

TIR
DES
FUSILS DE CHASSE

Par JOURNÉE,
LIEUTENANT-COLONEL DU 69^e RÉGIMENT D'INFANTERIE.

DEUXIÈME ÉDITION,
ENTIÈREMENT REFONDUE.

Avec les pages plus importantes de la
troisième édition du 1949
Pag-31-109; 162-216; 360-365; 398-411



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1902

INTRODUCTION

DE LA DEUXIÈME ÉDITION.

Un premier Travail sur le tir des fusils de chasse, fait par nous en 1888, a été inséré dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. II, p. 519. Les expériences relatées dans ce Mémoire étaient peu nombreuses et avaient été faites avec les poudres de chasse ancien type qui étaient en vente à cette époque. La nature des recherches que nous avons entreprises par simple curiosité personnelle, en profitant des ressources dont nous disposions comme instructeur à l'École normale de tir, ayant paru offrir quelque intérêt à la Direction des Poudres et Salpêtres, nous fûmes invité officiellement en 1889 à reprendre ces expériences avec les nouveaux types de poudres qui venaient d'être adoptés.

Les expériences à ce sujet furent faites vers la fin de 1889 et donnèrent lieu à un Mémoire qui fut inséré dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres* (années 1890 et 1891). L'édition en est actuellement épuisée.

Depuis 1889 on a adopté en France de nombreuses espèces de poudres de chasse pyroxyliées dont l'usage est maintenant très répandu.

Nous n'avons pas pu reprendre avec ces poudres toutes les expériences que nous avons faites avec les poudres noires, parce que depuis 1890 nous avons fait le service dans les troupes; mais nous avons trouvé, dans les travaux qu'ont publiés MM. les Ingénieurs des Poudres et Salpêtres Vieille, Barral et Liouville, des

renseignements qui nous ont permis de compléter à ce sujet notre propre Travail.

Sur notre demande, M. de Metz-Noblat a bien voulu nous aider dans la mise au point de la présente édition, et la presque totalité du Chapitre concernant l'action de la rayure et des divers artifices de chargement sur le tir du plomb de chasse est empruntée à ses travaux personnels.

Nous adressons également l'expression de notre gratitude à M. Guinard, l'armurier bien connu de l'avenue de l'Opéra, à Paris, qui a bien voulu mettre à notre disposition plusieurs fusils, des cartouches, et dont le concours nous a permis de réaliser plusieurs instruments qui ont beaucoup aidé à nos recherches.

Nous avons complété ce travail par de nombreux emprunts à un Ouvrage intitulé *Sporting guns and gunpowders*, où se trouvent condensés tous les articles intéressants, sur les armes de chasse, qui ont paru dans le journal anglais *The Field* jusqu'en 1897.



TIR

DES

FUSILS DE CHASSE.

CHAPITRE I.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LES ARMES ET LES MUNITIONS.

I. — RENSEIGNEMENTS SUR LES FUSILS.

1. Calibre des fusils de chasse non rayés. — Le calibre des fusils de chasse non rayés se désigne, suivant un ancien usage, par le nombre de balles sphériques en plomb pur ayant le diamètre de l'âme cylindrique qui est contenu dans une livre ancienne (soit 489^{gr},5). Ainsi *calibre* 16 signifie que seize balles sphériques du calibre du fusil pèsent une livre.

Nous avons déterminé par le calcul (1) et porté ci-après les

(1) Désignons par P le poids en grammes d'une sphère, par a son diamètre en centimètres, par D sa densité, on a

$$P = \frac{\pi a^3 D}{6}.$$

La densité du plomb pur est de 11,35, on a en conséquence pour les balles de plomb pur

$$\begin{aligned} (1) \quad & P = 5,943 a^3, \\ (2) \quad & a = 0,5521 \sqrt[3]{P}. \end{aligned}$$

J.

1

calibres en millimètres correspondant à la définition du calibre nominal :

Calibre nominal...	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
» en millim..	27,4	23,9	21,7	20,2	19,0	17,29	16,03	15,04	14,29	13,73

La correspondance des calibres nominaux et en millimètres qui était, en général, observée assez exactement pour les fusils à baguette, ne l'est plus qu'à peu près pour les fusils se chargeant par la culasse.

Les armuriers, les fabricants de cartouches et le Service officiel de l'épreuve des armes de chasse en France n'ont pas réussi jusqu'à ce jour à s'entendre sur les dimensions en millimètres qu'il y a lieu de donner au calibre d'un canon dénommé 16, 12, . . . Ces dimensions varient en outre quelque peu d'un pays à l'autre.

Le Service dit *du banc d'épreuves*, qui est chargé en France d'éprouver la résistance des fusils de chasse, a adopté une échelle qui comporte des variations possibles de 0^{mm},9 pour chaque calibre nominal.

Le Service analogue anglais a admis des variations presque aussi étendues; toutefois, il a indiqué le calibre en pouces qui, d'après lui, correspond au calibre nominal juste. Nous donnons (p. 3) cette correspondance en millimètres.

Les fabricants de fusils de chasse sont en nombre considérable et n'ont aucune règle précise pour les dimensions intérieures à donner au calibre de leurs canons. En général, ils donnent aux canons des fusils se chargeant par la culasse le diamètre intérieur des étuis de cartouches qu'ils trouvent dans le commerce.

Les fabricants de cartouches pour fusils de chasse sont très peu nombreux. Il n'y a que deux fabriques de cette espèce en France; la plus importante est celle de la Société française des Munitions de chasse, de tir et de guerre. Nous donnons page 3 les dimensions adoptées par cette Société pour le calibre intérieur des étuis. Ce calibre devrait être également celui des canons de fusil dans lesquels on tire ces cartouches.

Calibre des fusils de chasse lisses se chargeant par la culasse.

CALIBRE nominal C.	CALIBRE en millimètres correspondant théoriquement à C.	ADOPTÉ PAR LES COMMISSIONS D'ÉPREUVES.		DIAMÈTRE INTÉRIEUR des cartouches de la Société française des Munitions.
		en France.	en Angleterre.	
	mm 32			mm 31,6
4	27,4		mm 26,12	»
6	23,9		23,40	23,40 (*)
8	21,7	mm mm 20,6 à 21,4	21,21	21,20
10	20,2	19,6 à 20,4	19,69	19,45
12	19,0	17,6 à 18,4	18,52	18,65
14	18,05	»	17,60	17,65
16	17,29	16,6 à 17,4	16,81	17,10
20	16,03	15,6 à 16,4	15,62	15,98
24	15,04	14,6 à 15,4	14,71	14,85
28	14,29	13,6 à 14,4	13,97	14,30
32 ou 14 ^{mm}	13,73	12,6 à 13,4		12,95
	12	10,6 à 12,6		10,25

(*) Ces cartouches sont dénommées du calibre 4, elles sont en réalité du calibre 6.

Un spécialiste qui a relevé les calibres de soixante et un fusils de chasse à broche ou à percussion centrale fabriqués à diverses époques et par divers armuriers, a bien voulu nous communiquer le résultat de ces mesures que nous avons résumées dans le Tableau ci-après.

Tableau indiquant les calibres réels de soixante et un canons cylindriques de chasse.

CALIBRE		NOMBRE de fusils examinés	CALIBRE			DIFFÉRENCE M — m.
nominal C.	correspondant théoriquement à C.		moyen.	le plus grand M.	le plus petit m.	
	mm		mm	mm	mm	mm
10	20,20	5	19,04	19,29	18,80	0,49
12	18,99	7	18,28	18,50	18,10	0,40
14	18,05	7	17,85	18,50	17,55	0,95
16	17,29	16	17,20	17,55	16,93	0,62
20	16,03	11	16,19	16,35	15,95	0,40
24	15,04	8	15,34	15,85	14,98	0,87
28	14,29	3	14,57	14,67	14,45	0,22
32	13,73	4	13,98	14,40	13,68	0,72

On voit par ce qui précède que le calibre des fusils de chasse est loin d'être bien fixé. Il serait fort désirable que les armuriers et les fabricants de cartouches des divers pays arrivassent à une entente à ce sujet. Des essais ont été tentés dans cet ordre d'idées ; jusqu'à présent, ils n'ont pas abouti.

Le calibre en millimètres des canons destinés à tirer des étuis entièrement métalliques d'un calibre nominal, tel que 16, est d'environ 1^{mm} plus grand que le calibre des canons destinés à tirer des étuis à corps de carton du même calibre nominal.

2. Calibre des fusils rayés. — Le calibre des fusils rayés se désigne en millimètres dans tous les pays qui font usage du système métrique.

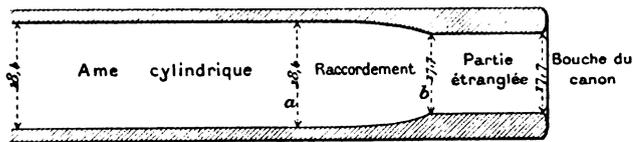
En Angleterre et en Amérique le calibre de ces armes se désigne en millièmes de pouce. Le pouce y est égal à 25^{mm},4.

Le calibre 303, par exemple, correspond à 7^{mm},696.

3. Des canons choke bored. — On a découvert en Angleterre, vers 1875, qu'en donnant au canon un léger rétrécissement au calibre près de la bouche on diminuait notablement la dispersion du tir à plombs. Ce perfectionnement s'est vulgarisé et actuellement on fait presque tous les fusils doubles de chasse qui se chargent par la culasse avec un rétrécissement du canon gauche près de la bouche et quelquefois des deux canons. Ces canons sont désignés à peu près partout par l'expression anglaise de *choke bored*, qui signifie *foré à étranglement*.

La disposition intérieure des canons choke bored est la suivante :

Fig. 1.



Coupe d'un canon choke bored calibre 12.

Le canon, qui est cylindrique depuis le raccordement de la chambre jusque près de la bouche, se rétrécit à partir de a jusqu'en b (*fig. 1*), point à partir duquel il redevient cylindrique jusqu'à la bouche.

La forme du raccordement est celle d'un tronc de cône droit dans les fusils communs. Cette forme est à peu près celle d'un tronc de cône parabolique dans les fusils qui donnent le tir le plus serré; dans ces derniers fusils, la pente du raccordement est très douce au début et atteint son maximum à la jonction avec la partie rétrécie et cylindrique.

Dans ce qui suit, nous appellerons *étranglement* la différence entre le diamètre de l'âme cylindrique et celui de la partie cylindrique étranglée.

On a reconnu par de nombreux essais que l'étranglement qui donne les meilleurs résultats et la moindre dispersion du tir est d'environ $\frac{1}{15}$ à $\frac{1}{20}$ de calibre.

Le Tableau ci-après indique la valeur habituelle de l'étranglement dans les fusils des calibres moyens et les désignations que l'on donne souvent aux fusils ainsi étranglés.

CALIBRES.	ÉTRANGLEMENT DES CANONS.				
	Cylindriques améliorés.	Choke faible.	Choke moyen.	Choke fort.	Choke très fort.
	mm	mm	mm	mm	mm
12	0,09	0,32	0,65	1,0	1,2
16	0,08	0,30	0,60	0,95	1,1
20	0,08	0,28	0,55	0,90	1,0

Le passage des plombs dans l'étranglement fatigue d'autant plus le métal du canon que l'étranglement est plus fort, que le raccordement est plus raide, que la vitesse est plus forte et que le plomb est plus dur. Au delà d'une certaine limite d'étranglement, le passage de la charge peut faire gonfler le canon.

L'étranglement doit commencer à environ un ou deux calibres de la bouche. D'après Greener, lorsqu'il commence à 0^m,07 ou plus de la bouche, le tir n'est pas plus serré que celui d'un fusil cylindrique.

4. Des canons choke rayés. — On trouve dans le commerce des fusils choke dont la partie étranglée du canon porte une vingtaine de rayures droites et parallèles à l'axe du canon. Ces

canons sont dits à *choke rayé*; les Anglais les appellent *choke rifled*.

Le tir du plomb de chasse dans les choke à rayures droites est moins serré que dans les choke lisses ayant même étranglement. Ce genre de rayures n'a aucun avantage.

L'armurier anglais Holland fabrique des fusils choke dont la partie rétrécie est rayée en hélice. Ces fusils communiquent le mouvement de rotation de la rayure aux balles que l'on y tire, tandis que le plomb de chasse n'y prend pas la rayure. Le tir à plombs dans les canons à choke rayés en hélice est meilleur que celui des canons cylindriques et n'est que peu inférieur à celui des choke lisses. Le tir des balles sphériques ou légèrement allongées y est plus précis qu'il ne l'est dans un fusil lisse. Ce genre de fusils offre des avantages lorsqu'on n'a qu'un fusil et qu'on peut se trouver dans le cas d'avoir à tirer des balles avec une certaine précision.

5. Chambre du canon. — La chambre du canon doit être faite de façon à permettre l'introduction facile de la cartouche tout en ne lui laissant que le jeu indispensable. La chambre doit avoir dans ses dimensions transversales $0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},4$ de plus que les dimensions correspondantes des cartouches, de telle sorte que l'introduction de ces dernières soit toujours facile. La longueur de la chambre doit être égale à celle de l'étui que l'on compte y tirer.

Les étuis les plus répandus et qui sont le plus convenables pour le tir du plomb ont une longueur de 65^{mm} pour les calibres nominaux de 12 à 32; mais on trouve également dans le commerce des étuis de ces calibres ayant de 70^{mm} à 90^{mm} de long.

La chambre doit être raccordée à la partie cylindrique du canon par un cône à pente assez douce dont la longueur la plus convenable est de $\frac{2}{3}$ de calibre, soit de 12^{mm} pour le calibre 12 ($18^{\text{mm}},4$).

La chambre doit avoir un diamètre égal à celui du canon augmenté de la double épaisseur de l'étui et du jeu de l'étui dans la chambre.

La double épaisseur de l'étui en carton des calibres usuels est $1^{\text{mm}},4$, le jeu de l'étui est $0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},4$. La chambre doit donc avoir un diamètre qui, à son extrémité antérieure, est $1^{\text{mm}},6$ plus grand que celui du canon.

6. Longueur des canons. — La longueur des canons des fusils de chasse était autrefois assez uniforme et voisine de $0^m,75$; on fait actuellement la plupart des fusils de chasse avec des canons plus courts et dont la longueur varie de $0^m,60$ à $0^m,70$.

Nous verrons plus loin que la longueur qu'il convient de donner aux canons des fusils de chasse, pour utiliser convenablement les poudres de chasse actuelles, est d'environ quarante calibres.

La longueur des canons déterminée par cette seule considération serait :

Calibre.	Longueur absolue des canons de quarante calibres.	Calibre.	Longueur absolue des canons de quarante calibres.
4	107^{cm}	16	68^{cm}
6	94	20	64
8	85	24	60
10	78	28	57
12	74	32	52

Avec les fusils doubles de chasse on vise par la bande qui réunit les deux canons. La longueur de la ligne de visée est donc égale à la longueur des canons.

Les habitués des tirs aux pigeons se servent généralement de fusils de $0^m,75$ de long. C'est avec des fusils de cette longueur que l'on tire le mieux lorsqu'on peut viser dans une certaine mesure.

Un fusil court a moins d'inertie, il se dirige plus vite et avec plus de facilité sur le but qu'un fusil long du même poids. Un fusil relativement court permet donc de suivre plus facilement un but très mobile; toutefois la visée est d'autant moins assurée que le fusil est plus court.

Il est reconnu qu'un canon de moins de $0^m,60$ de long n'assure plus suffisamment la visée dans le tir de chasse et qu'un canon de plus de $0^m,80$ n'est plus assez maniable pour le même usage.

Le bruit des coups tirés dans les canons courts est plus fort qu'il ne l'est dans les canons longs.

Pratiquement, la différence de bruit est encore accrue par ce fait que pour obtenir la vitesse désirable, il faut plus de poudre dans les cartouches pour canons courts que dans celles pour canons longs.

Les détonations répétées des fusils à canons courts peuvent

causer des maux de tête aux tireurs en raison du bruit des détonations.

La longueur qui est la plus convenable pour les canons des fusils de chasse de calibre moyen, et qui tient le mieux compte des diverses considérations exposées ci-dessus, est 0^m,70.

Les fusils que l'on trouve dans le commerce ont généralement leur longueur comprise dans les limites données ci-dessous :

Calibres.	Longueurs usuelles des canons.		Calibres.	Longueurs usuelles des canons.	
	cm	cm		cm	cm
8	70	à 80	20	60	à 70
10	70	à 75	24	60	à 70
12	65	à 75	28	60	à 70
16	60	à 75	32	55	à 65

Les canardières portatives (1), destinées à tirer à l'affût des oiseaux relativement éloignés, se faisaient autrefois avec des canons de plus de 1^m et allant parfois jusqu'à 2^m. Actuellement l'on se borne à leur donner une longueur d'environ 50 calibres, soit 0^m,92 pour le calibre 12. Cette longueur est parfaitement suffisante et il n'y a guère que des inconvénients à avoir des canons plus longs.

7. Poids des fusils. — Les fusils de chasse destinés au tir à plombs et autres que ceux destinés au tir à l'affût ne doivent pas avoir un poids supérieur à 3^{kg}, 3.

Lorsqu'on marche avec un fusil plus lourd, il devient pénible de conserver pendant longtemps la position qu'il convient d'avoir pour être toujours prêt à tirer. On finit par mettre le fusil sur l'épaule ou à la bretelle et l'on manque souvent du gibier faute d'être prêt à temps pour tirer à bonne portée.

Les fusils pour la chasse à l'affût qui se tirent à bras francs peuvent peser beaucoup plus que les fusils pour la chasse en marchant; ils peuvent atteindre les poids de 6^{kg} à 8^{kg}.

On trouve actuellement dans le commerce des fusils relative-

(1) On fait actuellement, pour le tir en bateau des oiseaux d'eau, des canardières non portatives que l'on fixe sur un pivot, et qui ont des calibres de 28^{mm} à 50^{mm}, des poids de 25^{kg} à 100^{kg} et des longueurs de plus de 3^m. Nous ne nous occuperons que fort peu de ces sortes d'armes, qui ont plus d'analogie avec les canons à tir rapide, actuellement en usage dans la marine, qu'avec les fusils.

ment très légers pour leur calibre, qui sont souvent désignés sous le nom de *fusil-plume*. Les canons de ces fusils sont relativement courts. Ces fusils n'ont pas habituellement toute la solidité désirable et ils donnent lieu à un recul violent lorsqu'on y tire des cartouches chargées normalement.

Les fusils spécialement faits pour tirer à balles ont des canons plus étoffés et sont plus lourds que les fusils spécialement destinés au tir à plombs. Nous donnerons plus loin les poids des fusils spécialement destinés au tir à balles.

Poids des fusils doubles pour le tir à plombs.

Calibre	nominal.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
	en millimètres...	mm 26,8	mm 23,4	mm 21,2	mm 19,5	mm 18,4	mm 17,1	mm 15,9	mm 15,0	mm 14,3	mm 13,0
Poids normal du plomb p.	gr	114,3	76,2	56,6	41,1	37,0	29,7	23,9	20,06	17,37	13,05
Poids usuel du fusil P....	kg	9,85	6,55	4,87	3,80	3,10	2,85	2,69	2,41	2,26	1,83
$\frac{P}{p}$		86	86	86	86	84	96	112	120	130	140
Limites du poids observées actuellement dans la pratique.	de	kg 8	kg 6,5	kg 4,5	kg 3,3	kg 2,3	kg 2,2	kg 2,05	kg 2,0	kg 1,8	»
	à	10	10	6,8	4,6	3,3	2,9	2,7	2,5	2,3	»

II. — ÉTUIS DE CARTOUCHES A PLOMB.

1. **Étuis en carton.** — Les étuis qui conviennent actuellement le mieux pour le tir du plomb de chasse ont un culot en laiton et un corps en carton.

Le type d'étui le plus répandu a une longueur de 65^{mm} pour les calibres nominaux de 12 à 32. Cette longueur est celle de la chambre de la majorité des fusils de ces calibres. On trouve également dans le commerce des étuis plus longs. L'emploi des étuis longs est peu recommandable, car la pression que donne leur tir lorsqu'ils sont remplis de poudre et de plomb est souvent supérieure à celle que peut supporter le fusil sans danger.

Lorsqu'on désire tirer de fortes charges de plomb, il est préférable d'employer un fusil de gros calibre avec des cartouches de longueur ordinaire, qu'un fusil de plus petit calibre avec des cartouches longues.

Il y a avantage, tant au point de vue de la vitesse que de la dispersion du plomb, à n'employer que des étuis de bonne qualité et à renfort métallique intérieur qui ne donnent lieu ni à des ruptures au culot, ni à des fentes longitudinales du corps de l'étui.

Les ruptures du culot, quand elles se produisent, fatiguent beaucoup la fermeture du fusil. Elles donnent lieu à des projections de gaz parfois dangereuses pour les yeux et pour les doigts ; ces gaz encrassent le percuteur et toute la platine des fusils sans chiens ; ils peuvent détremper ou fausser les ressorts qu'ils atteignent. Les ruptures du culot sont d'autant plus à craindre que la charge est plus forte et que le jeu de la cartouche dans la chambre est plus grand.

Les étuis de qualité médiocre ou trop fortement chargés pour leur qualité donnent fréquemment lieu à des difficultés d'extraction.

La rupture longitudinale du corps de carton est fréquente avec les étuis de qualité inférieure. Elle est d'autant plus fréquente que le jeu entre la chambre et l'étui est plus grand.

La rupture transversale du corps de carton n'a lieu généralement qu'avec des étuis de mauvaise qualité. Lorsque ce fait se produit, le corps de carton part avec le plomb qui, dans ce cas, fait souvent balle.

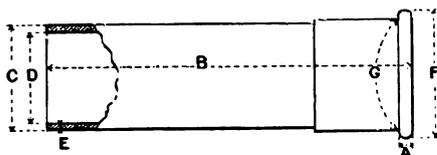
2. Étuis métalliques. — On trouve également dans le commerce des étuis de cartouches de chasse entièrement en laiton ou en acier. Les prospectus leur attribuent la propriété de pouvoir être rechargés presque indéfiniment. En réalité, ces étuis demandent à être réfectionnés avec soin, à être remandrinés et à être lavés après chaque tir. Malgré ces précautions, ils donnent assez souvent des difficultés d'introduction et d'extraction. Ils sont loin de pouvoir être réfectionnés indéfiniment. Ils ont, en outre, l'inconvénient de ne pouvoir être sertis. Le plomb y est maintenu par une rondelle de liège ou de carton qui est introduite dans l'étui à frottement dur. Cette rondelle manque souvent de fixité, malgré les plissements ou les coups de pointeau que l'on pratique sur l'étui pour maintenir la rondelle supérieure. Ce manque de fixité peut amener l'éclatement du fusil lorsque le plomb a pu s'avancer assez loin dans le canon. Il cause des pertes de vitesse lorsque le plomb a

pris seulement un peu de jeu. Les étuis métalliques pour le tir du plomb de chasse ont en somme d'assez graves inconvénients; ils n'ont pas, d'autre part, d'avantage sérieux.

On doit déconseiller de recharger après réamorçage des étuis à corps de carton. Le culot de ces étuis est généralement gonflé. Leur introduction dans la chambre est difficile et fatigue la fermeture du fusil; de plus, leur nouvelle amorce est rarement bien fixée.

3. Tableau des dimensions des douilles de chasse de la Société française des munitions.

Fig. 2.



