes de fabrication. Ainsi, des poudres de même dosage, dont les densités, prises à l'alcool, étaient de 1,56, 1,77, 1,67, 1,82, donnent uniformément 2,704 et 2,499 dans le voluménomètre de Kopp, suivant que l'on opère par une pointe ou par l'autre, et 2,441 dans le stéréomètre de Say.

Le voluménomètre de Regnault et le stéréomètre de Leslie donnent lieu aux mêmes observations.

#### C. Densité à l'essence de térébenthine.

La difficulté qu'on éprouvait à faire pénétrer le mercure dans les interstices des poudres à fins grains et les inconvénients inhérents à l'emploi de l'alcool avaient conduit Briançon à se servir de l'essence de térébenthine, qui conserve à la matière sa texture et sa

consistance. Mais, comme le grain se mouille et se gonfle, les corrections deviennent indispensables, et l'on a dû renoncer à ce procédé.

#### D. Densité à l'eau saturée de salpêtre.

Cette méthode, longtemps employée en France, date de l'année 1835.

Un flacon ayant 0<sup>m</sup>,08 de diamètre et 0<sup>m</sup>,12 de hauteur, à bords dressés et fermé par un obturateur en verre, est pesé successivement plein d'eau distillée et plein d'eau saturée de salpêtre ; après l'avoir vidé, on y verse 100<sup>gr</sup> de poudre, on le remplit d'eau saturée, et l'on pèse. De ces diverses pesées on déduit le poids ou le volume d'eau saturée correspondant à la dernière et, par suite, le volume de la poudre sur laquelle on a opéré.

Ce procédé présente deux inconvénients principaux. D'abord, la densité de la dissolution salpêtrée varie suivant la répartition de la température, et les parties lourdes tombent au fond. En second lieu, il est difficile de maintenir la température constante pendant toute la durée de l'essai : il se produit alors soit une précipitation d'une partie du salpêtre dissous, soit une dissolution du salpêtre contenu dans la poudre, ce qui en altère la constitution et, par suite, la densité.

#### E. Densité à l'alcool.

Deux méthodes ont été proposées pour mesurer la densité des poudres au moyen de l'alcool : la première consiste à déterminer l'augmentation de volume produite par l'introduction d'un poids connu de poudre ; la seconde, à déterminer le poids de l'alcool chassé par la poudre.

##### a) Méthode de l'augmentation de volume.

Dans une éprouvette à pied, parfaitement calibrée et graduée en dixièmes de centimètre cube, on verse de l'alcool absolu, que l'on a laissé séjourner quelque temps dans l'enceinte où se fait l'opération. Le volume réglementaire de l'alcool versé est de 35<sup>cc</sup> : on attend quelques minutes pour laisser tomber les gouttes adhérentes aux parois, puis on fait la lecture. On verse alors dans l'alcool envi-

ron 16<sup>es</sup> de la poudre à essayer, à l'aide d'un entonnoir en verre à col aussi long et aussi large que possible, et, dès que le dernier grain est tombé, on fait de nouveau la lecture. On en déduit, par un simple calcul, le poids spécifique cherché.

La poudre soumise à l'essai doit être préalablement séchée au bain-marie et placée aussitôt dans un appareil siccateur, au-dessus d'un vase contenant de l'acide sulfurique, jusqu'à ce qu'elle ait pris la température de l'enceinte.

b) Méthode de la différence de poids.

D'après Timmerhans, on remplit d'alcool absolu un vase cylindrique à bords rodés, on arase et l'on pèse; puis on verse par un entonnoir un poids connu de poudre, on arase et l'on pèse de nouveau. Connaissant le poids spécifique de l'alcool, on en déduit aisément le volume de la poudre sur laquelle on a opéré.