CALIBRES.	ÉPAISSEUR du bourrelet.		LON- GUEUR totale de la douille (1)	DIAMÈTRE		ÉPAIS- SEUR du tube de carton.	DIAMÈTRE du bourrelet.		DIAMÈTRE du culot près du bourrelet.	
	Bourrelet fort ou n° 1.	Bourrelet mince ou n° 2.		extérieur du tube de carton.	intérieur du tube de carton.		N° 1.	N° 2.	N° 1.	N° 2.
32 mm	2		120	34,60	31,60	1,50	37		34,90	
4	1,8		100	26,20	23,40	1,40	28,60		26,50	
8	1,8		100	23,10	21,20	0,95	25,40		23,30	
10	1,8	1,6	80	21,25	19,45	0,90	23,50	23,38	21,40	21,66
12	1,8	1,4	65	20,05	18,65	0,70	22,30	22,22	20,20	20,53
14	1,8	1,4	65	19,25	17,85	0,70	21,50	20,98	19,40	19,53
16	1,8	1,4	65	18,50	17,10	0,70	20,80	20,60	18,70	18,85
20	1,8	1,4	65	17,38	15,98	0,70	19,60	19,99	17,53	17,65
24	1,8	1,4	65	16,25	14,85	0,70	18,60	18,40	16,50	16,70
28	1,8	1,4	65	15,40	14,30	0,55	17,50	17,16	15,55	15,89
32 ou 14	1,8	1,4	65	14,25	12,95	0,65	16,50	16,15	14,40	14,40

Le bourrelet n° 2, ou mince, est actuellement le plus en usage.

(1) Les douilles des calibres 12, 14, 16, 20, 24, 28, se font aussi aux longueurs de 70mm, 75mm, 80mm, 85mm et 90mm.

4. Contenance maximum en poudre des douilles de 65^{mm} de longueur.

Calibre	{ nominal.....	12	16	20
	{ en millimètres.....	18 ^{mm} ,65	17 ^{mm} ,10	15 ^{mm} ,98
Section intérieure de l'étui.....		2 ^{cm} ³ ,732	2 ^{cm} ³ ,297	2 ^{cm} ³ ,006
Hauteur	{ du sertissage.....	3,0 ^{mm}	3,0 ^{mm}	3,0 ^{mm}
	{ des bourres.....	13,2	12,1	11,3
	{ du plomb.....	22,2	20,5	19,2
TOTAL.....		38,4	35,6	33,5
Hauteur utile à l'intérieur de l'étui.....		59,8	59,8	59,8
Hauteur restante pour la poudre.....		21,4	24,2	26,3
Volume maximum de la poudre.....		5 ^{cm} ³ ,85	5 ^{cm} ³ ,56	5 ^{cm} ³ ,28
Poids maximum de la poudre.	{ Noire de chasse.....	5,27 ^{gr}	5,00 ^{gr}	4,75 ^{gr}
	{ S ₁	3,04	2,90	2,74
	{ S ₂	2,87	2,73	2,59
	{ J ₁	4,10	3,90	3,70
	{ J ₂	4,00	3,81	3,61
	{ M.....	2,80	2,65	2,50
	{ R.....	3,00	2,85	2,70
	{ T.....	3,30	3,15	3,00

5. **Amorces.** — La poudre noire ne nécessite qu'une amorce assez faible pour détoner dans de bonnes conditions pour le tir.

Les poudres pyroxyliées nécessitent des amorces à peu près deux fois plus fortes que celles qui sont nécessaires pour la poudre noire. Avec les amorces usitées pour la poudre noire, les poudres pyroxyliées donnent des ratés, des longs feux, une vitesse plus faible et plus irrégulière qu'avec des amorces convenables.

III. — POUDRES.

1. **Poudres noires.** — Les poudres noires que l'on peut se procurer dans le commerce, en France, sont fabriquées dans les poudreries de l'État. Les poudres noires de chasse comportent sept types qui, tous, ont pour dosage 78 pour 100 de salpêtre, 10 pour 100 de soufre, 12 pour 100 de charbon de bourdaine. Elles se divisent, au point de vue du prix de vente et du temps employé à la trituration, en trois groupes principaux qui sont : les poudres ordinaires, les poudres fortes et la poudre spéciale (extra-fine).

Poudres noires de chasse.

	DÉSIGNATIONS.							
	Ordinaires.				Fortes.			
	N° 0.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Densité réelle.....	Pas inférieure à 1,725.							
Densité gravimétrique (1)	Pas inférieure à 0,900.							
Nombre de grains au gramme....	650	2000	4000	8000	2000	4000	8000	20000
	à 950	à 3000	à 6000	à 12000	à 3000	à 6000	à 12000	à 30000
Prix de vente en France par boîtes.	de 500 ^{fr} et au-dessus.....				de 500 ^{fr} et au-dessus.....			
	de 100 ^{fr} et 250 ^{fr} .				de 100 ^{fr} et 250 ^{fr} .			
	12 ^{fr} 12 ^{fr} , 50				15 ^{fr} 15 ^{fr} , 50			

(1) On appelle *densité gravimétrique* le poids en kilogrammes de 1^{lit} de poudre non tassée.

2. Poudres pyroxylées de chasse. — La première poudre de chasse pyroxylée d'un emploi pratique a été inventée par le capitaine Schultze en 1864, à Potsdam.

Les poudres pyroxylées de chasse, fabriquées en France dans les poudreries de l'État, comprennent les types ci-après :

DÉNOMINATION.		DESTINATION et usage normal des poudres pyroxylées de chasse.
Types.	Numéros.	
Poudre pyroxylée S.	N° 1.	Fusils de chasse calibre 12.
	2.	» calibres 16 et 30.
	0.	Fusils rayés.
Poudre pyroxylée J.	1.	Fusils de chasse calibre 12.
	2.	» calibres 16 et 20.
	3.	Pistolets de tir et revolvers.
Poudre pyroxylée M..	un seul numéro	Fusils de chasse calibres 12 à 20.
Poudre pyroxylée R..	»	» » 12 à 20.
Poudre pyroxylée T..	»	» » 12 à 20.

Composition et propriétés des poudres pyroxylées.

	POUDRE PYROXYLÉE DU TYPE								
	S.		J.			M.	R.	T.	
	N° 1.	N° 2.	N° 0.	N° 1.	N° 2.				
<i>Composition pour 100.</i>									
Coton-poudre.....	65	65	83	83	83	75	55	100	
Nitrate de baryte.....	29	29	»	»	»	20	35	»	
Nitrate de potasse.....	6	6	»	»	»	5	6	»	
Bichromate d'ammoniaque.....	»	»	14	14	14	»	»	»	
Bichromate de potasse.....	»	»	3	3	3	»	»	»	
Camphre.....	»	»	»	»	»	2	3	»	
Gélose.....	»	»	»	»	»	1	1	»	
Densité gravimétrique.....	0,520	0,490	0,750	0,700	0,685	0,465 à 0,485	0,500 à 0,520	0,550 à 0,580	
Nombre de grains au gramme...	990	3770	300	485	1030	3500 envir.	2500 envir.	1700 envir.	
<i>Pression et vitesse d'épreuve.</i>									
Charge de poudre {	calibre 12 ...	3 ^{er} , 40	»	»	»	»	»	»	
		»	2 ^{er} , 20	2 ^{er} , 80	2 ^{er} , 80	2 ^{er} , 60	2 ^{er} , 80	2 ^{er} , 10	1 ^{er} , 90
" {	calibre 16 ...	36 ^{er}	»	»	»	»	»	»	
		»	30 ^{er}	30 ^{er}					
Vitesse à 15 ^m . V ₁₅	270 ^m	250 ^m	220 ^m	240 ^m	245 ^m	255 ^m	245 ^m	255 ^m	
		»	à 230 ^m	à 250 ^m	à 255 ^m	à 265 ^m	à 255 ^m	à 265 ^m	
Pression en kilogrammes.....	<550	<550	<350	<500	<500	<500	<450	<400	
Prix de vente {	de 500 ^{er} et au- en France {	dessus.....		28 ^{fr}		30 ^{fr}		29 ^{fr}	
		de 100 ^{er} et 200 ^{er} ...		28 ^{fr} , 50		28 ^{fr} , 50		30 ^{fr} , 50	
								32 ^{fr}	
								32 ^{fr} , 50	

3. Particularité des poudres pyroxylées. — *Poudre S.* — Ces poudres font une faible fumée qui ne peut masquer dans aucun cas le gibier. Elles ont l'inconvénient de laisser dans le canon des résidus assez durs qui peuvent gêner la fermeture et surtout le fonctionnement des extracteurs à éjection. Ces poudres peuvent donner des pressions dangereuses, surtout dans les fusils des calibres inférieurs au 16, tels que le 20 et le 24, lorsqu'elles sont employées à des charges supérieures aux charges normales.

Poudre J. — Les poudres J donnent moins de fumée dans le tir que les poudres S.

Elles laissent dans le canon après le tir un résidu verdâtre sans épaisseur.

Au début de la fabrication (1893), cette poudre avait l'inconvénient de faire facilement rouiller les canons, surtout lorsque le temps était humide. Cet inconvénient n'existe plus depuis qu'on a ajouté 3 pour 100 de bichromate de potasse au bichromate d'ammoniaque qui entrerait seul dans la composition avec le coton-poudre, au début.

Les poudres J ne donnent pas, pour les augmentations de charge compatibles avec le volume des douilles ordinaires, des pressions excessives ou dangereuses pour les armes, à moins que l'on n'ait fortement comprimé la poudre dans les cartouches.

Le type n° 3 est destiné exclusivement aux pistolets de tir et aux revolvers; il serait d'un emploi très dangereux dans les fusils, qu'il pourrait faire éclater même à des charges relativement faibles et par exemple de plus de 1^{er}, 50 dans le calibre 16.

Poudres M et R. — La poudre M est de couleur jaune, la poudre R est de couleur rouge.

C'est particulièrement au point de vue de la résistance aux variations de l'état hygrométrique que les nouvelles poudres réalisent une amélioration notable sur les poudres S et J. Un perfectionnement a également été obtenu par rapport aux poudres S et J en ce qui concerne l'abondance des résidus et leur adhérence.

Poudre T. — La poudre T est formée de paillettes carrées très minces. Elle est lissée à la plombagine, ce qui lui donne une coloration noirâtre. Elle ne fait aucune fumée et ne laisse aucun résidu dans le canon.

Elle serait d'un emploi dangereux si on l'employait à des charges beaucoup plus fortes que celles qui sont indiquées par l'instruction collée sur les boîtes qui la contiennent ou si on la comprimait dans les étuis de cartouches.

4. Poudres BN. — L'État met également en vente les poudres à fusil du type BN, pour le tir dans les fusils rayés lançant des

balles allongées, à grande vitesse. Ces poudres ont une puissance équivalente à celle des meilleures poudres de guerre à fusil. Leur seul inconvénient est de faire une fumée notable, mais qui n'est jamais gênante et ne peut jamais masquer le but. Cette fumée est à peu près la moitié de celle que ferait une charge de poudre noire ayant le même volume.

IV. — BOURRES.

1. Rôle de la bourre. — La bourre qui se trouve entre la poudre et le plomb est destinée à transmettre au plomb la poussée des gaz et à empêcher ceux-ci de pénétrer au milieu des plombs.

La bourre doit jouer le rôle de tampon élastique en transmettant la pression des gaz. Elle doit communiquer le mouvement au plomb, sans trop de brusquerie au début du mouvement et lorsque la pression de la poudre est maximum.

Ce rôle de tampon élastique est d'autant plus important à remplir que la poudre est plus vive et que la pression maximum est plus élevée. Pour bien remplir ce rôle, la bourre doit être compressible, mais ne doit pouvoir être comprimée que sous une pression assez forte.

Il est très important que la bourre empêche les gaz de la poudre de passer en avant d'elle pendant le trajet du projectile dans la cartouche et le canon. Elle ne peut bien remplir ce rôle que si elle est plastique.

Lorsque la bourre laisse passer quelque peu des gaz de la poudre en avant d'elle, au milieu d'une charge de plombs, la dispersion est beaucoup augmentée, et les grains de plomb se soudent les uns aux autres en grappes de plusieurs grains.

La bourre placée sur la poudre doit également enlever les résidus de la poudre des coups précédents; ce rôle est d'autant plus important à remplir que la poudre est plus encrassante. Il est plus important avec les poudres noires qu'il ne l'est avec les poudres pyroxylées et sans fumée.

Les huiles et les graisses d'origine animale et végétale ont la propriété de ramollir les résidus de la poudre noire; les graisses minérales (vaseline, paraffine, etc.) ne jouissent de la même propriété qu'à un degré beaucoup moindre.

2. Espèces de bourres. — On trouve dans le commerce diverses sortes de bourres dont les propriétés sont assez différentes et sont indiquées ci-après :

1° Les bourres en feutre sec et brun sont trop facilement compressibles ; elles sont d'une épaisseur et d'un feutrage peu réguliers.

2° Les bourres en feutre blanc, sec et serré, sont régulièrement élastiques. Elles sont employées pour adoucir la transmission de la pression des poudres vives.

3° Les bourres de feutre graissé du commerce sont généralement faites en feutre fin et bien serré. Elles ne sont graissées que sur les bords par une courte immersion dans un bain de graisse et en étant tenues par une pince qui met leurs faces planes à l'abri de la graisse. Ces bourres sont compressibles et élastiques ; elles conviennent pour le tir des poudres vives.

4° On peut obtenir des bourres d'un emploi satisfaisant avec certaines poudres, en faisant baigner jusqu'à saturation des bourres de feutre sec ordinaire dans un bain de cire et de graisse fondues. Les bourres de feutre saturées de graisse consistante sont très plastiques, mais elles sont peu élastiques. Elles conviennent très bien pour le tir des poudres noires et des poudres pyroxyliées de vivacité modérée. Il convient de les isoler de la poudre par une rondelle de carton ou de feutre non graissée.

5° La Société des munitions fabrique depuis plusieurs années un type de bourre que nous avons préconisé dans notre édition de 1891 et qui sont formées d'une pastille d'un mélange de graisses diverses, recouverte de deux coupelles en carton mince. Ces bourres sont très plastiques, mais non élastiques.

Elles sont excellentes pour le tir des poudres noires et des poudres pyroxyliées de faible vivacité, telles que les poudres J₁, J₂ et M employées à des charges modérées.

Elles ne conviennent pas pour le tir des poudres pyroxyliées plus vives et elles donnent des pressions excessives avec la poudre T.

6° On trouve également dans le commerce des bourres en pâte de papier, en cuir, en caoutchouc, en liège, etc. Ces bourres n'ont aucun avantage particulier. Les deux premières espèces manquent de plasticité ; ces quatre espèces ne nettoient pas l'encrassement laissé par les poudres dans le canon.

7° On vend en Angleterre, sous le nom de *bourre suédoise*,

une bourre en pâte de papier dont la partie antérieure du côté du plomb est creusée en forme de demi-sphère concave. Ces bourres donnent, paraît-il, des groupements plus serrés que toute autre bourre avec les poudres pyroxyliées. Elles sont spécialement recommandables pour le tir du petit plomb dans les fusils fabriqués pour supporter de fortes charges. Ces bourres, étant incompressibles, donnent lieu à de fortes pressions.

3. Emploi des diverses espèces de bourres. — La bourre qui convient le mieux pour tirer les poudres noires est la bourre entièrement en cire et graisse.

Les bourres de feutre saturées de graisses leur sont à peu près équivalentes lorsqu'elles sont régulières d'épaisseur, et lorsque leurs deux faces sont parallèles.

Le Service des Poudres et Salpêtres recommande de mettre sur les poudres pyroxyliées une bourre de feutre gras surmontée d'une bourre de feutre sec. Ce dispositif donne une grande élasticité à la bourre, il diminue les pressions et un peu aussi les vitesses; il évite en partie la formation des grappes de plombs.

Les bourres en cire et graisse employées seules avec les poudres J_1 et J_2 et M , donnent d'excellents tirs, mais fournissent aussi des vitesses et surtout des pressions notablement supérieures à celles que donne le chargement avec deux bourres de feutre. Ainsi, dans le calibre 16, pour avoir avec ces bourres la même vitesse qu'avec la bourre grasse et la bourre de feutre sec superposées, il faut réduire la charge de $0^{\text{gr}}, 1$, mais la pression reste encore plus forte de 70^{kg} par centimètre carré.

4. Défaut de fonctionnement des bourres. — On reconnaît que la bourre a mal rempli son rôle d'obturateur dans le tir du plomb de chasse lorsque la partie du canon voisine du raccordement est fortement encrassée. Dans ce cas, on constate également que le tir est fort dispersé.

Lorsqu'on tire dans un fusil rayé des balles de calibre inférieur à celui du canon sur le fond des rayures, il est indispensable que la bourre joue exactement son rôle d'obturateur des gaz, faute de quoi les balles ont un tir complètement désordonné. Les balles tirées dans ces conditions sortent avec leur axe oblique sur la

tangente à la trajectoire, elles décrivent dans l'air des hélices à pas assez variables d'un coup à l'autre, mais qui ont généralement une longueur de plusieurs décamètres et dont le rayon atteint parfois plusieurs mètres à peu de distance de la bouche. On peut observer ces mouvements hélicoïdaux avec une lunette placée en arrière du fusil.

5. **Rondelle sur le plomb.** — La rondelle placée au-dessus du plomb n'a pas d'autre rôle à jouer que de maintenir le plomb en place dans la cartouche. Cette rondelle est maintenue elle-même en place par le sertissage. La rondelle placée sur le plomb doit être faite en carton mince et ferme. Elle doit avoir le moins de poids possible, car elle accroît sensiblement la dispersion des plombs lorsqu'elle a un poids notable. L'addition d'une bourre épaisse en avant du plomb accroît la pression. Dans un tir exécuté à Sevran-Livry (1), l'addition d'une simple bourre sèche sur le plomb d'une cartouche de poudre pyroxylée en essai a accru la pression de 80^kg.

V. — PLOMB DE CHASSE, CHEVROTINES ET BALLE SPHÉRIQUES.

1. **Fabrication du plomb de chasse.** — Le plomb de chasse se fabrique en versant du plomb fondu dans une écumoire percée de trous plus ou moins grands, suivant la grosseur des grains à fabriquer. L'écumoire est placée au-dessus d'un puits profond ou d'une tour élevée, afin que les gouttes puissent se solidifier pendant leur chute, au terme de laquelle elles sont recueillies dans de l'eau. Les grains sont ensuite séparés en différentes grosseurs au moyen de cribles à trous ronds.

On employait autrefois, pour fabriquer le plomb de chasse, exclusivement du plomb auquel on alliait 0,3 à 0,8 pour 100 d'arsenic. L'addition de cette petite quantité d'arsenic donne au plomb la propriété de former des gouttes bien sphériques. Actuellement, une grande partie du plomb de chasse est formée de plomb durci par un alliage avec de l'étain ou de l'antimoine.

Le plomb durci se déforme moins sous l'influence de la poussée

(1) BARRAL, *Mémorial des Poudres et Salpêtres*; 1892.

de la poudre et par le choc à l'arrivée au but que le plomb mou. Il offre des avantages sensibles au point de vue de la portée efficace et de la dispersion. Il n'a, d'autre part, aucun inconvénient sérieux. Sa densité est généralement voisine de 11,0 et, par conséquent, peu inférieure à celle du plomb *pur* qui est de 11,35 (1).

Les grains de plomb sont rarement bien sphériques. Ils ont presque tous une forme plus ou moins ovoïde et la différence entre le plus grand et le plus petit axe atteint en général le $\frac{1}{10}$ du diamètre moyen. Les grains de gros plombs sont presque toujours moins régulièrement sphériques que ceux des petits plombs. Les grains dont le diamètre dépasse 4^{mm} ont presque toujours des écarts par rapport à la forme sphérique bien visibles à la vue simple.

Le plomb durci n° 6 de la marque *The Newcastle chilled shot* est employé exclusivement depuis plusieurs années dans les concours de fusils de chasse qui se font en Angleterre. On use aussi une assez grande quantité de ce plomb en France. Nous avons constaté que ce plomb contient de l'étain. Sa dureté nous a paru plus grande que ne le comporte sa teneur en étain. Ce supplément de dureté est dû à des procédés spéciaux de fabrication tenus secrets par les fabricants.

2. Fabrication des balles et des chevrotines. — Les projectiles sphériques en plomb les plus gros que l'on puisse obtenir par le procédé que nous avons indiqué pour la fabrication du plomb de chasse, pèsent environ 1^{gr}.

Les projectiles sphériques plus gros sont fabriqués par moulage. Ils prennent le nom de *chevrotines* lorsqu'ils sont destinés à

(1) La plupart des auteurs donnent 11,35 pour la densité du plomb pur; c'est le chiffre que nous avons adopté; nous noterons que le chiffre de cette densité est :

11,25	d'après l' <i>Annuaire du Bureau des Longitudes</i> .
11,445	d'après la <i>Chimie</i> de Regnault.
11,34	plomb fondu (<i>Smithsonian Tables</i> , 1896).
11,36	plomb étiré (" ").

Nous avons mesuré la densité de plusieurs échantillons de plomb et nous avons trouvé :

11,25	pour du plomb de chasse mou ;
11,22	» » chilled shot (durci) n° 6 ;
11,18	» » » n° 4 ;
10,97	» de balles durcies avec 5 pour 100 d'antimoine ;
10,81	» » 10 pour 100 d'antimoine.

être tirés en paquets comme le plomb de chasse. Le poids des chevrotines est compris entre 1^{er} et 5^{er} et leur diamètre entre 5^{mm}, 5 et 9^{mm}, 5.

Au delà de ces poids et de ces diamètres, les projectiles sphériques prennent le nom de *balles*.

Les balles sphériques en plomb et les chevrotines se fabriquent en coulant du plomb fondu, pur ou durci, dans des moules à coquille. Le moule doit être très chaud au moment de la coulée, faute de quoi les produits de la coulée sont irréguliers et n'ont pas leur surface lisse. Il est fort dangereux de mouiller un moule pour le refroidir, lorsque les manches métalliques sont devenus tellement chauds qu'on ne peut plus les tenir; on s'expose à laisser de l'eau dans le moule et à avoir, dans une coulée postérieure, des projections de plomb fondu très dangereuses, surtout pour les yeux. Les moules bien faits ont des manches longs, garnis en bois à leurs extrémités et que l'on peut manier même lorsque les coquilles sont très chaudes.

Les moules à balles et à chevrotines que l'on trouve dans le commerce sont rarement bien faits. Leurs défauts habituels sont les suivants :

- 1° Les coquilles manquent de fixité l'une par rapport à l'autre.
- 2° Les jets de coulée sont trop courts.
- 3° Les coupe-jets ne rasant pas exactement le jet à la surface de la sphère.

Les balles ou chevrotines que l'on fait ou que l'on achète dans le commerce ont généralement les défauts ci-après, imputables soit à l'imperfection des moules, soit au procédé de fabrication par moulage :

- 1° Les deux moitiés du projectile ne se rejoignent pas exactement.
- 2° Des soufflures existent près du jet.
- 3° Les jets ne sont pas rasés de façon à rétablir la forme sphérique.
- 4° La surface présente des canaux sinueux.
- 5° Une ou plusieurs cavités se trouvent à l'intérieur de la balle, par suite du retrait du plomb. La grandeur et la position de ces cavités, relativement au centre de la balle, sont variables.

Toutes ces imperfections ont une influence sensible sur la précision du tir, lorsque ces balles sont tirées dans des fusils rayés. Cette influence est moins sensible dans les fusils lisses, en raison du défaut de précision inhérent à ces sortes d'armes.

3. Numéros de plombs de chasse. — Les plombs de chasse sont habituellement désignés par des numéros conventionnels, qui sont d'autant plus grands que le diamètre et le poids des grains sont plus petits.

En France et en Angleterre, ces numéros ont été choisis par chaque fabricant sans règle précise et sans entente commune. Il en résulte que ces numéros définissent fort mal la grosseur du plomb, à moins que l'on connaisse la provenance des plombs et que l'on ait sous les yeux un tableau de la correspondance des numéros avec le poids ou le diamètre des grains.

Le Tableau ci-après donne ces renseignements pour les marques principales de plombs de chasse fabriqués en France, en Angleterre et en Belgique.

Diamètre des grains de plomb suivant la provenance.

NUMÉROS.	PROVENANCE.					
	Paris.	Marseille.	Lyon.	Angers.	Bruxelles.	Newcastle (chilled shot).
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0 000.....	4,9	5,5	5,7	4,9	4,7	4,65 (AA)
000.....	4,6	5,0	5,3	4,7	4,5	4,45 (A)
00.....	4,5	4,7	5,1	4,5	4,3	3,95 (BB)
0.....	4,2	4,5	4,9	4,4	4,0	3,8 (B)
1.....	4,0	4,3	4,8	4,3	3,7	3,6
2.....	3,9	4,1	4,6	4,1	3,5	3,4
3.....	3,6	3,9	4,2	4,0	3,3	3,25
4.....	3,3	3,7	4,0	3,6	3,0	3,0
5.....	3,0	3,6	3,8	3,5	2,7	2,8
6.....	2,8	3,4	3,5	3,1	2,5	2,6
7.....	2,5	3,1	3,0	2,8	2,3	2,4
8.....	2,4	2,9	2,8	2,6	2,0	2,2
9.....	2,0	2,6	2,2	2,1	1,7	2,0
10.....	1,7	2,4	2,1	1,7	1,5	1,8
11.....	"	"	"	"	"	1,65
12.....	"	"	"	"	"	1,55

Nombre de grains dans 10^{gr} suivant la provenance.

NUMÉROS.	PROVENANCE.					
	Paris.	Marseille.	Lyon.	Angers.	Bruxelles.	Newcastle (chilled shot).
0 000.....	14	10	9	14	15	17 (AA)
000.....	18	13	11	16	18	19,4 (A)
00.....	19	16	13	18	21	27 (BB)
0.....	22	18	14	20	26	31 (B)
1.....	26	21	15	21	33	36,7
2.....	28	21	17	21	39	43
3.....	35	29	22	26	47	49,4
4.....	49	32	27	37	63	60,7
5.....	63	36	30	40	86	77
6.....	78	43	40	54	106	100
7.....	108	55	62	78	138	120
8.....	127	69	79	98	210	159
9.....	225	100	159	176	342	205
10.....	353	115	181	360	500	300
11.....	"	"	"	"	"	367
12.....	"	"	"	"	"	441

En Allemagne, on a adopté depuis plusieurs années, sur la demande des syndicats de chasseurs, une échelle dans laquelle le diamètre de chaque numéro de plomb diffère de 0^{mm}, 25 de celui qui le précède et de celui qui le suit. Cette échelle est la seule qui ait été établie d'une façon rationnelle; elle s'écarte peu comme numérotage de la moyenne de celles qui sont en usage en France, en Belgique et en Angleterre. Aussi *ferons-nous exclusivement usage de l'échelle allemande* pour désigner les plombs dans le cours du présent ouvrage. Il serait fort désirable qu'elle fût adoptée par tous les fabricants.

Le procédé le plus pratique à employer pour mesurer le diamètre moyen des grains de plomb consiste à placer une cinquantaine de grains jointifs dans l'angle dièdre formé par un fort papier plié en long. Après avoir assuré le contact de tous les grains, on marque avec un crayon l'emplacement du haut et du bas de la colonne de grains. On enlève ensuite les plombs que l'on compte, puis on mesure avec un double décimètre la longueur qu'ils occu-

paient dans l'angle de papier. Cette longueur divisée par le nombre de grains donne le diamètre moyen des grains avec une grande approximation. Lorsqu'on répète l'opération ci-dessus avec plusieurs échantillons pris dans le même sac de plombs, on trouve généralement un diamètre moyen pouvant différer quelque peu d'une mesure à l'autre, ce qui tient à ce que les diamètres des plombs contenus dans un même sac peuvent différer d'environ $0^{\text{mm}}, 2$ et à ce que ces grains ne sont qu'à peu près sphériques.

*Échelle adoptée en Allemagne pour le numérotage
du plomb de chasse.*

Densité admise pour le plomb, 11,25.

NUMÉROS.	DIAMÈTRE des grains.	POIDS d'un grain.	NOMBRE de grains dans 10^{gr} .
	mm	gr	
000 000.....	5,50	0,981	10,2
00 000.....	5,25	0,855	11,7
0 000.....	5,00	0,735	13,6
000.....	4,75	0,633	15,8
00.....	4,50	0,538	18,6
0.....	4,25	0,435	23,0
1.....	4,00	0,377	26,5
2.....	3,75	0,3125	32,0
3.....	3,50	0,2525	39,6
4.....	3,25	0,2025	49,4
5.....	3,00	0,1613	62,0
6.....	2,75	0,1226	81,5
7.....	2,50	0,0922	108,5
8.....	2,25	0,0671	149
9.....	2,00	0,0472	212
10.....	1,75	0,0316	316,5
11.....	1,50	0,0199	502,5
12.....	1,25	0,0115	868

4. Poids et diamètre des projectiles sphériques en plomb. — Les deux Tableaux ci-après donnent les diamètres et les poids correspondants des projectiles sphériques en plomb pur et en plomb durci.

Ils ont été calculés par les formules

(3) $P = 5,942 a^3$ pour le plomb pur à la densité de 11,35 ;

(4) $P = 5,7596 a^3$ pour le plomb durci à la densité de 11,0

dans lesquelles P est le poids en grammes des sphères dont le diamètre est *a* centimètres.

Poids et diamètre des projectiles sphériques en plomb pur.

DIA- MÈTRE.	POIDS d'une sphère.	NOMBRE dans 10 ^{gr.}	DIA- MÈTRE.	POIDS d'une sphère	NOMBRE dans 10 ^{gr.}	DIA- MÈTRE.	POIDS d'une sphère.	DIA- MÈTRE.	POIDS d'une sphère.
mm	gr		mm	gr		mm	gr	mm	gr
1,0	0,00594	1682	3,0	0,160	62	5,1	0,789	8,5	3,65
1,1	0,00791	1264	3,1	0,177	56	5,2	0,836	9,0	4,33
1,2	0,01027	973	3,2	0,195	51	5,3	0,885	9,5	5,10
1,3	0,01305	766	3,3	0,214	47	5,4	0,936	10,0	5,94
1,4	0,01630	613	3,4	0,234	43	5,5	0,988	10,5	6,88
1,5	0,0201	498	3,5	0,255	39	5,6	1,043	11,0	7,91
1,6	0,0240	417	3,6	0,277	36	5,7	1,100	11,5	9,04
1,7	0,0292	342	3,7	0,301	33	5,8	1,160	12,0	10,27
1,8	0,0347	288	3,8	0,326	31	5,9	1,220	12,5	11,50
1,9	0,0410	244	3,9	0,352	28	6,0	1,283	13,0	13,05
2,0	0,0476	210	4,0	0,380	26	6,2	1,425	14	16,31
2,1	0,0549	182	4,1	0,409	24	6,4	1,538	15	20,05
2,2	0,0633	158	4,2	0,440	23	6,6	1,708	16	24,33
2,3	0,0724	138	4,3	0,473	21	6,8	1,868	17	29,19
2,4	0,0820	122	4,4	0,506	20	7,0	2,038	18	34,6
2,5	0,0926	108	4,5	0,541	18	7,2	2,217	19	40,7
2,6	0,104	96	4,6	0,579	17	7,4	2,407	20	47,5
2,7	0,117	85	4,7	0,617	16	7,6	2,608	21	55,0
2,8	0,130	77	4,8	0,657	15	7,8	2,819	22	63,3
2,9	0,145	69	4,9	0,699	14	8,0	3,043	23	72,3
			5,0	0,743	13				

Poids et diamètre des projectiles sphériques en plomb durci à la densité de 11,0.

DIA- MÈTRE.	POIDS.	DIA- MÈTRE.	POIDS.	DIA- MÈTRE.	POIDS.	DIA- MÈTRE.	POIDS.	DIA- MÈTRE.	POIDS.
mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr
1,0	0,00576	2,5	0,09003	4,0	0,3686	5,5	0,957	16	23,6
1,1	0,00767	2,6	0,1012	4,1	0,3968	6,0	1,243	17	28,3
1,2	0,00996	2,7	0,1133	4,2	0,4266	6,5	1,580	18	33,6
1,3	0,01265	2,8	0,1264	4,3	0,4575	7,0	1,975	19	38,5
1,4	0,01570	2,9	0,1404	4,4	0,4903	7,5	2,427	20	46,1
1,5	0,01942	3,0	0,1555	4,5	0,5245	8,0	2,95	21	53,4
1,6	0,02357	3,1	0,1715	4,6	0,5603	8,5	3,54	22	61,3
1,7	0,02828	3,2	0,1886	4,7	0,5877	9,0	4,20	23	70,1
1,8	0,03357	3,3	0,2070	4,8	0,6373	9,5	4,94	24	79,6
1,9	0,03950	3,4	0,2262	4,9	0,6775	10	5,76	25	90,0
2,0	0,04607	3,5	0,2469	5,0	0,7200	11	7,67	26	101,2
2,1	0,05333	3,6	0,2687	5,1	0,7645	12	9,96	27	113,3
2,2	0,06132	3,7	0,2916	5,2	0,8100	13	12,65	28	126,4
2,3	0,07010	3,8	0,3160	5,3	0,858	14	15,80	29	140,4
2,4	0,07960	3,9	0,3416	5,4	0,907	15	19,43	30	155,5

5. **Densité gravimétrique du plomb de chasse.** — Remplissons un volume V avec du plomb de chasse dont le poids est P . Le rapport $\frac{P}{V}$ est ce que l'on appelle la *densité gravimétrique* du plomb.

Lorsqu'on mesure la densité gravimétrique du plomb de chasse mis dans un récipient cylindrique, on constate que cette densité diminue à mesure que le diamètre du cylindre diminue.

Ainsi nous avons trouvé pour la densité gravimétrique de plombs n° 6 provenant d'un même sac

Largeur du cylindre de mesure. mm	Densité gravimétrique.
60	6,92
30	6,58
19	6,35
16	6,31

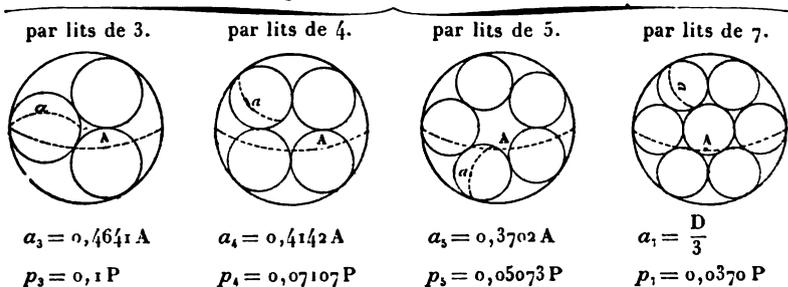
Les cartouches des calibres usuels ont un diamètre intérieur de 16^{mm} à 19^{mm}, la densité gravimétrique qu'il est utile de connaître pour déterminer les dimensions de la charge de plomb doit être déterminée avec un cylindre ayant un diamètre intérieur d'environ 17^{mm} à 18^{mm}.

Nous avons trouvé les valeurs ci-après pour la densité gravimétrique de diverses grosseurs de plombs de provenance variée et généralement durcis.

N° des plombs.	Diamètre des grains. mm	Densité gravimétrique dans un étui calibre 12.
7	2,65	6,3
6	2,75	6,35
4	3,4	6,0
3	3,8	6,3
Chevrotines	6,2	6,4

Fig. 3.

Chargement avec des chevrotines



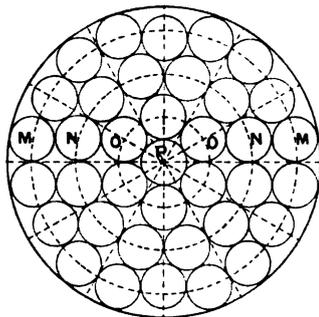
6. Des chevrotines. — Il est avantageux, au point de vue de la régularité du tir, de choisir les chevrotines d'un diamètre tel qu'on puisse les disposer exactement par lits et qu'un lit garnisse aussi complètement que possible la section intérieure de l'étui (1).

Poids et diamètre des chevrotines en plomb pur.

CALIBRE DU FUSIL		POIDS de la balle sphérique P.	CHEVROTINES à 3 par lit.		CHEVROTINES à 4 par lit.		CHEVROTINES à 5 par lit.		CHEVROTINES à 7 par lit.	
nominal.	en millimètres A.		a ₃ .	p ₃ .	a ₄ .	p ₄ .	a ₅ .	p ₅ .	a ₇ .	p ₇ .
	mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr
4	26,8	114,3	12,44	11,43	11,10	8,3	9,92	5,80	8,93	4,23
6	23,4	76,2	10,86	7,62	9,69	5,42	8,67	3,86	7,80	2,82
8	21,2	56,6	9,84	5,66	8,78	4,02	7,85	2,87	7,07	2,10
10	19,5	44,1	9,05	4,41	8,08	3,13	7,22	2,24	6,50	1,63
12	18,4	37,0	8,54	3,70	7,62	2,63	6,82	1,88	6,13	1,37
16	17,1	29,7	7,94	2,97	7,08	2,11	6,33	1,51	5,70	1,10
20	15,9	23,9	7,38	2,39	6,58	1,70	5,89	1,21	5,30	0,88
24	15,0	20,06	6,96	2,01	6,22	1,43	5,55	1,02	5,00	0,71
28	14,3	17,35	6,64	1,71	5,92	1,33	5,30	0,88	4,76	0,64
32	13,0	13,05	6,04	1,30	5,38	0,93	4,81	0,66	4,33	0,48
Nombre de chevrotines à mettre dans la cartouche.....			9		12 à 16		20		28	
Nombre de lits.....			3		3 à 4		4		4	

(1) Les dispositions les plus avantageuses pour grouper des projectiles sphériques assez nombreux sont représentées par la fig. 4.

Fig. 4.



7. Poids normal de la charge de plombs. — De nombreuses expériences et une pratique universelle des armes de chasse ont fait connaître que le poids de la charge de plombs qui donne les meilleurs résultats à tous les points de vue dans les fusils de chasse des divers calibres *est égal au poids de la balle sphérique en plomb du calibre du fusil.*

Le poids des chevrotines doit aussi égaler, autant que possible, le poids de la balle sphérique. Toutefois, chaque lit de chevrotines doit être complet.

Dans ce qui suit, nous considérons le poids de la charge de plombs ainsi défini *comme étant le poids normal.*

Le poids de la balle sphérique correspondant aux divers calibres est donné dans le Tableau ci-après.

Calibre { nominal.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
{ en millimètres..	26,8	23,4	21,2	19,5	18,4	17,1	15,9	15,0	14,3	13,0
Poids de la balle sphérique en plomb pur, en gr....	114,3	76,2	56,6	44,1	37,0	29,7	23,9	20,06	17,35	13,05

Le poids normal de plombs peut être logé, avec la poudre convenable et les bourres nécessaires, dans les étuis de cartouches de 65^{mm} de longueur des calibres 12 à 32. Les charges de poudre qui conviennent au tir dans les calibres 10, 8, 6 et 4 nécessitent des étuis de longueur supérieure à 65^{mm}.

La charge normale de plombs a une hauteur égale à 1,2 fois le diamètre de la balle sphérique en plomb, pesant le même poids, ou encore égale 1,2 fois le diamètre intérieur du canon.

Lorsqu'on tire dans un fusil des charges de plombs notablement plus fortes que la charge normale, on donne lieu pour une même

Avec cette disposition on peut avoir une sphère au centre.

6	dans la	1 ^{re}	couronne	O
12	»	2 ^e	»	N
18	»	3 ^e	»	M

qui peuvent donner des lits de

7	projectiles en groupant	P	et la couronne	O
19	»	»	les couronnes	O et N
37	»	»	»	O, N et M.

vitesse à une pression exagérée ou pour une même pression à une vitesse insuffisante pour avoir un bon rendement. La déformation des plombs se trouve en outre exagérée lorsque la charge des plombs est supérieure à la charge normale. Les plombs déformés ayant peu de portée efficace, le nombre de grains efficaces croît dès lors beaucoup moins vite que le nombre total des grains de la charge.

Lorsqu'on trouve la charge de plombs d'un fusil insuffisante pour le but que l'on se propose et lorsqu'on désire employer une charge plus forte, le mieux à faire est de prendre un fusil de calibre plus grand et comportant normalement la charge de plomb que l'on désire employer. Il y a moins d'inconvénients à tirer dans un fusil une charge de plomb inférieure à la charge normale qu'à en tirer une supérieure. Le seul inconvénient d'une charge relativement faible résulte de ce fait, que le nombre de grains susceptible de produire de l'effet décroît proportionnellement à la réduction du poids de la charge de plomb.

Un chasseur qui n'a pas le moyen de changer son fusil, peut être conduit à réduire le poids des charges de plombs de son fusil dans le but de réduire le recul trouvé trop pénible. Si cette réduction du plomb est accompagnée d'une réduction correspondante du poids de la poudre, elle remplit le but proposé sans autres inconvénients que celui du moindre rendement indiqué plus haut.

8. Déformation des grains de plomb. — Une charge de plombs offre dans sa masse, avant le tir, des vides dus à la forme sphérique des grains.

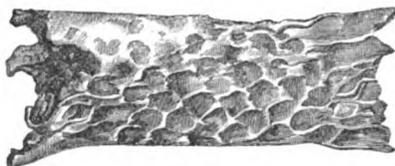
Quand la poussée des gaz de la poudre se produit, l'inertie des grains situés à la partie antérieure a pour résultat d'amener l'écrasement plus ou moins complet des grains plus en arrière. En s'écrasant, les grains remplissent les vides qui existaient dans leur masse; chacun d'eux prend une forme polyédrique d'autant plus nette que les grains se trouvent plus à l'arrière de la charge, que la colonne de plombs est plus haute, que le plomb est plus mou et que la pression des gaz est plus forte. On peut constater l'écrasement des grains de plomb par plusieurs procédés.

1° En examinant les empreintes faites par un coup de fusil à

plombs sur une cible en toile et papier épaisse et bien tendue, ou sur une cible en bois tendre (peuplier, sapin). Dans ce cas, on constate aussi que, quelle que soit la distance de tir, la proportion des grains déformés est notablement plus grande à la périphérie du groupement qu'au centre.

2° En plaçant dans l'intérieur de la cartouche une bande de papier fort, enroulée sur les bords intérieurs de l'étui, on peut enregistrer la nature de l'écrasement que subit le plomb au moment du départ du coup, comme l'indique la *fig. 5*.

Fig. 5.



3° En sectionnant l'étui à hauteur de la bourre, la portion antérieure de l'étui part avec le plomb et porte également l'empreinte des écrasements subis par le plomb.

D'après M. de Metz-Noblat, lorsqu'on tire de la grenaille de plomb pur à la vitesse normale, le nombre de grains totalement déformés s'élève de 15 à 20 pour 100, et le nombre des grains plus ou moins déformés à 90 pour 100 (1).

Fig. 6.



Dessin agrandi de quelques grains de plomb de l'arrière de la charge, déformés par la déflagration de la poudre.

On peut diminuer notablement la déformation des grains de plomb, en remplissant les interstices des plombs par une matière pulvérulente et incompressible telle que du talc, de la fécule, ou en coulant du soufre, de la résine sur la charge de plomb mise en

(1) L'expérience a été faite avec du plomb n° 3. Il est probable que la proportion des grains déformés serait inférieure avec du plomb de moindre diamètre.

place dans l'étui. Nous verrons, en parlant de la dispersion, quels sont les avantages et les inconvénients de ces procédés de chargement.

Pendant leur trajet dans le canon, les grains d'une charge de plomb ne roulent pas l'un sur l'autre, ne se séparent pas pour se rejoindre ensuite avec violence, comme on se l'imagine généralement. La pression sur l'arrière de la charge étant continue pendant le trajet dans le canon, les plombs sont continuellement pressés l'un contre l'autre avec une énergie qui, toutefois, va en décroissant de la culasse à la bouche. Ces faits sont mis en évidence en plaçant la charge de plomb dans un étui en papier fort qui porte l'empreinte des écrasements et du mouvement que prennent les grains les uns par rapport aux autres.

9. De l'emplombage. — Lorsqu'on tire des projectiles en plomb non enveloppé, à des vitesses supérieures à 350^m, le plomb grippe sur les parois du canon, il s'y dépose en couches adhérentes et produit le phénomène de l'emplombage.

L'emplombage se produit surtout dans la région du canon où la pression du plomb sur les parois du canon est la plus forte, savoir : un peu au delà de la chambre. L'emplombage se produit également à l'extrémité du canon, là où la vitesse est la plus forte.

Il se produit presque constamment dans le cône de la partie choke, parce que la vitesse y est près de son maximum et que le plomb y reçoit une nouvelle compression qui entraîne un frottement énergique. L'emplombage se produit davantage avec les poudres donnant lieu à des résidus solides, telles que la poudre noire, qu'avec des poudres pyroxylées donnant lieu à peu ou pas de résidus solides.

L'emplombage est plus rapide et plus fort avec un canon rouillé et à surface rugueuse qu'avec un canon bien poli intérieurement. Toutefois, quelque poli que soit un canon, on ne peut empêcher l'emplombage de s'y produire plus ou moins lorsque la vitesse dépasse 350^m.

L'emploi des bourres grasses diminue l'emplombage, surtout avec les poudres noires, mais ne le supprime pas.

On peut parvenir à empêcher complètement l'emplombage aux vitesses habituelles du tir de chasse en mettant les projectiles

(plombs ou balles) dans un tube en papier ou en laiton qui part avec le projectile et empêche le contact du plomb avec les parois du canon. Le tube employé avec le plomb de chasse doit être fendu suivant une de ses génératrices, faute de quoi, si le papier ou le laiton était résistant, le coup ferait plus ou moins balle, même étant ouvert à l'avant et à l'arrière. Il est bon que les tubes ou calepins en papier soient graissés, surtout si l'on tire des poudres noires.

Lorsqu'on recueille des plombs qui ont été tirés sans être enveloppés à des vitesses supérieures à 300^m, on constate qu'un certain nombre d'entre eux sont usés par le frottement contre les parois du canon. Quelques-uns sont usés jusqu'à la moitié de leur diamètre. La face usée a un poli particulier et sa forme, qui est une portion de surface cylindrique, correspond à la courbure intérieure du canon. Lorsqu'on trouve des grains ainsi usés, il y a emplombage et réciproquement.

L'emplombage se produit plus facilement avec le plomb durci qu'avec le plomb pur. D'une façon générale, il croît avec la fusibilité du plomb.

L'échauffement produit par le frottement contre les parois aux fortes vitesses ramollit les surfaces frottantes des projectiles en plomb et amène une fusion plus ou moins complète de la périphérie. La fusion du plomb n'est pas empêchée par un calepin de papier lorsque la vitesse est supérieure à 450^m et que l'on tire des poudres noires. Les enveloppes métalliques des balles de plomb ne les protègent même pas contre la fusion lorsque la vitesse est très forte et que l'enveloppe est bonne conductrice de la chaleur et est par exemple en cuivre mince.

Lorsqu'on tire des balles à enveloppe d'acier, les couleurs de recuit que prend l'enveloppe de la balle tirée indiquent que la surface extérieure de l'enveloppe soumise au frottement contre le canon a atteint une température supérieure à 315°. Cette température élevée s'abaisse très vite après la sortie du canon, par suite du passage dans l'air et par conductibilité.

M. Griffith a publié le résultat d'expériences faites en Angleterre, desquelles il résulterait qu'en tirant une charge de 32^{gr} de plomb durci dans un fusil calibre 12 à la vitesse initiale de 400^m, il y aurait 1^{gr}, 3 de la charge de plomb réduit à l'état de poussière

ou de vapeur à chaque coup dans le cas du tir dans un canon choke bored et 0^{gr},97 dans le cas du tir dans un canon cylindrique.