Cette méthode ne peut donner que des résultats approximatifs, car une pesée exacte exige toujours plus de temps qu'une simple lecture sur un tube de verre: l'alcool peut alors chasser l'air contenu dans les pores des grains, et l'on trouve un poids spécifique relatif toujours supérieur à la réalité. Des essais exécutés à la poudrière de Spandau l'ont suffisamment démontré; aussi s'en est-on tenu à la première méthode dans tous les établissements de Prusse et de Saxe.

c) Expériences de Heeren, d'Otto et d'Upmann.

La méthode de l'augmentation de volume n'est pourtant pas à l'abri de tout reproche. Il est impossible d'éviter, en versant la poudre, de faire rejaillir l'alcool contre les parois; en outre, le liquide pénètre toujours plus ou moins à l'intérieur des grains. C'est sur ce dernier point que Heeren a dirigé ses recherches.

D'après Heeren, si le poids de l'alcool est égal à environ 7 p. 100 du poids de la poudre, le liquide est complètement absorbé en 3 ou 4 secondes; le poids observé de l'alcool chassé par la poudre est donc trop faible. Si, par exemple, on trouve un poids spécifique de 1,559, les 7 p. 100 de l'alcool absorbé correspondent presque exactement à 14 p. 100 du volume total (le poids spécifique de l'alcool à 15° étant de 0,7939), et le poids observé de l'alcool chassé doit être augmenté de 1/6: le poids spécifique relatif de la poudre en sera donc abaissé.

La pénétration de l'alcool dans la poudre produit un dégagement de bulles d'air de l'intérieur des grains, dégagement plus rapide pour les poudres poreuses et non lissées que pour les poudres denses et lissées: ces dernières chassent donc relativement plus d'alcool que les premières, et la distinction des matières denses ou poreuses, lissées ou non lissées, est moins nette que dans la réalité. Une poudre poreuse et non lissée absorbe l'alcool avec une rapidité telle que, pendant l'introduction même de la poudre, les pores se remplissent en grande partie d'alcool, et qu'au lieu d'un poids spécifique excessivement faible, on trouve au contraire un poids spécifique très-élevé. Ce dernier fait résulte des expériences suivantes. De la poudre à canon, pulvérisée en grains fins et arrosée de 8 p. 100 d'eau, avait été transformée en galette sous une pression modérée; la densité de cette galette, déterminée par le procédé de Heeren (*d*), était de 1,32: déterminée par la méthode habituelle, elle fut trouvée de 1,81. Une autre galette, plus fortement pressée et ayant 1,53 de densité réelle, donna 1,75 par le procédé ordinaire. Ainsi, dans ces deux déterminations, la densité trouvée s'écarte notablement de la densité réelle, mais l'écart est plus grand pour les matières poreuses que pour les matières denses, à tel point que la poudre poreuse accuse un poids spécifique plus élevé que la poudre dense. Donc, plus une poudre est poreuse, plus son poids spécifique relatif, mesuré à l'alcool, se rapprochera du poids spécifique absolu, qui peut être fixé en moyenne à 2.

La détermination de la densité par l'alcool donne lieu à un phénomène spécial, observé par Heeren et par le général Otto. Quand on a versé la poudre, on voit le niveau de l'alcool monter au bout de quelques secondes et son volume augmenter, d'après Heeren, de 1/3 environ du volume des grains, pour diminuer au bout d'une heure, sans revenir pourtant à sa valeur primitive: pendant que le niveau monte, il se dégage une multitude de bulles, et il se produit, d'après Otto, une élévation de température d'environ 1°,25. Suivant Upmann, si l'on opère sur des poudres à gros grains, l'élévation de température varie suivant que la boule du thermomètre est plongée dans la poudre ou n'en touche que la surface: dans ce dernier cas, on observait, au bout de 2 minutes, une élévation de 0°,7; dans le premier, le thermomètre montait immédiatement de 1°,4, pour redescendre de 1° au bout de 20 minutes. On n'a point encore trouvé d'explication complètement satisfaisante de ce phénomène.