10. Grappes de plomb. — M. l'Ingénieur des Poudres et Salpêtres Barral a signalé en 1892, dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, que l'emploi des nouvelles poudres pyroxylées avec le chargement habituel et avec du plomb de chasse lui avait donné lieu à des coups faisant parfois balle et arrivant au but en un seul paquet. Plus souvent encore le plomb arrivait à la plaque en grappes plus ou moins nombreuses. Ces grappes de plomb conservaient mieux leur vitesse dans l'air que les plombs isolés et faisaient enregistrer des vitesses d'autant plus fortes que les grappes étaient plus importantes et plus nombreuses. Ces mêmes coups donnaient lieu à des pressions régulières indiquant par là qu'il y avait quelque chose d'anormal dans les vitesses.

D'après M. Barral, la principale cause des grappes est la nature des plombs; mais la poudre, la bourre et le tracé intérieur du fusil interviennent également.

Les poudres noires tirées dans les conditions réglementaires ne lui ont jamais donné de grappes importantes. Il a observé les grappes surtout avec certaines poudres pyroxylées de diverse nature fabriquées pour des recherches. Elles ont été plus rares avec le plomb pur qu'avec le plomb durci. Avec certaines poudres pyroxylées, on a pu supprimer à peu près totalement ces grappes en employant comme bourres sur la poudre, en sus de la rondelle goudronnée, une bourre grasse surmontée d'une bourre sèche en feutre. Au contraire, avec quelques échantillons, tels que les charges comprimées de poudre sans fumée, on n'a pas trouvé de combinaisons de bourres capables de les supprimer, même avec le plomb mou.

Les grappes ont été plus fréquentes avec un fusil dont le raccordement de la chambre avait 15^{mm} de long qu'avec un autre fusil dont le raccordement était plus court.

Toutes les agglomérations de plus de deux grains portaient nettement la trace du frottement sur le canon du fusil, dont on retrouvait exactement la forme cylindrique sur l'une des faces de l'agglomération.

« Les grappes proviennent donc de la périphérie de la charge

et leur production s'explique par l'action du gaz de la poudre filant autour des bourres le long de l'étui, ou plutôt du canon du fusil, et venant agglomérer la grenaille en en fondant la surface; cette action est favorisée par l'abaissement du point de fusion du plomb résultant de l'addition d'étain ou d'antimoine, employé pour le durcir. » (Barral.)

Le *Field* (6 avril 1889) a publié le résultat de recherches faites dans le but de déterminer les conditions dans lesquelles les coups à plombs arrivaient à faire balle ou tout au moins à former des grappes importantes. Dans des essais faits avec un fusil se chargeant par la bouche, on observa de nombreux coups faisant balle.

On employa ensuite trois fusils à bascule.

On rechercha quelles étaient les charges de poudres, de plomb, et les sortes de bourres qui donnaient le plus souvent des coups faisant balle. Ce résultat fut obtenu dans un canon cylindrique calibre 12 avec 3^{er}, 55 de poudre Curtis et Harvey n° 1 très vive, une bourre de feutre et 35^{er}, 4 de plomb n° 6. Avec cette charge le coup fit balle 8 fois sur 12.

Lorsqu'on réduisit la charge de plomb, le nombre de coups faisant balle diminua; avec 28^{er}, 3 de plomb, le coup ne fit balle que 2 fois sur 12.

Dans une autre série d'essais, on tira la même charge de poudre avec deux bourres de feutre et différentes charges de plomb.

Avec 35^{er}, 4 de plomb, 2 coups sur 12 firent balle.

Avec 28^{er}, 3 de plomb, aucun coup ne fit balle.

Avec 3^{er}, 55, 4^{er}, 43 ou 5^{er}, 3 de poudre de Curtis et Harvey n° 4 beaucoup moins vive que la première et des charges de plomb de 35^{er}, 3^{er}, 28^{er}, on n'obtint aucun coup faisant balle, soit avec une bourre de feutre, soit avec deux bourres.

Différents échantillons de plomb essayés avec une même charge de 3^{er}, 55 de poudre noire n° 1 très vive, 35^{er} de plomb et une même espèce de bourre donnèrent des différences notables dans le nombre des coups faisant balle, ceux qui donnaient de nombreuses grappes avec une bourre n'en donnant aucune avec deux bourres ou avec les charges de plomb de 28^{er} ou encore avec une poudre moins vive.

Avec un canon choke bored, aucun mode de chargement ne put parvenir à produire un coup faisant réellement balle. On obtint

seulement des grappes de quelques grains. De plus, ces grappes disparaissent toujours lorsqu'on double la bourre sur la poudre ou lorsqu'on prit une poudre moins vive, ou encore lorsqu'on réduisit le poids du plomb.

Nous avons constaté qu'avec des charges modérées de poudre noire ou pyroxylée on obtenait toujours des grappes de plomb lorsqu'on tirait des cartouches dans lesquelles le plomb n'était séparé de la poudre que par une rondelle en carton de 1^{mm} d'épaisseur, tandis qu'on n'en avait pas avec une bourre de feutre de 3^{mm} d'épaisseur saturée de graisse.

Les grappes augmentaient d'intensité lorsqu'on perceait un trou de 3^{mm} dans la rondelle de carton, de façon à faciliter le passage des gaz de la poudre dans la charge de plomb.

En résumé, les grappes paraissent se produire toutes les fois que le plomb entre en fusion et que les grains peuvent se souder les uns aux autres.

Ces conditions se produisent lorsque des gaz à température très élevée pénètrent au milieu du plomb, lorsque la bourre obture mal, lorsque le plomb est très fusible, lorsque la pression est très forte, lorsque l'écrasement des grains est considérable et lorsque les plombs peuvent fondre par simple frottement contre les parois du canon.

Le coup fait encore souvent balle lorsqu'on tire dans un fusil des étuis qui, dépliés par le tir, sont plus longs que la chambre. Ces étuis forment alors un étranglement pour le plomb qui s'y étire, ainsi que les bourres. Après leur passage dans l'étranglement, les gaz peuvent circuler autour des plombs et les fondre. Ceux-ci se soudent ensuite lorsque les gaz ont filé en avant.



CHAPITRE II.

PRESSION DES GAZ DE LA POUDRE.

1. — MÉTHODES DE MESURE.

1. **But de l'étude.** — Il est intéressant de connaître la pression des gaz correspondant à chacune des positions du projectile dans le canon; toutefois, l'élément qu'il importe le plus de connaître est le maximum de pression. La résistance des canons à hauteur de la chambre et la résistance de la fermeture doivent être en rapport avec le maximum de pression. Au point de vue de la sécurité personnelle des tireurs, il est utile de connaître les charges limites de poudre des diverses espèces et les charges de plomb correspondantes que l'on peut tirer dans les armes sans risquer de les faire éclater ou même de disjoindre leur fermeture par une pression trop élevée.

2. **Principes des méthodes de mesure.** — La mesure du maximum de pression produite par le gaz de la poudre présente des difficultés spéciales tenant à la grandeur des pressions et à la rapidité avec laquelle ces pressions se modifient. La pression des gaz atteint son maximum dans les fusils au bout d'un temps qui est généralement inférieur à 0^s,001. Les manomètres ordinairement employés pour évaluer les pressions statiques ne peuvent pas être employés pour la mesure de pressions aussi rapidement développées.

Pour mesurer la pression des gaz de la poudre, on peut employer :

1^o La méthode statique, dans laquelle on oppose à la force à mesurer une force variable dont on connaît l'intensité et avec

laquelle on cherche à lui faire équilibre. La force antagoniste est généralement la résistance d'un cylindre de cuivre à la déformation;

2° La méthode dynamique dans laquelle on laisse agir librement la force sur une masse donnée dont elle détermine la mise en mouvement, et l'on déduit de la connaissance de ce mouvement la force qui l'a produit. La masse dont on mesure la loi du mouvement est habituellement, soit celle de l'arme, soit celle du projectile.

3. **Unités de mesure.** — La pression des gaz de la poudre sera toujours exprimée, dans ce qui suit, en kilogrammes par centimètre carré. Un kilogramme par centimètre carré est pratiquement égal à une atmosphère ($1 \text{ atmosphère} = 1,033 \text{ kg} : \text{cm}^2$).

Les Anglais et les Américains estiment les pressions, soit en livres par pouce carré ($1 \text{ pound per sq. inch} = 0,0704 \text{ kg} : \text{cm}^2$, ou plus souvent encore, en tonnes par pouce carré ($1 \text{ ton per sq. inch} = 157,5 \text{ kg} : \text{cm}^2$).

A. — MESURE DES PRESSIONS PAR LA MÉTHODE STATIQUE.

4. **Appareils à écrasement.** — La méthode la plus usitée actuellement pour mesurer la pression maximum des gaz de la poudre dans les armes, consiste à mesurer l'écrasement d'un cylindre de cuivre qui reçoit la pression des gaz par l'intermédiaire d'un piston de section connue.

Les premiers appareils de ce genre ont été inventés vers 1875 par le capitaine anglais Noble et ont été appelés par lui *crushers* (écraseurs).

L'étude du fonctionnement de ces appareils a été faite en France par MM. Sarrau et Vieille. A la suite de leurs études, on a adopté, en France, en 1887, pour les armes portatives, un appareil crusher, dans lequel le cylindre de cuivre qui subit l'écrasement a une hauteur de $4^{\text{mm}},09$ et un diamètre de 3^{mm} .

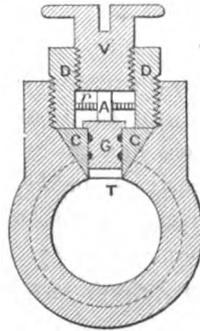
La surface du piston qui transmet la pression et produit l'écrasement du cylindre de cuivre contre une enclume doit être de 20^{mm^2} pour mesurer les pressions qui se produisent habituellement dans les armes de chasse. Toutefois, lorsqu'il y a lieu de

mesurer des pressions plus faibles que les pressions normales de ces armes, il est bon d'employer des pistons ayant 30mm^2 .

Les appareils crushers usités en France et dont nous nous sommes servis pour mesurer la pression dans les armes de chasse sont disposés de la façon suivante :

Un trou T (*fig. 7*) est percé dans la chambre du fusil, à l'empla-

Fig. 7.



cement de la poudre. Un piston G est ajusté très exactement et peut glisser sans frottement dans un cône C qui garnit exactement le trou percé dans le canon. Un cylindre de cuivre A, centré par une rondelle *r* en caoutchouc, vient prendre appui sur la tête du piston. Un corps fileté D maintient en place le cône et l'enclume V qui donne appui à la base supérieure du cylindre de cuivre.

La cartouche, après avoir été introduite dans la chambre, est percée d'un trou au moyen d'un poinçon que l'on introduit par le logement du crusher. Au moment du départ du coup, les gaz de la poudre exercent leur pression sur le piston et écrasent le cylindre de cuivre. Après le tir, on enlève le cylindre dont on mesure la hauteur restante ; une table de tarage permet de trouver la pression qui correspond à la hauteur restante du cylindre.

Les Tables de tarage doivent être établies par des méthodes qui ont été étudiées par M. Vieille et qui sont décrites dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, année 1892.

Lorsque les appareils crushers ne débouchent pas dans la chambre et sont placés au delà de la position initiale de la

bourre et du côté de la bouche, le piston ne reçoit l'action des gaz de la poudre qu'au moment où l'arrière de la bourre vient à le dépasser; la pression des gaz s'exerce alors brusquement avec toute son intensité, elle n'est plus progressive comme elle l'est lorsque le piston débouche au milieu de la poudre de la cartouche. Dans ces conditions, l'écrasement du cylindre de cuivre peut être presque double de celui qui correspond à la même pression des gaz appliquée progressivement. L'appareil et sa table de tarage fournissent dans ce cas des indications dont le rapport avec la pression réelle des gaz est mal connu. Tout ce que l'on sait, c'est qu'en se servant de la table de tarage ordinaire, pour les crushers, en avant de la chambre, on a une indication supérieure à la pression réelle et relativement plus grande que celle enregistrée à la culasse.

Il importe que le piston du crusher soit aussi léger et aussi court que possible, surtout lorsqu'on mesure la pression des poudres vives. L'exagération des pressions enregistrées par les crushers en avant de la chambre est d'autant plus grande que les pistons sont plus longs et plus lourds.

La valeur de la pression maximum peut être donnée par les appareils crushers de culasse avec une approximation d'environ $\frac{1}{30}$ lorsque ces appareils fonctionnent bien. L'erreur des mesures peut être beaucoup plus forte lorsque ces appareils ne sont pas établis avec un soin suffisant.

Il n'est pas démontré que le chiffre absolu des pressions déduit des tables de tarage en usage en France, soit *exactement* celui de la pression réelle; toutefois, il paraît probable que ces deux espèces de valeurs ne diffèrent pas notablement lorsque le fonctionnement des appareils crushers a lieu dans les conditions normales (').

5. Estimation des pressions par les déformations de la cartouche. — Lorsque la pression des gaz est modérée, les cartouches ordinaires de chasse et de bonne qualité peuvent être extraites

(') Lire à ce sujet le Mémoire *Sur la mesure des pressions de la poudre*, par les capitaines CHARBONNIER et GALY ACHÉ (*Mémorial de l'Artillerie de marine*, 3^e livraison, 1900).

facilement après le tir. Lorsque la pression dépasse certaines limites, on peut, avec les mêmes étuis, avoir des difficultés d'extraction. Dans ce cas également, on peut remarquer sur l'étui l'empreinte des joints de l'extracteur.

L'examen de l'amorce peut également fournir d'utiles indications. Lorsque la pression est modérée, l'empreinte faite sur la capsule par le percuteur est à bords arrondis. Lorsque la pression est relativement forte, les bords de cette empreinte sont à angles vifs. Lorsque la pression est encore plus forte, l'amorce est plus ou moins refoulée, surtout sur les bords, dans le trou du percuteur.

Ces indications ne donnent pas une valeur absolue de la pression, mais seulement une valeur relative; car les déformations du culot de l'étui dépendent de l'épaisseur et de la force de résistance du laiton avec lequel il est fait, de même que les déformations de la capsule dépendent de son épaisseur, de la dimension du trou de la pointe du percuteur et de l'ajustage de celle-ci dans son trou.

B. — MESURES DES PRESSIONS PAR LA MÉTHODE DYNAMIQUE.

6. Mesures des pressions déduites des différences de vitesse dans les canons de différentes longueurs. — La méthode qui est la plus facile à employer pour déterminer la pression des gaz de la poudre aux différents points d'un canon de fusil, en avant de la chambre, consiste à mesurer la vitesse des projectiles d'une même espèce de cartouches dans des canons de différentes longueurs.

Supposons que nous disposions de deux fusils dont les canons soient identiques et ne diffèrent que par leur longueur. Soient :

V_1 la vitesse dans le canon le plus long ;

V_2 la vitesse dans le canon le plus court ;

e la différence de longueur des deux canons exprimée en mètres ;

p_1 le poids du projectile et des bourres en kilogrammes ;

$g = 9^m,81$ l'accélération due à la pesanteur ;

S la section de l'âme en centimètres carrés ;

P la pression moyenne par centimètre carré, exercée par la poudre pendant le parcours e .

On aura, d'après des principes de Mécanique bien connus,

$$(5) \quad P = \frac{P_1}{2gSe} (V_1^2 - V_2^2).$$

Exemple : On a tiré une même espèce de cartouches ayant 3^o^{sr} de plomb et des bourres de 2^{sr} dans deux fusils calibre 16 (17^{mm}, 1). Le canon de l'un avait 0^m,65 de long et a donné au plomb la vitesse initiale de 360^m. Le canon de l'autre avait 0^m,65 de long et a donné la vitesse initiale de 351^m.

La pression moyenne exercée sur le plomb depuis le point qui est à 0^m,65 de la culasse jusqu'à celui qui en est à 0^m,75 sera donnée par la relation :

$$P = \frac{0,032}{2 \times 9,81 \times 2,297 \times 0,10} (360^2 - 351^2) = 45,5 \text{ kg}:\text{cm}^2.$$

La pression ainsi calculée peut être considérée sans erreur sensible comme étant la pression au milieu de l'intervalle e . Dans le cas présent, c'est donc la pression à 0^m,70 de la culasse.

L'application de cette méthode nécessite la connaissance des vitesses *initiales*.

La méthode des fusils de différente longueur n'est applicable que pour des canons de fusil ayant au moins 0^m,30 à 0^m,40 de longueur (20 calibres); avec des canons plus courts, la poussée des gaz sur le projectile, après la sortie du canon, augmente trop la vitesse pour que l'on puisse considérer la vitesse initiale calculée comme étant la vitesse au moment où le projectile franchit la bouche.

Cette méthode ne donne généralement de résultats sérieux que lorsque les tirs sont faits dans le même canon dont on diminue la longueur après chaque série de mesures en en coupant une partie du côté de la bouche. Lorsqu'on emploie des fusils différents, il y a presque toujours des différences dans le diamètre ou dans la longueur des chambres ou dans le calibre de l'arme qui influent elles-mêmes sur les vitesses et qui masquent en partie l'influence de la longueur des canons.

Lorsqu'on veut faire plusieurs séries d'expériences de cette nature, le mieux est de faire confectionner un canon formé de plusieurs parties pouvant se relier les unes aux autres de façon à permettre de faire varier à volonté la longueur du canon du côté de la bouche.

7. **Vélocimètre.** — L'action des gaz de la poudre lance d'un côté la charge de poudre et de plomb et elle lance du côté opposé le fusil. Les accélérations du mouvement de la charge et de celui du fusil sont à chaque instant proportionnelles à la pression des gaz et aux masses mises en mouvement.

Un instrument qui permettrait de mesurer avec exactitude les accélérations successives du mouvement de recul du canon pendant le parcours du projectile dans l'âme, permettrait par cela même de calculer les pressions successives des gaz de la poudre correspondant aux diverses positions du projectile dans l'âme du canon. Cet instrument donnerait donc la série complète des pressions aux différents points du canon.

Le vélocimètre, inventé par le général Sébert, permet de mesurer les vitesses successives et les accélérations du recul du canon pendant le parcours du projectile dans l'âme. Il permet donc de calculer les pressions successives pendant ce mouvement.

Cet appareil est fort coûteux, son maniement est très délicat et les calculs à faire pour en déduire les pressions sont fort longs. De plus le canon se trouve forcément animé de vibrations longitudinales par suite de l'extension du métal causée par la pression des gaz. Ces vibrations compliquent l'interprétation des résultats et nuisent à leur exactitude. Toutefois, avec le chargement habituel des cartouches de chasse, le vélocimètre donne de bons résultats; il fournit sur le développement des pressions aux différents points du canon des renseignements plus complets que ceux qu'il est possible d'obtenir avec toute autre méthode ou tout autre appareil connu.

Nous donnerons plus loin les résultats que nous avons obtenus avec un vélocimètre qui comportait des canons de chasse calibres 16 et 32.

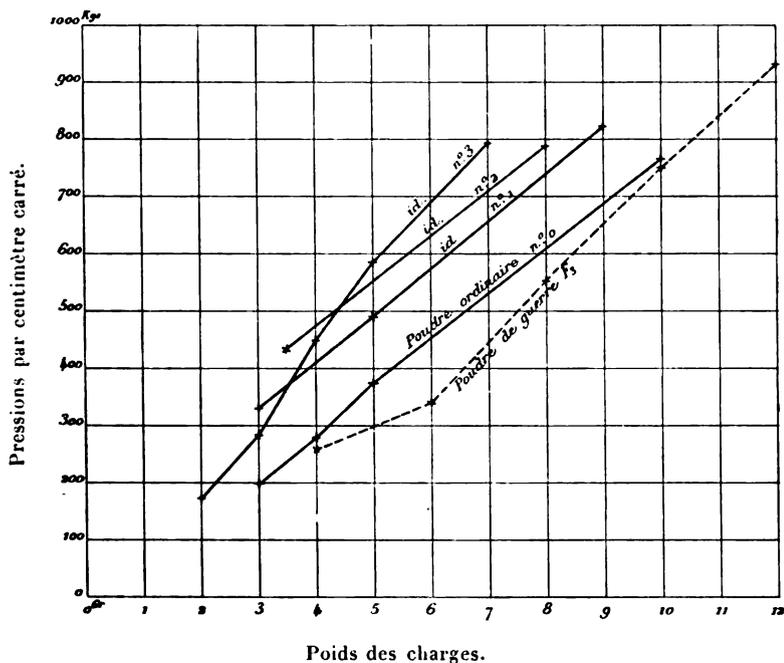
II. — VALEUR DES PRESSIONS.

1. Pressions obtenues par expérience avec les poudres noires dans le calibre 16. — Les mesures de pressions que nous avons faites en tirant les diverses poudres noires dans un fusil calibre 16 (17^{mm},0) dont la longueur du canon était de 0^m,762 et qui était muni d'un appareil crusher, sont résumées dans les *fig.* 8 à 12.

Fig. 8.

CALIBRE 16 (17^{mm},0, 30^{er} de plomb n° 1).

Pressions en fonction du poids des charges de poudres ordinaires.

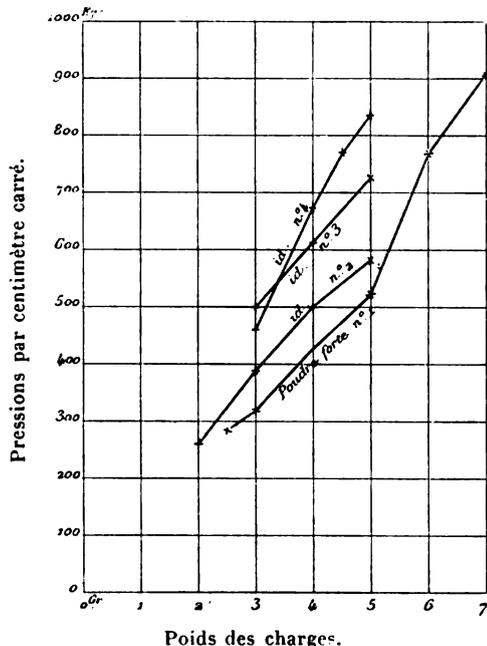


2. Calcul des pressions dans les fusils des divers calibres tirant des poudres noires. — Les mesures de pressions assez nombreuses que nous avons faites dans un fusil calibre 16, quelques autres mesures que nous avons faites dans des fusils calibre 6, 12 et 20, ainsi que les expériences très étendues faites par la Com-

mission du Banc d'épreuves à Saint-Étienne en 1893 dans des fusils calibres 8, 10, 12, 16, 20 et 24, nous ont permis de trouver une formule pour calculer les pressions fournies par les poudres noires dans les fusils des divers calibres.

Fig. 9.

CALIBRE 16 (17^{mm}, 0, 30^r de plomb n° 1).
Pressions en fonction du poids des charges de poudre fortes.



Si l'on désigne par :

- P la pression en kilogrammes par centimètre carré ;
- ω le poids de la poudre en grammes ;
- p le poids du plomb en grammes ;
- a le calibre en millimètres ;
- B un coefficient expérimental ;

La pression fournie par les poudres noires de chasse ordinaires et fortes est représentée dans des limites très étendues par la formule générale

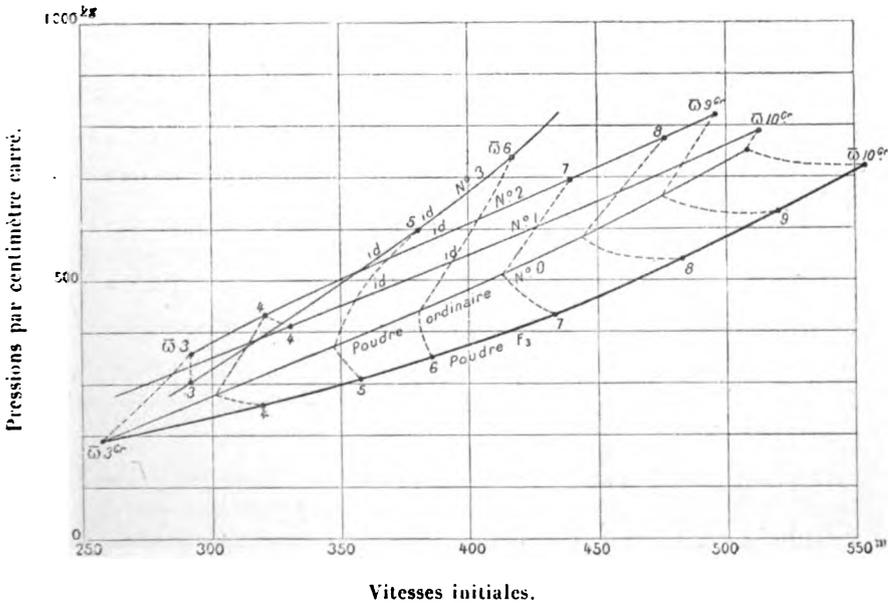
$$(6) \quad P = \frac{B \omega^{\frac{3}{4}} p^{\frac{1}{4}}}{a^2}.$$

Nous avons déduit de nos expériences les valeurs ci-après pour B :

Poudre.	Log B.
Ordinaire n° 0.....	4,147
» 1.....	4,258
» 2.....	4,307
» 3.....	4,338
Forte n° 1.....	4,269
» 2.....	4,339
» 3.....	4,433
» 4.....	4,486

Fig. 10.

CALIBRE 16. — Pressions en fonction des vitesses initiales fournies par les poudres ordinaires et la poudre F₃ avec 30^{gr} de plomb n° 1 (π indique le poids de la charge de poudre).



Nous nous sommes servis de ces valeurs pour calculer les pressions données par les charges normales dans les divers calibres.

Les expériences faites par le banc d'épreuves à Saint-Etienne, avec des charges relativement fortes, nous ont donné les valeurs

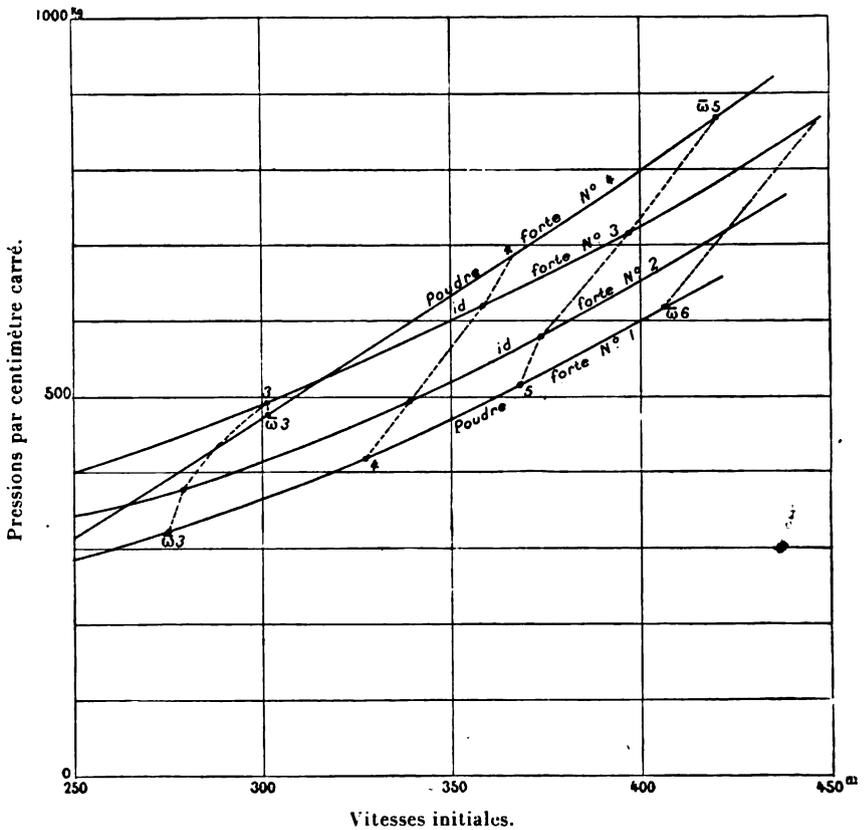
ci-après pour log B :

Poudre.	Log B.
Ordinaire n° 0.....	4,3086
Forte n° 2.....	4,3826

Nous nous sommes servis de ces valeurs pour calculer les pressions des charges d'épreuves qui seront données plus loin.

Fig. 11.

CALIBRE 16. — Pressions en fonction des vitesses initiales fournies par les poudres fortes avec 30^{gr} de plomb n° 1 (ω indique le poids de la charge de poudre).



Les expériences du banc d'épreuves qui ont également porté sur la poudre extrafine peuvent être représentées pour cette poudre

par la formule

$$(7) \quad P = \frac{9413 \varpi^{\frac{3}{4}} p^{\frac{7}{2}}}{a^2}.$$

D'autres expériences faites par M. Vieille avec cette poudre peuvent être représentées par les formules ci-après :

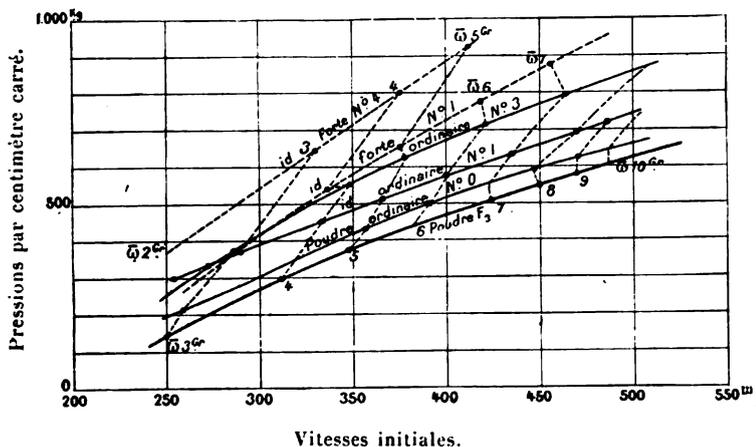
$$(8) \quad \text{Calibre 12... } P = 134,6 \varpi^{0,45} p^{0,37},$$

$$(9) \quad \text{'' 16... } P = 120,6 \varpi^{0,45} p^{0,37}.$$

$$(10) \quad \text{'' 20... } P = 94,2 \varpi^{0,45} p^{0,37}.$$

Fig. 12.

CALIBRE 16 (17^m,0). — Vitesses initiales et pressions fournies par les diverses espèces de poudre avec la balle sphérique de 29^{gr},8 et de 17^m,15 en plomb durci ϖ indique le poids de la charge de poudre).



Le Tableau ci-après indique la pression fournie dans les fusils des divers calibres par les charges normales de plomb et les charges de poudre qui communiquent au plomb la vitesse normale de 360^m.

Calibre (nominal.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
en millimètres.....	26,8	23,4	21,2	19,5	18,4	17,1	15,9	15,0	14,0	13,00
Poids du plomb en grammes.....	114,3	76,2	56,6	44,1	37,0	29,7	23,9	20,06	17,35	13,05
Poids de poudre ordinaire n° 0 en gr.	17,1	12,3	9,55	7,70	6,54	5,35	4,47	3,87	3,43	2,95
Pression en kilogrammes.....	540	500	465	440	430	395	375	365	361	355
Poids de poudre ordinaire n° 1 en gr.	16,3	11,8	9,10	7,30	6,21	5,08	4,25	3,64	3,20	2,75
Pression en kilogrammes.....	670	623	580	545	520	490	470	460	450	435
Poids de poudre ordinaire n° 2 en gr.	15,8	11,2	8,70	6,95	5,88	4,80	4,00	3,40	2,97	2,52
Pression en kilogrammes.....	725	670	627	590	554	525	502	478	479	456
Poids de poudre ordinaire n° 3 en gr.	15,1	10,7	8,27	6,60	5,55	4,52	3,73	3,16	2,74	2,30
Pression en kilogrammes.....	760	695	650	607	575	535	512	485	475	447
Poids de poudre forte n° 1 en gram.	15,3	11,1	8,57	6,83	5,71	4,78	4,04	3,36	2,86	2,41
Pression en kilogrammes.....	655	610	570	530	500	480	465	435	425	390
Poids de poudre forte n° 2 en gr....	14,3	10,4	7,98	6,36	5,31	4,45	3,76	3,13	2,66	2,15
Pression en kilogrammes.....	730	683	633	593	557	535	515	485	475	435
Poids de poudre forte n° 3 en gr....	13,3	9,65	7,42	5,92	4,94	4,14	3,50	2,91	2,48	2,00
Pression en kilogrammes.....	860	800	715	700	655	630	605	570	545	515
Poids de poudre forte n° 4 en gr....	12,4	8,98	6,90	5,50	4,60	3,86	3,26	2,71	2,30	1,86
Pression en kilogrammes.....	920	860	800	745	700	675	650	610	595	550
Pression égale aux trois quarts de la pression d'épreuves.....	"	"	790	640	570	540	520	510	510	550

On a indiqué en chiffres gras les chiffres de pression qui dépassent les trois quarts de la pression d'épreuves des fusils terminés.

Il est prudent de ne pas employer dans les cartouches de chasse les poudres fortes n° 3 et n° 4 qui, dans tous les fusils, fournissent des pressions peu inférieures à la pression d'épreuves lorsqu'on tire la charge normale de plomb à la vitesse normale de 360^m.

La poudre noire dite *spéciale* ou *extrafine* donne des pressions encore plus fortes. Cette poudre ne convient que pour les pistolets tirant à petite charge.

3. **Pressions des poudres pyroxyliées françaises.** — Le Tableau ci-après donne les formules représentatives des pressions des poudres pyroxyliées qui ont été établies par M. l'ingénieur Liouville et qui ont été publiées dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, année 1899-1900. Dans ces formules :

P représente la pression en kilogrammes par centimètre carré;
 ϖ » le poids de la poudre;
 ρ » le poids du plomb;
 K » un coefficient expérimental.

POUDRE PYROXYLÉE.	CALIBRE du fusil.	FORMULE des pressions.	LOG K.	K.
J ₁	12	$P = K \varpi \rho^{\frac{1}{2}}$	1,192	15,56
	16	»	1,399	25,06
	20	»	1,559	36,22
J ₂	12	»	1,296	19,75
	16	»	1,509	32,30
	20	»	1,774	59,48
S ₂	12	$P = K \varpi^{\frac{3}{2}} \rho^{\frac{1}{2}}$	1,469	29,42
	16	»	1,667	46,49
	20	$P = K \varpi^{\frac{3}{2}} \rho^{\frac{3}{2}}$	1,516	32,78
M.....	12	$P = K \varpi \rho^{\frac{9}{10}}$	0,733	5,408
	16	»	1,037	10,89
	20	»	1,247	17,67
R.....	12	$P = K \varpi^{\frac{1}{2}} \rho^{\frac{9}{2}}$	0,340	2,190
	16	»	0,538	3,448
	20	$P = K \varpi \rho^{\frac{2}{3}}$	1,611	4,080

Les formules ci-dessus reproduisent les moyennes d'un grand nombre d'expériences, mais les résultats d'un lot de poudre pris au hasard peuvent donner des résultats quelque peu différents des résultats moyens (Liouville).

Les formules relatives aux poudres J₁, J₂ et M, dans le calibre 12, sont applicables jusqu'aux pressions d'au moins 600^{kg}. Celles relatives aux poudres S et R, dans le calibre 12, ne sont applicables que pour des pressions d'au plus 400^{kg}. Les pressions relatives aux poudres R sont très variables et très peu régulières.

Les formules ci-dessus nous ont permis d'établir les diagrammes (fig. 13 à 30) donnant pour chaque poudre et les calibres 12, 16 et 20 les pressions fournies par les charges de poudre et de plomb que l'on peut songer à employer. Une courbe indique également pour chaque poudre et chaque calibre les charges de poudre et de

plomb qui donnent la vitesse normale de 360^m ainsi que la pression correspondante.

Fig. 13.

Poudre J₁. — Calibre 12.

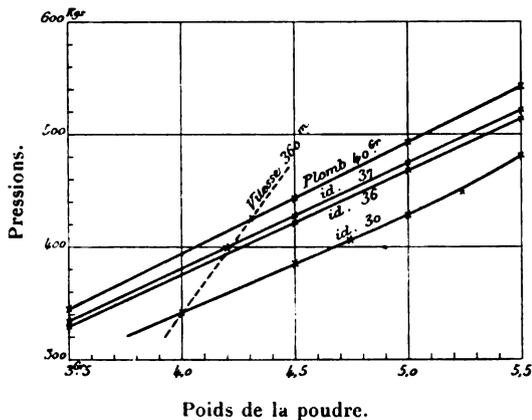


Fig. 14.

Poudre J₁. — Calibre 16.

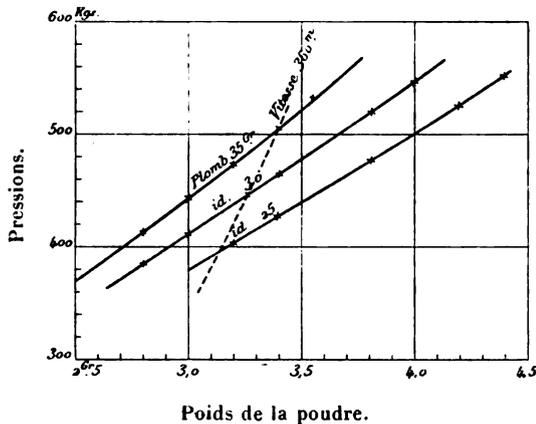


Fig. 15.

Poudre J₁. — Calibre 20.

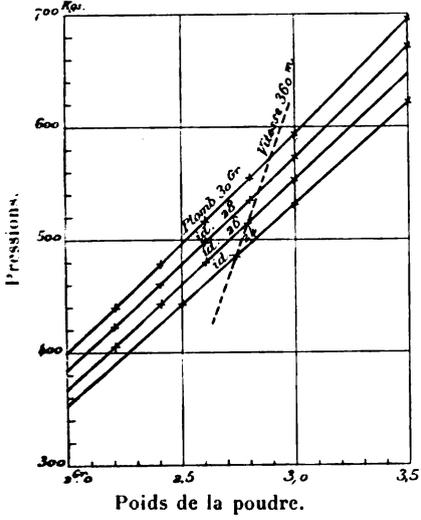


Fig. 16.

Poudre J₂. — Calibre 12.

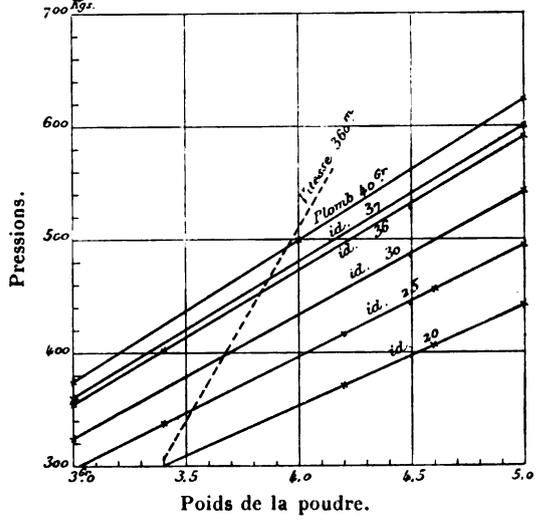


Fig. 17.

Poudre J₂. — Calibre 16.

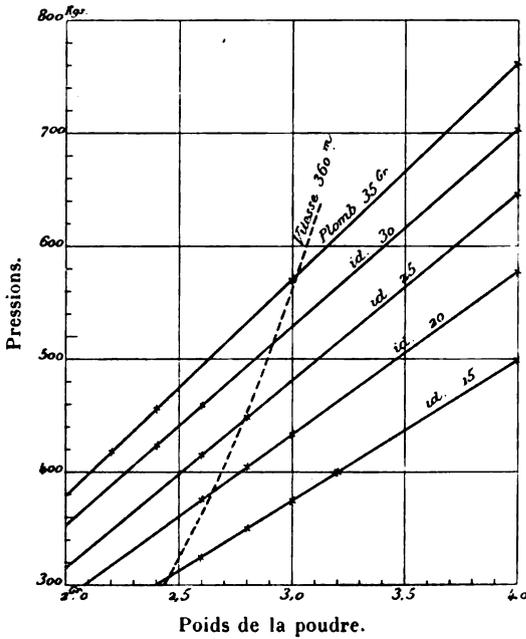


Fig. 18.

Poudre J₂ — Calibre 20.

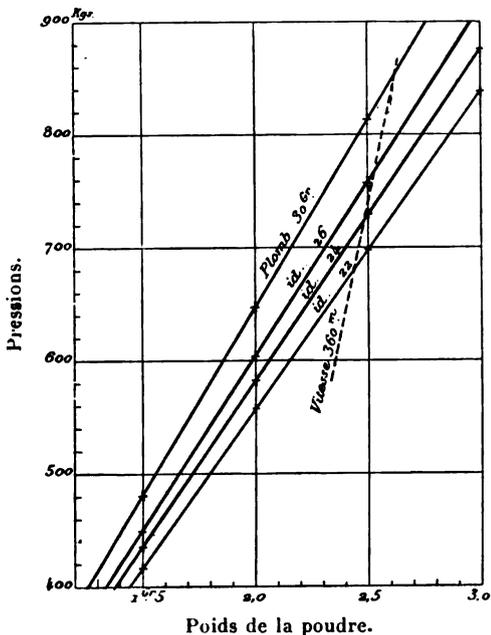


Fig. 19.

Poudre S₂ — Calibre 12.

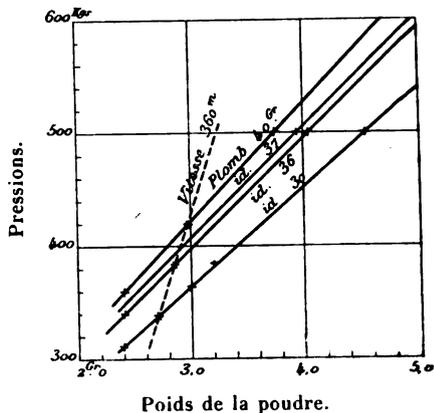


Fig. 20.

Poudre S₂ — Calibre 16.

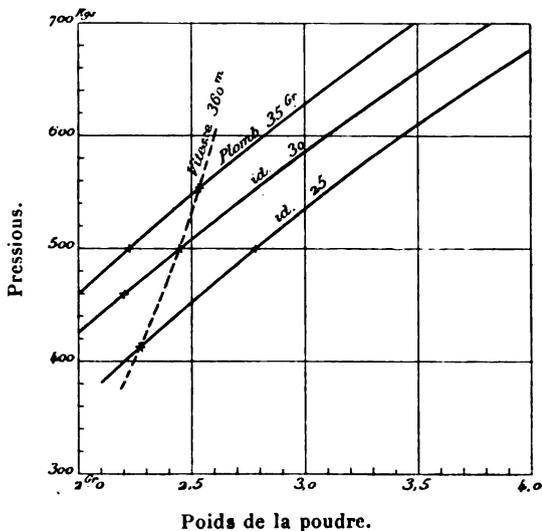


Fig. 21.

Poudre S₂. — Calibre 20.

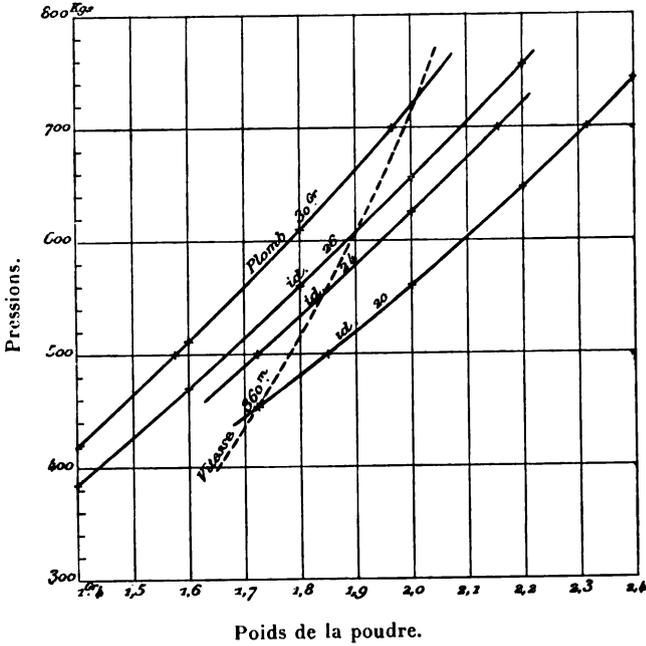


Fig. 22.

Poudre M. — Calibre 12.

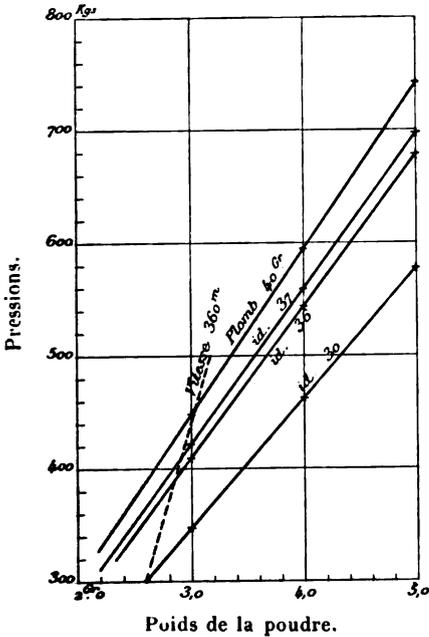


Fig. 23.

Poudre M. — Calibre 16.

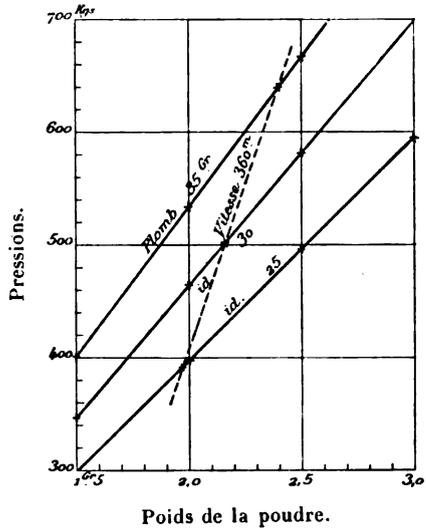


Fig. 24.
Poudre M. — Calibre 20.

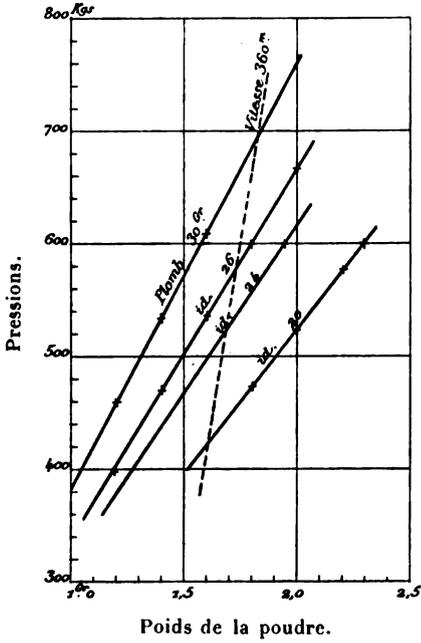


Fig. 25.
Poudre R. — Calibre 12.

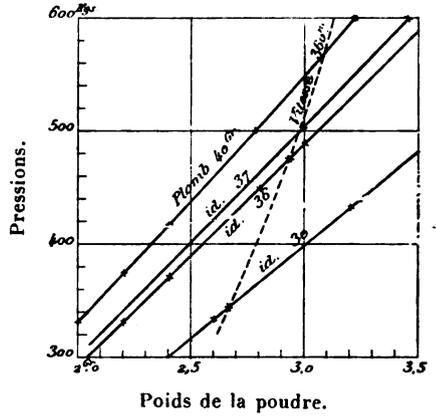


Fig. 26.
Poudre R. — Calibre 16.

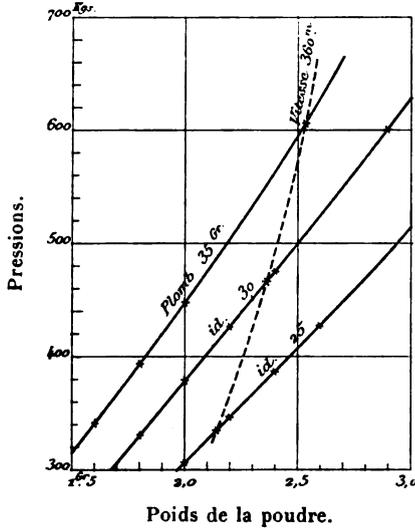
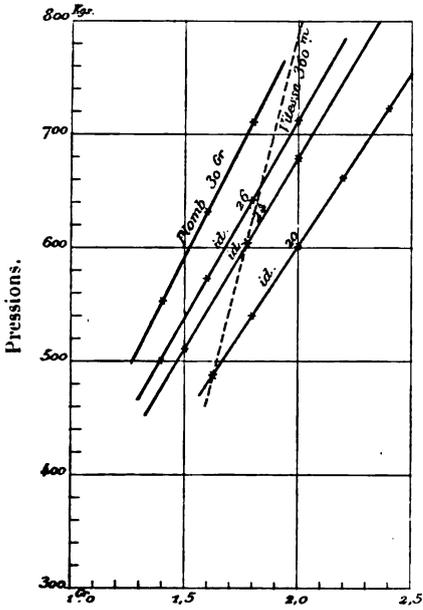


Fig. 27.

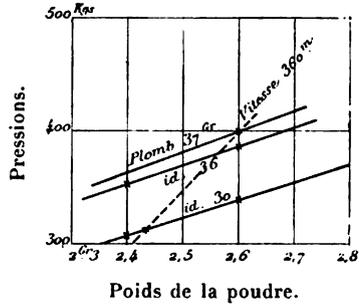
Poudre R. — Calibre 20.



Poids de la poudre.

Fig. 28.

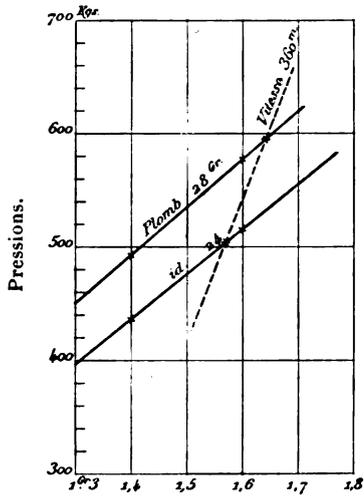
Poudre T. — Calibre 12.



Poids de la poudre.

Fig. 30.

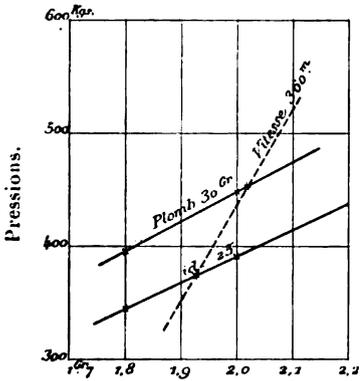
Poudre T. — Calibre 20.



Poids de la poudre.

Fig. 29.

Poudre T. — Calibre 16.



Poids de la poudre.

4. Pressions des poudres pyroxyliées, tirant le poids normal de plomb à la vitesse normale de 360^m. — Le Tableau ci-après indique le poids des charges de poudre pyroxyliées qui communique au poids normal du plomb la vitesse normale de 360^m. La pression correspondante a été indiquée en regard de ces charges. Les pressions qui sont supérieures aux trois quarts de la pression d'épreuves ont été marquées en chiffres gras.

POUDRES PYROXYLIÉES.		CALIBRES		
		12.	16.	20.
		POIDS NORMAL DU PLOMB.		
		37 ^{gr} .	30 ^{gr} .	24 ^{gr} .
J ₁	{ Poids de poudre.....	4 ^{gr} , 25	3 ^{gr} , 28	2 ^{gr} , 75
	{ Pression.....	465 ^{kg}	450 ^{kg}	490 ^{kg}
J ₂	{ Poids de poudre.....	3 ^{gr} , 87	2 ^{gr} , 92	2^{gr}, 48
	{ Pression.....	465 ^{kg}	515 ^{kg}	723^{kg}
S ₁	{ Poids de poudre.....	3 ^{gr} , 35	2 ^{gr} , 67	1^{gr}, 99
	{ Pression.....	400 ^{kg}	500 ^{kg}	620^{kg}
S ₂	{ Poids de poudre.....	2 ^{gr} , 95	2 ^{gr} , 45	1^{gr}, 85
	{ Pression.....	400 ^{kg}	500 ^{kg}	560^{kg}
M.....	{ Poids de poudre.....	2 ^{gr} , 90	2 ^{gr} , 17	1^{gr}, 71
	{ Pression.....	410 ^{kg}	500 ^{kg}	530^{kg}
R.....	{ Poids de poudre.....	2 ^{gr} , 98	2 ^{gr} , 36	1^{gr}, 785
	{ Pression.....	490 ^{kg}	465 ^{kg}	600^{kg}
T.....	{ Poids de poudre.....	2 ^{gr} , 60	2 ^{gr} , 02	1 ^{gr} , 57
	{ Pression.....	400 ^{kg}	450 ^{kg}	500 ^{kg}

Il y a bien quelques anomalies dans les pressions de ce Tableau qui résulte de l'application des formules données au paragraphe précédent; toutefois, ces anomalies ne paraissent pas être supérieures aux différences qu'on peut trouver d'un lot de poudre à l'autre.

Toutes les poudres pyroxyliées sauf la poudre J₁ et la poudre T donnent, dans le calibre 20, une pression égale ou supérieure aux trois quarts de la pression d'épreuves (520^{kg}) des fusils terminés de ce calibre.

Aucune des poudres de chasse pyroxyllées actuelles ne convient pour les fusils de calibre inférieur au 20, tels que les calibres 24, 28 et 32.

3. Pression des poudres anglaises. — Nous donnons, d'après l'ouvrage intitulé *Sporting guns and gunpowders*, le résultat de mesures de pressions faites en Angleterre avec les poudres en usage dans ce pays. La valeur absolue de ces pressions n'est pas

POUDRES.	ÉTUIS.	CA-LIBRES.	POIDS		V ₀ .	PRESSION en kilogr.
			de poudre.	de plomb.		
Noire n° 4 Curtis et Harvey..	Eley	12	5,2 ^{gr}	31,9 ^{gr}	370	364
		16	5,0	28,35	"	457
		20	5,05	24,8	"	486
Noire n° 2	Eley	12	4,53	31,9	"	477
		16	4,53	28,35	"	550
		20	4,27	24,8	"	565
Schultze.....	Eley	12	2,79	31,9	"	304
		16	2,46	28,35	"	331
		20	2,72	24,8	"	386
EC.....	Eley	12	2,98	31,9	"	243
		16	2,59	28,35	"	317
		20	2,79	24,8	"	425
EC.....	Joyce	12	3,11	31,9	"	191
		12	2,66	31,9	"	367
		SS.....	Eley	16	2,46	28,35
20	2,59			24,8	"	660
SS.....	Joyce			12	2,72	31,9
		12	2,59	31,9	"	302
		Ambérite.....	Eley	16	2,40	28,35
20	2,27			24,8	"	452
Ambérite.....	Joyce			12	2,85	31,9
		12	2,92	31,9	"	249
		Cooppal.....	Eley	16	2,59	28,35
20	2,85			24,8	"	563
Valsrode.....	Eley			12	1,82	31,9
		16	1,55	28,35	"	342
		20	1,43	24,8	"	560
Valsrode.....	Joyce	12	2,07	31,9	"	392
		12	2,14	31,9	"	181
		Von Förster.....	?	16	1,95	28,35
20	2,27			24,8	"	400

comparable à celle des mesures de pressions faites en France. parce que les Tables de tarage et le modèle des appareils de pression y est différent. Les valeurs obtenues en Angleterre sont plus faibles que celles que l'on obtiendrait en France avec les appareils et les Tables qui y sont en usage.

Nous avons tiré, comparativement, la poudre J_2 , la poudre Schultze et l'Ambérite et nous avons trouvé que les deux poudres anglaises donnaient, à vitesse et à charge de plombs égaux, des pressions à peu près équivalentes à celle de la poudre J_2 .

On pourra remarquer que les poudres étrangères donnent, de même que les poudres françaises, des pressions relativement très fortes dans les fusils du calibre 20.

6. Maximums de pressions pouvant être réalisés avec les cartouches de chasse. — M. l'ingénieur Vieille a fait une étude, qu'il a publiée dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres* (année 1895-1896), sur la valeur des pressions maxima que produisent les poudres pyroxyliées et la poudre noire spéciale ou extrafine, lorsqu'on met dans les cartouches de 65^{mm} et de 80^{mm} de longueur les charges les plus fortes que l'on peut y faire entrer tant en poudre qu'en plomb. Ce résultat est intéressant à connaître au point de vue des épreuves à faire subir aux armes et à celui des dangers qui peuvent résulter de l'emploi des poudres de chasse lorsque les cartouches sont chargées par des mains ignorantes. Les expériences ont été faites dans des canons calibres 12, 16 et 20. M. Vieille a mesuré les pressions fournies par des cartouches de ces calibres comportant toutes les combinaisons possibles de poids de poudre et de plomb qui remplissent l'étui lorsque la bourre est réduite à une seule bourre mince et que le sertissage est de 2^{mm}.

Le Tableau ci-après donne les conditions de chargement qui, dans chaque calibre, fournissent avec les douilles de 65^{mm} et de 80^{mm} les pressions maxima réalisables avec les poudres pyroxyliées et la poudre de chasse noire spéciale (extrafine).

CALIBRES.	NATURE de la poudre.	CHARGES fournissant le plus de pression		PRESSIONS.
		de poudre.	de plomb.	
<i>Douilles de 65^{mm}.</i>				
12.....	J n° 1	^{gr} 4,60 à ^{gr} 6,30	^{gr} 36 à 16	400 kg
	J n° 2	^{gr} 3,40 à ^{gr} 4,50	^{gr} 46 à 30	510
	S n° 1	^{gr} 4,30	26	760
	S n° 2	^{gr} 4,20	26	760
16.....	Noire extrafine	^{gr} 6,30	36	870
	J n° 1	^{gr} 3,30 à ^{gr} 4,90	^{gr} 30 à 20	540
	J n° 2	^{gr} 4,80	20	740
	S n° 1	^{gr} 3,90	20	1110
20.....	S n° 2	^{gr} 3,65	20	1040
	Noire extrafine	^{gr} 5,45	30	960
	J n° 1	^{gr} 3,70	26	715
	J n° 2	^{gr} 3,50	26	790
20.....	S n° 1	^{gr} 3,70	16	1430
	S n° 2	^{gr} 3,60	16	1430
	Noire extrafine	^{gr} 5,40	26	980
<i>Douilles de 80^{mm}.</i>				
12.....	J n° 1	^{gr} 6,50 à ^{gr} 7,50	^{gr} 46 à 36	620 kg
	J n° 2	^{gr} 7,40	36	910
	S n° 1	^{gr} 5,60	36	1070
	S n° 2	^{gr} 5,40	36	1100
16.....	Noire extrafine	^{gr} 10 à ^{gr} 13,20	^{gr} 46 à 26	1020
	J n° 1	^{gr} 7,50	20	940
	J n° 2	^{gr} 7,40	20	1390
	S n° 1	^{gr} 6,00	20	sup. à 4000
20.....	S n° 2	^{gr} 6,00	20	sup. à 4000
	Noire extrafine	^{gr} 9,00	40	1190
	J n° 1	^{gr} 6,70	16	1030
	S n° 2	^{gr} 6,60	16	1520
	Noire extrafine	^{gr} 7 à 8,60	^{gr} 36 à 26	1250

Le Tableau qui précède donne lieu aux remarques suivantes :

Étuis de 65^{mm}. — 1° Dans les douilles de même longueur, les pressions maxima pour toutes les poudres croissent à mesure que le calibre en millimètres diminue.

2° Ces pressions croissent beaucoup plus vite avec la diminu-

tion du calibre pour les poudres pyroxyliées que pour la poudre de chasse noire extrafine.

Dans le calibre 12 les quatre poudres pyroxyliées J_1 , J_2 , S_1 , S_2 donnent des pressions maxima inférieures à celles de la poudre extrafine.

Dans le calibre 16, les poudres S_1 et S_2 ont des pressions un peu supérieures à celles de la poudre extrafine.

Dans le calibre 20, les poudres S_1 et S_2 donnent 450^{ks} de pression de plus que la poudre extrafine.

Dans tous les calibres, les poudres J_1 et J_2 ont des pressions inférieures à celles de la poudre extrafine.

Étuis de 80^{mm}. — Les résultats obtenus conduisent à des remarques de même ordre que celles qui ont été présentées pour les étuis de 65^{mm}, mais les différences de fonctionnement des poudres pyroxyliées et de la poudre noire s'exagèrent sous les pressions plus élevées résultant de l'accroissement des charges.

Les pressions maxima croissent pour toutes les poudres à mesure que le calibre diminue. Cet accroissement, qui est faible pour la poudre noire extrafine, devient considérable pour les poudres S. Il serait tellement grand dans le calibre 20 qu'on a dû renoncer à le mesurer.

En résumé, c'est dans les petits calibres que les erreurs de chargement peuvent causer les pressions les plus élevées. La pression d'épreuves des fusils devrait donc être d'autant plus forte que le calibre est moindre. Jusqu'à présent c'est l'inverse qui a lieu.

7. Charges dangereuses avec les poudres anglaises et étrangères. — Les poudres françaises ne sont pas les seules dont l'emploi puisse être dangereux lorsqu'elles sont employées sans discernement pour le chargement des cartouches de chasse. Les poudres anglaises et toutes les poudres pyroxyliées étrangères, actuellement connues, peuvent donner des pressions supérieures aux pressions d'épreuves des fusils lorsqu'on les emploie à des charges supérieures à celles qu'il convient d'employer.

Le Tableau ci-après indique le résultat de mesures de pressions faites en Angleterre avec des chargements réalisables dans les cartouches des calibres 12, 16 et 20 de 65^{mm} de long et qui tous

ont donné des pressions supérieures aux pressions d'épreuves des fusils terminés. Nous verrons plus loin que les pressions d'épreuves sont à peu près les mêmes en France et en Angleterre. Elles paraissent être également à peu près les mêmes en Belgique.

Calibres.....	12		16		20	
	650 ^{ks}		590 ^{ks}		660 ^{ks}	
Pressions d'épreuves en Angleterre..	PRESSIONS AVEC LES ÉLÉMENTS CI-DESSOUS.					
Poids du plomb.....	31 ^{gr} ,9		28 ^{gr} ,35		24 ^{gr} ,8	
	σ.	Pression.	σ.	Pression.	σ.	Pression.
	gr	kg	gr	kg	gr	kg
Poudre noire à fins grains (Curtis et Harvey n° 2).....	6,61	667	5,83	645	5,05	796
	7,25	730	6,35	765	5,31	937
SS.....	»	»	2,92	665	2,53	787
	3,69	780	3,18	775	2,72	955
Ambérite.....	»	»	»	»	2,53	710
	»	»	»	»	2,72	640
	»	»	2,56	635	2,33	740
Coopval.....	»	»	2,92	750	2,53	905
	»	»	3,18	930	2,72	1190
Valsrode.....	2,39	725	2,4	675	1,68	670
	»	»	»	»	1,81	815

III. — VARIATION DES PRESSIONS PRODUITES PAR DIVERSES CAUSES.

1. Influence du poids de la poudre noire. — Le Tableau ci-après donne les variations de pression produites par une variation de 0^{gr},1 dans les charges de poudre noire qui peuvent être considérées comme normales et qui fournissent la vitesse de 360^m.

Les variations de pression sont de même sens que les variations de la charge de poudre.

Ce Tableau permet de prévoir la pression de toutes les charges de poudre que l'on peut pratiquement employer.

Variation de la pression produite par une variation de 0^{sr},1 dans le poids normal de la poudre.

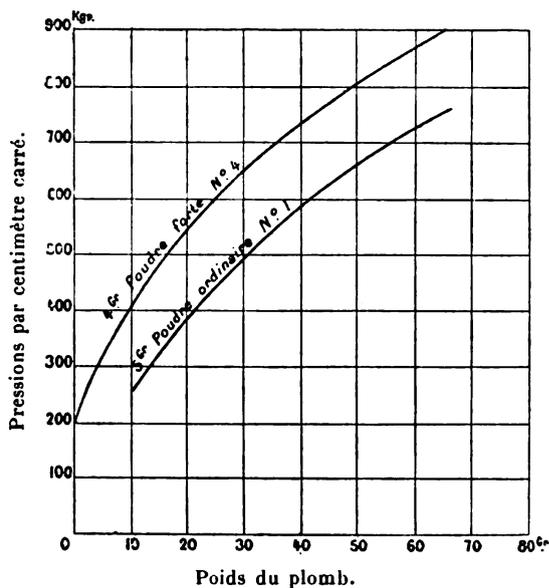
CALIBRES	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
POIDS DU PLOMB.....	114 ^{sr} ,3	76 ^{sr} ,2	56 ^{sr} ,6	44 ^{sr} ,1	37 ^{sr} ,0	29 ^{sr} ,7	23 ^{sr} ,9	20 ^{sr} ,06	17 ^{sr} ,35	13 ^{sr} ,05
Poids normal de la poudre										
ordinaire n° 0..... gr	17,1	12,3	9,55	7,70	6,54	5,35	4,47	3,87	3,43	2,95
Pression..... kg	540	500	465	440	430	395	375	365	360	355
Variation de pression.... kg	3,16	4,07	4,86	5,71	6,58	7,40	8,38	9,43	10,5	12,0
Poids normal de la poudre										
ordinaire n° 1..... gr	16,3	11,8	9,10	7,30	6,21	5,08	4,25	3,64	3,20	2,73
Pression..... kg	670	623	580	545	520	490	470	460	450	435
Variation de pression.... kg	4,10	5,28	6,37	7,46	8,37	9,65	11,1	12,6	14,0	15,9
Poids normal de la poudre										
ordinaire n° 2..... gr	15,8	11,2	8,70	6,95	5,88	4,80	4,00	3,40	2,97	2,52
Pression..... kg	725	670	627	5,90	554	525	502	478	479	436
Variation de pression.... kg	4,58	5,97	7,20	8,50	9,43	11,0	12,5	14,0	16,0	18,1
Poids normal de la poudre										
ordinaire n° 3..... gr	15,1	10,7	8,27	6,60	5,55	4,52	3,73	3,16	2,74	2,30
Pression..... kg	760	695	650	607	570	535	512	485	475	447
Variation de pression.... kg	5,04	6,50	7,85	9,20	10,3	11,8	13,8	15,3	17,3	19,4
Poids normal de la poudre										
forte n° 1..... gr	15,3	11,1	8,57	6,83	5,71	4,78	4,01	3,36	2,86	2,31
Pression..... kg	655	610	570	530	500	480	465	435	425	390
Variation de pression.... kg	4,28	5,50	6,64	7,75	8,74	10,0	11,5	13,0	14,9	16,9
Poids normal de la poudre										
forte n° 2..... gr	14,3	10,4	7,98	6,36	5,31	4,45	3,76	3,13	2,66	2,15
Pression..... kg	730	683	633	593	557	535	515	485	475	435
Variation de pression.... kg	5,10	6,55	7,95	9,30	10,5	12,0	13,7	15,5	17,8	20,2
Poids normal de la poudre										
forte n° 3..... gr	13,3	9,65	7,42	5,92	4,91	4,14	3,50	2,91	2,48	2,00
Pression..... kg	860	800	745	700	655	630	605	570	545	515
Variation de pression.... kg	6,45	8,30	10,0	11,8	13,2	15,2	17,3	19,6	22,0	25,7
Poids normal de la poudre										
forte n° 4..... gr	12,4	8,98	6,90	5,50	4,60	3,86	3,26	2,71	2,30	1,86
Pression..... kg	920	860	800	745	700	675	650	610	595	550
Variation de pression.... kg	7,40	9,60	11,6	13,6	15,2	17,5	20,0	22,6	25,9	29,5

2. Influence du poids de poudre pyroxylée. — Les diagrammes des *fig.* 13 à 30 fournissent des renseignements aussi complets qu'il est désirable sur ce sujet.

3. Variation de pression produite par une variation du poids du plomb. — A. POUDRES NOIRES. — Une expérience assez étendue que nous avons faite à ce sujet se trouve représentée par la *fig.* 31.

Fig. 31.

CALIBRE 16. — Pressions obtenues avec des charges variables de plomb.



L'ensemble des expériences que nous avons faites sur le même sujet avec la poudre noire peut être représenté par les relations ci-après dans lesquelles ΔP représente la variation de la pression P produite par une variation Δp du poids p du plomb.

	$\frac{\Delta P}{P} =$	$\frac{\Delta p}{p}$	Poudres.	Calibres.
(11)	$0,445$		Forte n° 4	16
(12)	$0,47$	»	Ordinaire n° 3	16
(13)	$0,56$	»	» n° 1	16
(14)	$0,89$	»	» n° 0	16

Si l'on calcule la variation de pression produite par une variation de 1^{er} dans le poids normal du plomb on trouve que cette variation de pression est à peu près constante quel que soit le numéro de la poudre, lorsque les charges de poudre sont celles indiquées comme normales au n° 1 du § II.

Variation de pression produite par une variation de 1^{er} dans le poids normal du plomb tiré avec les poudres noires.

Calibres.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
Poids normal du plomb.	114,3 ^{gr}	76,2 ^{gr}	56,6 ^{gr}	44,1 ^{gr}	37,0 ^{gr}	29,7 ^{gr}	23,9 ^{gr}	20,06 ^{gr}	17,35 ^{gr}	13,05 ^{gr}
Variation de pression pour Δp = 1 ^{er}	3,2 ^{kg}	4,3 ^{kg}	5,4 ^{kg}	6,5 ^{kg}	7,2 ^{kg}	8,4 ^{kg}	10 ^{kg}	11 ^{kg}	13 ^{kg}	16 ^{kg}

B. POUDRES PYROXYLÉES. — *Variation de pression produite par une variation de 1^{er} dans le poids normal du plomb tiré avec les poudres pyroxyliées.*

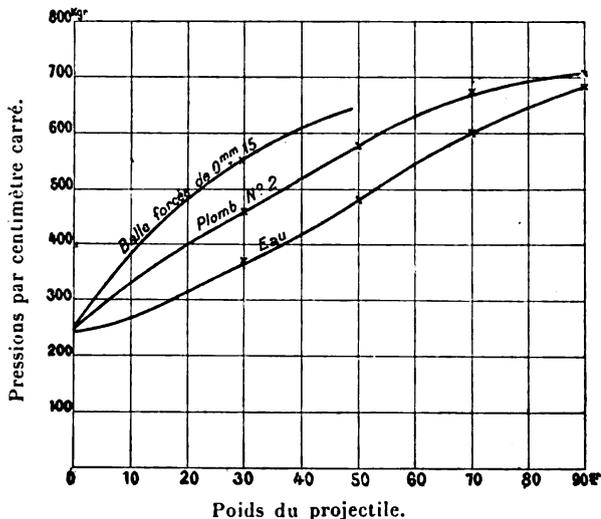
POUDRES.	J ₁ .	J ₂ .	S ₁ .	S ₂ .	M.	R.	T.
Calibre 12...	5,5 ^{kg}	6,2 ^{kg}	5,3 ^{kg}	5,5 ^{kg}	10 ^{kg}	15 ^{kg}	8,0 ^{kg}
» 16...	7,4	8,0	9	9,5	13,5	17,5	11,0
» 20...	10	13,3	11	12	14	16,7	15,5

4. Variation de la nature et du poids du projectile. — Nous

Fig. 32.

CALIBRE 16. — Charge 4^{er} de poudre ordinaire n° 3.

Tir avec des poids variables d'eau, de plomb et de balles.



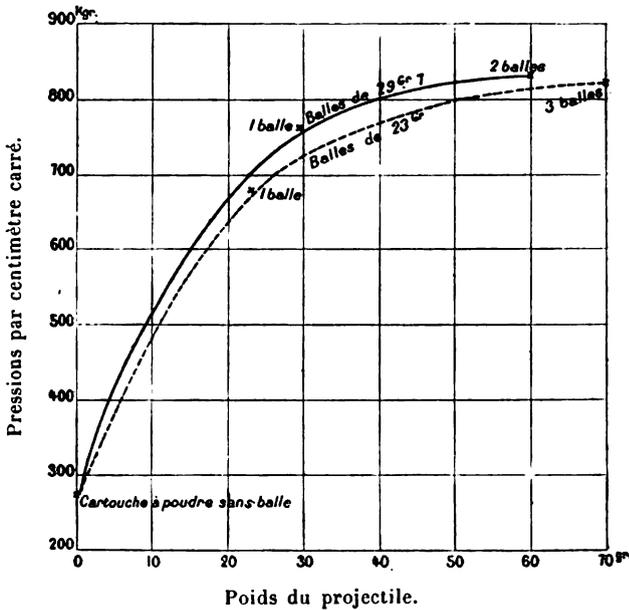
avons fait des tirs avec une même charge de poudre et des charges variables de plomb, de balles et d'eau. Pour le tir à l'eau, le canon était tenu vertical et l'on ne mettait pas de bourre par-dessus l'eau. Les résultats de ces tirs sont donnés dans la *fig. 32*.

5. **Influence du nombre et du forçement des balles.** — Nous avons exécuté des tirs avec une, puis plusieurs balles sphériques en plomb durci à 5 pour 100 d'antimoine. Nous avons tiré :

- 1° Des balles du poids de 29^{gr},7 et du calibre de 17^{mm},15 qui se forçait par excès de calibre dans le fusil employé (17^{mm},0);
- 2° Des balles du poids de 23^{gr} et du calibre de 15^{mm},6 qui avaient un jeu de 1^{mm},4 dans le fusil employé. Les bourres étaient suffisantes pour qu'il n'y eût pas de passage de gaz en avant de la balle.

Fig. 33.

CALIBRE 16. — Pressions obtenues avec 4^{gr} de poudre forte n° 4 et une ou plusieurs balles.



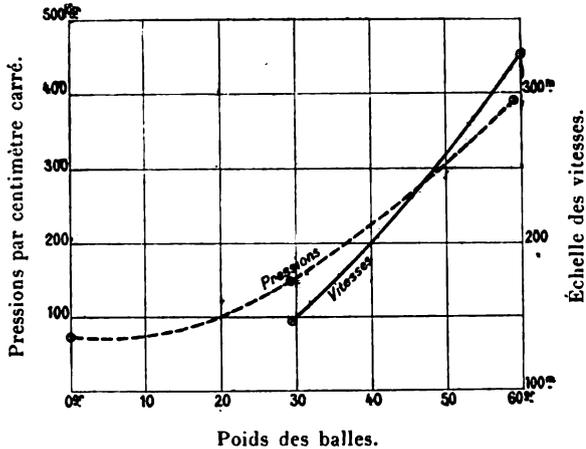
Les résultats obtenus sont reportés sur les *fig. 33* et *34*.

Il résulte des expériences faites que, avec la poudre forte n° 4,

le forçement a relativement accru la pression de 30^{kg} et diminué la vitesse de 5^m. Aux environs du poids normal de 30^{gr}, une variation de 1^{gr} dans le poids de la balle a fait varier la pression de $\frac{8}{1000}$ et la vitesse de $\frac{12}{1000}$.

Fig. 34.

CALIBRE 16. — Vitesses et pressions obtenues avec 2^{gr}, 60 de poudre pyroxylée ancien type et une ou deux balles de 29^{gr}, 7.



Avec la poudre pyroxylée ancien type, la vitesse et la pression ont cru simultanément avec le poids des balles.

6. **Influence de la grosseur du plomb.** — Le petit plomb paraît donner, à poids égal, une pression un peu plus forte que le gros plomb; toutefois, la différence est à peine égale à l'incertitude des résultats d'expériences et elle est, en tous cas, parfaitement négligeable.

7. **Influence du durcissement du plomb de chasse.** — A égalité de poids de charge, le plomb de chasse bien durci donne $\frac{1}{100}$ de plus de vitesse et $\frac{15}{100}$ de plus de pression que le plomb ordinaire non durci.

8. **Influence de la nature de la bourre sur les pressions et sur les vitesses.** — Nous avons fait des séries de cartouches identiques qui étaient chargées avec une même charge des différentes espèces

de poudres et avec un même poids de plomb, mais qui différaient par la bourre.

Les diverses espèces de bourres employées étaient :

1° Une bourre entièrement formée d'un mélange par parties égales de cire et de graisse ayant une épaisseur de 1^{cm}; cette bourre était comprise entre deux rondelles de carton;

2° Une bourre plate en laine feutrée entièrement saturée de cire et graisse ayant une épaisseur de 1^{cm} et comprise entre deux cartons;

3° Des bourres en feutre commun, brun et élastique. Ces bourres n'étaient pas graissées et avaient une épaisseur de 1^{cm} lorsqu'elles n'étaient pas comprimées. Ces bourres n'étaient pas comprises entre deux cartons.

La différence de vitesse et de pression fournie par les diverses espèces de bourres a été sensiblement la même pour les huit types de poudre noire de chasse et la poudre pyroxylée.

En moyenne, avec une charge de 4^{gr} de poudre noire des divers types ou de 2^{gr},60 de poudre pyroxylée tirée dans le calibre 16, la bourre de laine feutrée saturée de graisse a donné 35^m de plus de vitesse et 78^{kg} de plus de pression que la bourre de feutre élastique. La bourre en cire a donné, avec les mêmes charges de poudre, 41^m de plus de vitesse et 87^{kg} de plus de pression que la bourre de feutre élastique.

Les vitesses ont été d'autant plus régulières que la bourre était moins élastique.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de feutre élastique a été de 7^m,8.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de laine graissée a été de 2^m,8.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de cire et graisse a été de 1^m.

En moyenne, avec les poudres noires, le gain relatif de vitesse et de pression produit par la bourre comparé aux résultats donnés par la bourre de feutre sec a été :

Pour la bourre de laine graissée, un accroissement de pression de 2^{kg},21 par mètre de vitesse gagné;

Pour la bourre de cire et graisse, un accroissement de pression de 2^{kg},08 par mètre de vitesse gagné.

Or, quand la vitesse s'accroît par suite d'une augmentation du poids de la charge de poudre noire, la pression s'accroît de $2^{\text{kg}},50$ par mètre d'accroissement de vitesse.

L'accroissement de vitesse, produit par le durcissement de la bourre, est donc obtenu d'une façon économique et avantageuse au point de vue de la pression développée.

9. Influence de la température. — *Poudre noire.* — La température a une influence assez faible et en tous cas négligeable sur la pression développée par les poudres noires, lorsque cette température reste dans les limites où elle peut varier en raison des seules circonstances atmosphériques.

Poudres pyroxyllées. — La température a une influence assez sensible tant sur la vitesse que sur la pression fournie par les poudres pyroxyllées. La valeur de cette influence n'a pas été mesurée avec exactitude pour les poudres de chasse; il semble toutefois résulter de quelques expériences que nous avons faites que cette influence est du même ordre de grandeur que pour les poudres de guerre pyroxyllées dont les variations de pressions avec la température ont été mesurées dans de très nombreuses expériences. On pourra admettre qu'un accroissement de 10° dans la température des poudres de chasse pyroxyllées accroît la pression d'un centième de sa valeur.

La température des cartouches portées en hiver ou en été dans une cartouchière peut varier de 60° . La pression fournie par une même espèce de cartouches peut donc varier de $0,06$ dans ces conditions extrêmes.

10. Influence du tassage. — La pression développée par les poudres noires est proportionnelle au volume qu'elles occupent dans la cartouche.

La pression des poudres de chasse pyroxyllées croît très vite lorsqu'on leur fait occuper un volume inférieur à celui qu'elles occupent sans tassage ni compression.

Dans des expériences faites à Saint-Étienne avec des cartouches chargées en poudre J_2 dont les unes avaient la poudre à l'état de tassement ordinaire et dont les autres avaient leur poudre tassée puis très fortement bourrée, la pression des cartouches

à poudre bourrée a été en moyenne double de celle non bourrée.

Les résultats ci-après ont été obtenus à Sevran (1), avec la poudre allemande sans fumée de Rottweil et avec une poudre du même genre d'origine française. La poudre de Rottweil est sous forme de lamelles rigides, sa densité gravimétrique est de 0,566.

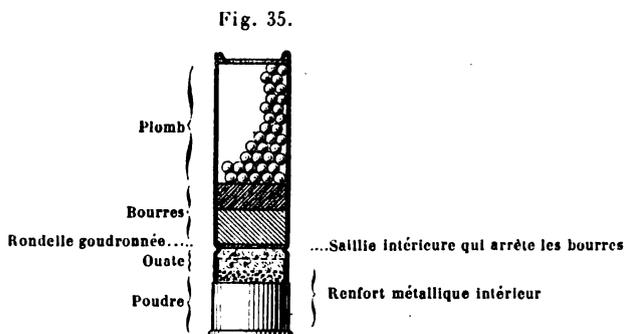
CALIBRE 16. — Chargement ordinaire des poudres pyroxyliées.

POUDRE.	COMPRESSION DE LA POUDRE.	CHARGE.	V ₀ .	PRESSION.
Rottweil..	nulle.	gr 1,9	326 ^m	307
	forte.		354	476
Française.	nulle.		336	404
	forte.	1,7	356	603

La compression a donc pu augmenter les pressions de moitié.

M. l'Ingénieur des poudres Liouville a trouvé qu'il y avait un avantage notable à réserver à la poudre dans les cartouches de chasse une chambre de volume constant et plus grand que le volume habituel.

Pour faire les cartouches dans ces conditions, on peut employer deux procédés distincts :



Le premier consiste à enfoncer les bourres à une profondeur

(1) *Sur un nouveau mode de chargement*, par M. l'Ingénieur BARRAL (*Mé-morial des Poudres et Salpêtres*, t. IX; 1900).

constante au moyen d'un bourroir dont la course est limitée par un épaulement buttant contre le rebord de la douille.

Dans le second procédé, les bourres sont enfoncées à une profondeur fixe où elles rencontrent un arrêt formé par une gorge pratiquée dans le corps de l'étui et formant saillie à l'intérieur.

Quand il reste au-dessus de la poudre un vide notable on le remplit avec un peu d'ouate (*fig. 35*).

Voici les résultats obtenus avec ces cartouches par M. l'Ingénieur Barral :

CALIBRE 20. — Poudre J₂; plomb n° 6, 26^{gr}.

CHARGE J ₂ .	CHARGEMENT avec intervalle entre la poudre et la bourre.					CHARGEMENT ORDINAIRE sans intervalle entre la poudre et la bourre.		
	Intervalle.	Ouate dans l'intervalle.	V ₀ .	Écart moyen des V ₁₅ .	Pression.	V ₀ .	Écart moyen des V ₁₅ .	Pression.
gr 2,6	mm 2	gr 0,02	^m 353	^m 3,1	^{kg} 403	^m 365	^m 1,7	^{kg} 481
3,20	2	0,02	406	3,8	427	411	3,1	578
3,60	5	0,03	444	2,30	570	460	2,0	700

Poudre T. — 1° Chargement avec intervalle de 5^{mm} entre la poudre et la rondelle goudronnée; vide rempli par 0^{gr},01 d'ouate.

2° Chargement à butée fixe, la rondelle goudronnée est arrêtée immédiatement au-dessus de la charge, sans intervalle.

3° Chargement ordinaire à la main en appuyant fortement sur la poudre, à la façon ordinaire, les bourres et les rondelles.

Les résultats de ces expériences sont donnés dans le Tableau de la page 71.

Ces expériences, et d'autres de même nature que nous n'avons pas rapportées, établissent qu'avec le chargement à intervalle on peut utiliser, pour la chasse, des poudres très vives en réalisant de fortes vitesses avec des pressions bien plus faibles que celles que l'on a dans le chargement ordinaire.

CHARGE DE POWDRE T.	CHARGEMENT avec intervalle de 5 ^m .			CHARGEMENT à butée fixe sans intervalle.			CHARGEMENT A LA MAIN.		
	V ₀ .	Écart moyen des V ₁₅ .	Pres- sions.	V ₀ .	Écart moyen des V ₁₅ .	Pres- sions.	V ₀ .	Écart moyen des V ₁₅ .	Pres- sions.
<i>Calibre 20, plomb 26^{gr}.</i>									
gr	m	m	kg	m	m	kg	m	m	kg
1,4	335	3,1	336	348	3,2	435	351	4,8	491
1,6	370	2,9	382	382	3,4	474	385	2,9	524
1,8	396	2,9	433	409	2,4	528	414	3,0	586
2,0	425	1,5	476	444	5,4	574	"	"	"
<i>Calibre 16, plomb 30^{gr}.</i>									
1,8	331	3,1	289	342	1,9	366	"	"	"
2,0	360	1,9	363	373	3,9	428	"	"	"
2,2	384	2,4	381	399	1,4	460	"	"	"
2,4	406	3,2	456	424	1,5	521	"	"	"
<i>Calibre 12, plomb 36^{gr}.</i>									
2,2	317	2,5	230	332	1,5	294	348	4,8	336
2,4	345	2,0	276	360	4,6	332	376	4,0	379
2,6	365	1,9	308	382	4,8	366	396	3,1	425
2,8	399	3,4	366	"	"	"	"	"	"

11. Influence de l'humidité. — Les poudres noires et les poudres pyroxyllées contiennent, normalement et suivant les types, de 1 à 3 pour 100 de leur poids en eau.

Un accroissement d'humidité diminue la pression et la vitesse. Quand l'humidité atteint 5 pour 100 les poudres ratent très fréquemment.

Il faut éviter de sécher au bain-marie les poudres pyroxyllées. Mais on peut sans inconvénient les exposer quelques heures au soleil, si l'on a lieu de croire qu'elles ont absorbé de l'humidité. Les poudres pyroxyllées complètement desséchées au feu produisent des pressions très fortes.

12. Influence de l'amorce. — La force de l'amorce a une influence très marquée sur la pression et la vitesse de presque toutes les poudres; cette influence a été mise en évidence par des expériences faites par M. l'Ingénieur Barral à la poudrerie de Sevran-Livry.

Il a employé dans ces expériences des douilles dites *adrasmiques*, dont l'amorce est relativement faible, et des douilles dites *impression or*, à amorce renforcée, provenant toutes deux de la Société des munitions.

Les premières donnaient lieu avec les poudres pyroxyliées à des ratés et à des longs feux, tandis que les secondes n'avaient aucun de ces inconvénients.

Le Tableau ci-après donne les charges des divers numéros de poudre noire ordinaire qui permettent d'obtenir la vitesse initiale d'environ 350^m ainsi que les pressions correspondantes selon que l'on emploie les douilles adrasmiques ou des douilles impression or.

CALIBRE 16. — 30^{es} de plomb.

POUDRE.	DOUILLES ADRASMIQUES.			DOUILLES IMPRESSION OR.		
	ω_0 .	V_0 .	Pression.	ω_0 .	V_0 .	Pression.
Chasse ordinaire n° 0.....	5,4 ^{gr}	348 ^m	371 ^{kg}	5,0 ^{gr}	349 ^m	374 ^{kg}
» n° 1.....	5,0	351	416	4,65	352	458
» n° 2.....	4,9	351	380	4,5	348	432
» n° 3.....	4,5	350	423	4,0	344	474

D'après ces expériences, la substitution des douilles impression or aux douilles adrasmiques augmente la pression de 40^{kg} pour une même vitesse.

Avec la poudre pyroxyliée l'amorce renforcée produit un accroissement de vitesse et de pression ainsi que le montrent les expériences ci-après :

CALIBRE 16. — Poudre pyroxylée du Pont-du-Buis.

Charge 2^{es}, 20; sur la poudre une bourre grasse et une bourre de feutre.
30^{es} de plomb n° 6.

DOUILLES.	V ₀ .	PRESSION.
Adrasmiques.....	328 ^m	484 ^{kg}
Impression or.....	350	566
Différences.....	22	82

La Société des munitions vend actuellement des étuis pour le tir des poudres pyroxylées qui comportent habituellement l'amorçage dit C₃ et d'autres de même qualité qui ont un amorçage plus fort dit C₄. Ces deux espèces d'étuis donnent les résultats ci-après dans un fusil calibre 12 avec 37^{es} de plomb :

POUDRE.		AMORCE C ₃ .		AMORCE FORTE C ₄ .		DIFFÉRENCE entre les résultats de C ₄ et de C ₃ .	
Nature.	Poids.	V ₀ .	Pression P.	V ₀ .	Pression P.	ΔV ₀ .	ΔP.
	gr.	m	kg	m	kg	m	kg
S ₁	3,65	385	500	420	587	45	87
S ₂	3,20	384	450	389	521	5	71
T	3,90	473	525	509	634	36	109
Id.	3,60	450	480	482	545	32	65

13. Influence propre de l'étui. — Le jeu que l'étui a dans la chambre a une influence marquée sur la pression. La pression est d'autant moindre que l'étui a plus de jeu.

Lorsqu'on tire successivement dans un même fusil des cartouches qui ont un certain jeu dans la chambre, puis les mêmes cartouches fortement recouvertes de graisse de façon que celle-ci occupe le jeu que la cartouche a dans la chambre, la pression est beaucoup plus forte dans le second cas que dans le premier.

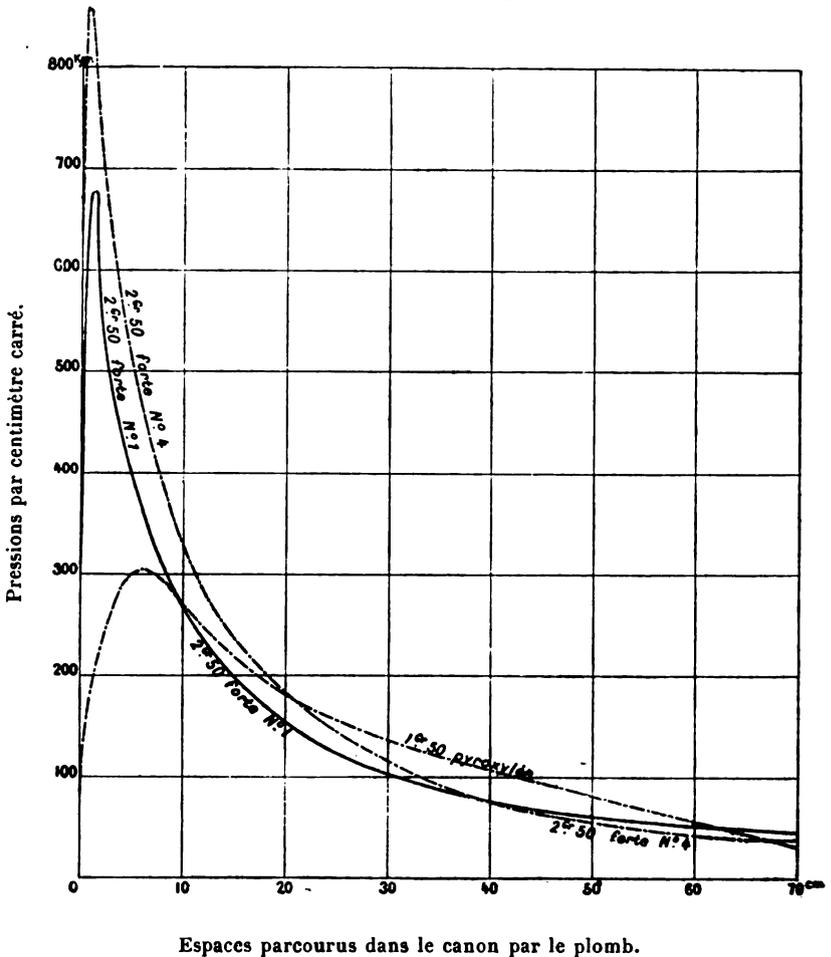
L'élasticité ou la rigidité de l'étui à l'expansion latérale ont également une certaine action sur la pression.

Le sertissage accroît la pression et la vitesse.

14. Influence des dimensions du raccordement et du calibre du canon. — Un raccordement en pente douce, un calibre du canon plus grand que le calibre intérieur de l'étui après son épanouissement favorisent beaucoup le mouvement en avant du projectile et diminuent la pression; mais ils diminuent à peu près dans la même proportion la vitesse.

Fig. 36.

Développement des pressions dans le canon des fusils de chasse du calibre 32 (12^{mm}, 9); charge 21^{gr} de plomb.



IV. — DÉVELOPPEMENT DES PRESSIONS DANS TOUTE L'ÉTENDUE DU CANON.

1. **Mesure au moyen du vélocimètre.** — Nous avons déterminé, au moyen d'un vélocimètre, les pressions successives développées dans un canon calibre 32 par diverses espèces de poudre.

Les résultats obtenus sont condensés dans la *fig.* 36 et sont donnés en détail dans le Tableau des pages 76 et 77.

Nous avons également déterminé, au moyen du vélocimètre, les pressions développées dans un canon calibre 16 (17^{mm}), dans lequel on tirait des cartouches comportant uniformément 30^{gr} de plomb.

Les *fig.* 37 et 38 donnent quatre séries de résultats, correspondant chacune au tir d'une cartouche calibre 16.

Dans le fusil calibre 16, le maximum de pression a eu lieu après le début du mouvement du plomb, au bout d'un temps de :

0,000626	avec une cartouche chargée à 4,80 ^{gr}	de poudre forte n° 1	
0,000696	»	4,80	» ordinaire n° 1
0,00067	»	4,80	» »
0,001462	»	2,60	» pyroxylée
0,0019	»	2,60	» (long feu)

Au moment du maximum de pression, le plomb avait avancé de :

17,7 ^{mm}	avec une cartouche chargée à 4,80 ^{gr}	de poudre forte n° 1	
24,0	»	4,80	» ordinaire n° 1
36,0	»	4,80	» »
61,3	»	2,60	» pyroxylée
45,0	»	2,60	» (long feu)

La durée du trajet dans le canon, pour une longueur parcourue de 815^{mm}, a été de :

0,003452	avec une cartouche chargée à 4,80 ^{gr}	de poudre forte n° 1	
0,003536	»	4,80	» ordinaire n° 1
0,0035	»	4,80	» »
0,004261	»	2,60	» pyroxylée
0,0070	»	2,60	» (long feu)

*Tir au vélocimètre*Longueur parcourue par le plomb $u = 6,77^m$

NUMÉROS DES COUPS.....	
Poudre française....	Nature.....
	Poids.....
Poids du plomb et des bourres.....	
Température de l'air et de la cartouche.....	
Vitesse maximum du plomb V_0	
Vitesse au passage à la bouche du canon V_b	
Différence $V_0 - V_b$	
Pression maximum par centimètre carré.....	
Temps entre le début du mouvement et le maximum de pression... (millièmes de seconde)	
Avancement du plomb au moment du maximum de pression.....	
Pression à la bouche.....	
Durée du trajet dans le canon..... (millièmes de seconde)	
Vitesse maximum de recul.....	
Vitesse du recul au moment de la sortie de la bourre.....	
Durée totale pendant laquelle le recul a été accéléré..... (millièmes de seconde)	
Durée pendant laquelle le recul a été accéléré après la sortie de la bourre. (millièmes de seconde)	
Distance du plomb à la bouche quand la vitesse du recul est devenue maximum.....	
Variation de V_0 pour une variation de 1^m dans la longueur du canon.....	

*Tir au vélocimètre fus*Longueur parcourue par la bourre = $6,77^m$

NUMÉROS DES COUPS.....	
Poudre anglaise....	Nature.....
	Poids.....
Poids du plomb et des bourres.....	
Température de la cartouche et de la chambre.....	
V_0 déduit de V_s (chronographe Le Boulengé).....	
V_0 déduit du recul avec le vélocimètre.....	
Pression maximum par centimètre carré.....	
Temps entre le début du mouvement et le maximum de pression... (millièmes de seconde)	
Avancement du plomb au moment du maximum de pression.....	
Pression à la bouche, à la sortie de la bourre.....	
Durée de trajet dans le canon..... (millièmes de seconde)	
Variation de V_0 pour une variation de 1^m dans la longueur du canon.....	
Vitesse maximum du recul.....	

calibre 32 (12^{mm},9).

Poids du canon garni variant de 2^{kg},006 à 2^{kg},012.

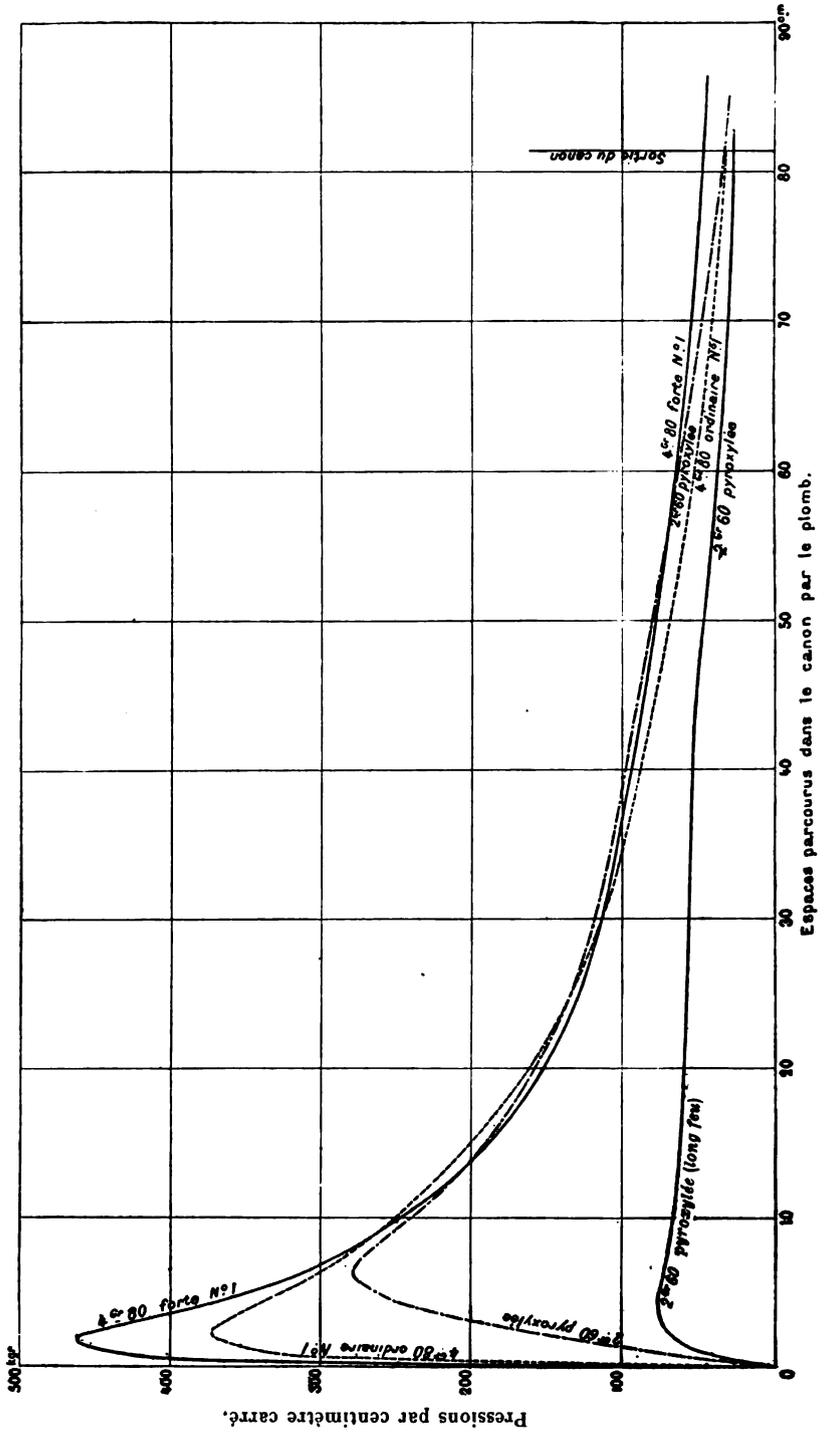
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Forte n° 1.		Forte n° 2.			Forte n° 4.		Pyroxylée ancien type.		
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5
22,64	22,85	22,63	22,62	22,50	22,68	22,52	22,45	22,51	22,78
5°	5°	2°	2°	2°	5°	5°	2°	2°	2°
37	330	341	354	344	370	»	326	337	331
24	316	327	330	324	352	363	313	327	320
13	14	14	14	20	18	»	13	10	11
40	700	650	800	590	750	1020	280	355	300
0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	1,3	1,3	1,4
7	13	16	12	6	9	9	75	50	65
43	40	45	40	40	45	40	40	40	35
3,02	3,16	3,14	3,04	2,93	2,68	2,41	3,60	3,64	3,79
4,45	4,40	4,50	4,54	4,46	4,75	4,26	4,06	4,19	4,16
3,86	3,78	3,89	3,93	3,84	4,20	4,29	3,62	3,82	3,76
8,5	8,0	7,5	7,5	9,2	9,0	9,0	8,7	9,5	8,0
5,5	4,8	4,4	4,5	6,3	6,3	6,6	5,1	5,9	4,2
1,8	1,5	1,5	1,6	2,0	2,3	2,5	1,7	2,0	1,4
0,74	0,68	0,79	0,70	0,71	0,68	0,65	0,80	0,85	1,00

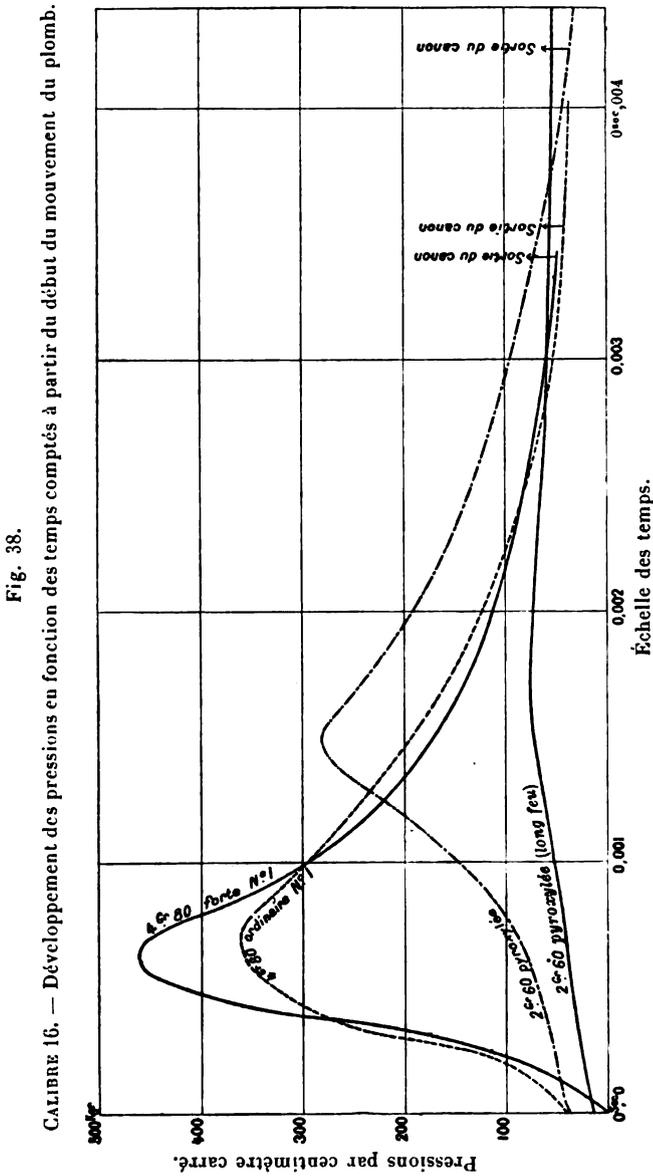
calibre 32 (12^{mm},9).

Poids du canon garni variant de 2^{kg},005 à 2^{kg},011.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Schultze.		Sporting powder.			Schultze.		Sporting.		
1,50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
9,72	20,55	20,73	20,64	20,68	20,62	20,59	20,93	20,79	20,80
2°	2°	2°	2°	2°	2°	50°	50°	50°	55°
1	»	311	328	331	312	324	344	349	315
6	336	»	329	326	314	»	355	347	299
1,004	430	312	339	330	263	413	658	450	318
0,90	0,90	0,95	1,53	1,38	1,60	0,45	0,80	1,02	0,8
9	37	41	52	53	65	42	27	45	45
2	28	»	35	32	37	»	20	40	30
4,00	3,14	3,53	3,85	3,73	4,07	»	3,01	3,23	3,39
0,7	0,5	»	0,6	0,6	0,7	»	0,56	0,70	0,62
3,563	3,935	3,723	3,955	3,906	3,740	3,667	4,173	4,147	3,577

Fig. 37.
 CALIBRE 16 (17^{mm}, 0). — Développement des pressions en fonction des espaces parcourus par le projectile dans le canon.





La pression à la bouche a été de 30^{kg} à 45^{kg} pour toutes ces cartouches, sauf pour la cartouche de poudre pyroxylée ayant fait long feu, qui n'a donné que 25^{kg}.

2. **Emploi des canons de différentes longueurs.** — Nous verrons plus loin qu'une diminution de 10^{cm} dans la longueur des canons calibre 16, ayant d'abord 75^{cm} de long, diminue de 9^m la vitesse donnée par une charge de poudre noire qui, dans le canon long, est de 350^m.

Une même diminution de la longueur des canons calibre 32 ayant d'abord 70^{cm} de long diminue de 7^m une vitesse initiale qui dans le canon long est de 330^m.

En appliquant les principes exposés page 41, on trouve ainsi que la pression à 5^{cm} de la bouche est de 46^{kg} par centimètre carré dans le calibre 16 tirant 30^{gr} de plomb, et de 32^{kg} par centimètre carré dans le calibre 32 tirant 20^{gr} de plomb.

Voici le résultat d'une autre série d'expériences que nous avons faites à ce sujet avec la poudre J₂ :

Nous avons tiré une même espèce de cartouches dans trois fusils calibre 16 à broche, à canon cylindrique, mais de longueurs différentes :

Le canon n° 1	avait un canon de	0,598	de long
" 2	" "	0,694	"
" 3	" "	0,799	"

Les cartouches comprenaient uniformément 2^{gr}, 70 de poudre J₂, deux bourres grasses du poids total de 2^{gr}, 6 et 20^{gr} de plomb.

Nous avons déduit les vitesses initiales des vitesses V₅, V₁₀ et V₁₅ prises pour chaque coup avec un chronographe à diapason. Nous avons conclu de ces tirs que la vitesse initiale, qui était de 353^m, 3 dans le canon de 0^m, 799, diminuait de 9^m, 85 lorsque la longueur du canon diminuait de 10^{cm}; nous en avons déduit que la pression à une distance de la culasse égale à $\frac{0,598 + 0,799}{2} = 0^m.698$, soit 41 calibres, était de 45^{kg}, 4 par centimètre carré.

Dans une autre expérience avec deux canardières calibre 8, tirant des cartouches normales en poudre J₂, nous avons trouvé que la pression à la bouche était de 23^{kg} par centimètre carré à 59 calibres de la culasse.

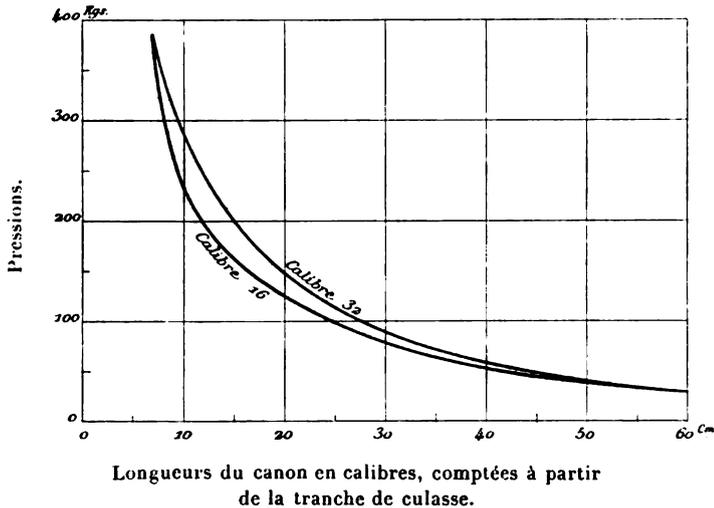
On pourra remarquer que les pressions obtenues par ce procédé sont sensiblement d'accord avec celles que l'on obtient en se servant du vélocimètre et qui ont été données dans le précédent paragraphe.

Les divers résultats de cette nature que nous avons obtenus en dehors du voisinage de la culasse, tant au moyen du vélocimètre qu'au moyen des fusils de diverses longueurs, sont résumés dans la *fig. 39*, où les longueurs du canon sont comptées à partir de la tranche de culasse.

La courbe du calibre 32 correspond à des pressions maxima relativement fortes et d'environ 600^{kg} à 800^{kg}, tandis que la courbe du calibre 16 correspond à des pressions maxima d'environ 400^{kg} qui sont celles que l'on réalise en général dans le tir de chasse.

Fig. 39.

Pressions aux différents points du canon en dehors de la chambre et de ses environs immédiats.



3. Emploi des appareils crushers. — Nous avons déjà dit, en parlant du fonctionnement des appareils crushers, que ces appareils ne fonctionnent normalement que lorsqu'ils débouchent dans la chambre à poudre de la cartouche. Lorsqu'ils sont placés en avant de la chambre du côté de la bouche, ils indiquent une pression trop élevée. Nous allons en voir une preuve dans ce qui suit.

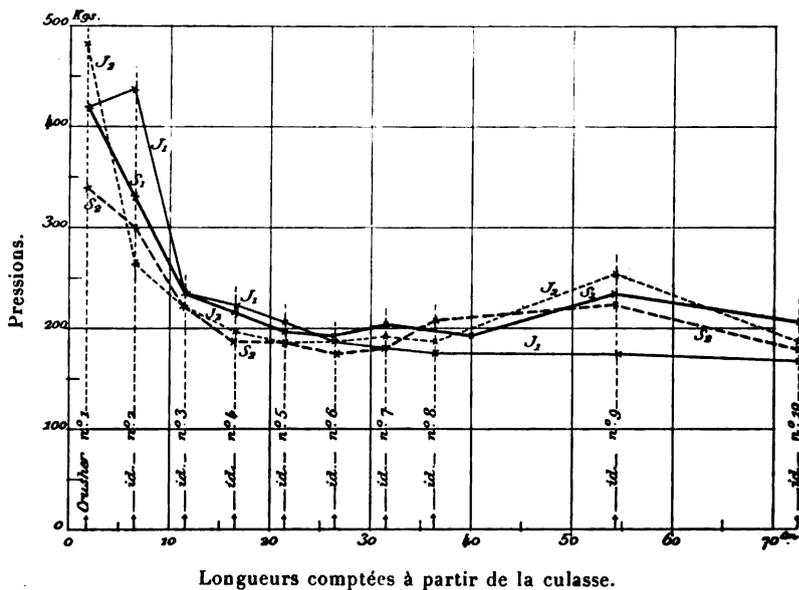
M. Polain, directeur du banc d'épreuves de Liège, a fait construire un canon du calibre 12 muni de 10 crushers, répartis de la culasse à la bouche. Les résultats obtenus avec cet appareil ont

produit quelque sensation dans le monde des chasseurs et des fabricants d'armes, en raison de leur étrangeté; beaucoup d'entre eux les ont admis comme exacts. Nous allons prouver que les résultats obtenus par M. Polain sont inexacts, ou plutôt que les mesures faites à la culasse et à la bouche ne sont pas comparables.

Nous avons relevé les résultats obtenus par M. Polain avec les poudres pyroxyliées françaises dans un Tableau qui se trouvait au pavillon de l'armurerie belge à l'Exposition de 1900. Ces résultats ont été reportés sur la *fig. 40*.

Fig. 40.

Pressions observées aux différents points du canon avec l'appareil à 10 crushers de M. Polain.



On peut calculer assez approximativement les vitesses que ces pressions communiqueraient à la charge de plomb employée.

Appelons :

P_m la moyenne des pressions de deux crushers, tels que les crushers n° 4 et 5;

e l'intervalle entre les points auxquels correspondent deux pressions successives;

S la section de l'âme en centimètres carrés = 2,65g ($a = 18^{\text{mm}}, 4$);

V_1 la vitesse à hauteur du crusher n° 4;

V_2 la vitesse à hauteur du crusher n° 5;

$M = \frac{P}{g}$ la masse mise en mouvement; les poids constituant la masse étant celui du plomb (36^{sr}), celui des bourres (2^{sr}, 5) et la moitié du poids de la charge (1^{sr}, 3).

On aura

$$(15) \quad P_m S e = \frac{M}{2} (V_2^2 - V_1^2).$$

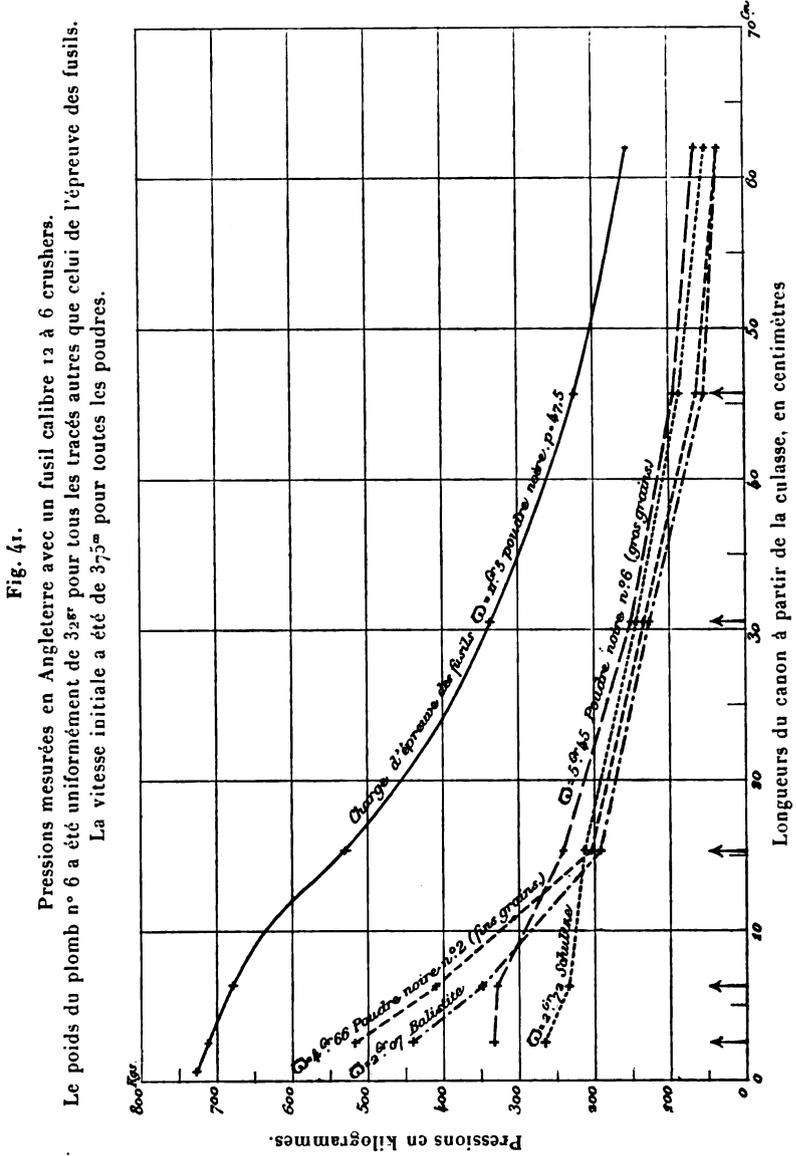
Dans la formule (15) on néglige l'influence, sur la vitesse, du frottement du plomb contre les parois du canon. Avec le plomb de chasse, ce frottement est peu énergique et son influence sur la vitesse peut être négligée.

Nous avons appliqué la formule (15) pour calculer la vitesse correspondant aux pressions relevées par M. Polain dans le tir de 3^{sr}, 6 de poudre J₂ avec 36^{sr} de plomb.

NUMÉROS des crushers.	DISTANCE à la culasse l .	PRESSION observée.	PRESSION moyenne entre deux crushers P_m .	DISTANCE correspondante à P_m .	VITESSE à la distance l de la culasse.
1.....	18 ^{mm}	486 ^{kg}	375 ^{kg}	41 ^{mm}	150 ^m
2.....	64	264	243	89	196
3.....	114	222	210	139	228
4.....	164	198	192	189	254
5.....	214	186	186	239	276
6.....	264	186	189	289	297,5
7.....	314	192	189	339	317,5
8.....	364	186	219	455	390,3
9.....	546	252	219	636	451,3
10.....	726	186			"

Il résulte du Tableau ci-dessus que, si les pressions observées par M. Polain étaient exactes, la vitesse initiale du plomb serait à peu près de 450^m dans un canon de 0^m,55. En réalité la charge employée ne doit fournir qu'une vitesse d'environ 315^m à 320^m dans un canon de cette longueur.

On trouve également en suivant la même méthode que si la pression était effectivement de 186^{kg} par centimètre carré à 726^{mm}



de la culasse, une variation de $0^{\text{m}}, 10$ dans la longueur du canon

ferait varier la vitesse initiale de 33^m, celle-ci étant supposée être de 350^m dans le canon de 73^{cm}. On verra dans la partie relative aux vitesses que de nombreuses expériences ont établi que cette variation de vitesse n'est en réalité que de 12^m dans les conditions ci-dessus énoncées.

Ce qui précède suffit largement pour prouver que l'appareil de M. Polain fournit des pressions trop élevées pour tous les points qui sont en dehors de la culasse.

Des expériences ont été faites aussi en Angleterre avec un fusil calibre 12 à 6 crushers.

Nous donnons, d'après le *Field* du 1^{er} juin 1895, les principaux résultats obtenus dans ces expériences, qui diffèrent complètement des résultats obtenus par M. Polain.

La valeur absolue des pressions, qui a été mesurée en Angleterre avec des crushers placés au delà de la chambre à poudre, nous paraît être fort discutable; mais il paraît probable que les pressions des différentes poudres sont comparables entre elles. S'il en est ainsi, ces expériences prouveraient que les pressions de toutes ces poudres sont peu différentes depuis le point situé à 10^{cm} de la culasse et jusqu'à la bouche lorsque les charges sont réglées de façon à donner la même vitesse.

Ce dernier résultat est d'accord avec toutes les expériences faites avec d'autres armes par le procédé des crushers ou encore par d'autres procédés de mesure.

V. — TIRS D'ÉPREUVE DES ARMES DE CHASSE.

1. Conditions des épreuves en France. — Les conditions des tirs d'épreuves en France nous ont été communiquées par M. le directeur du banc d'épreuves à Saint-Étienne.

L'épreuve des armes de chasse au point de vue de la résistance à l'action de la poudre se fait à Saint-Étienne à l'établissement dit *du Banc d'épreuves*.

Les épreuves subies par les armes sont réglées par des décrets du 7 novembre 1895 et du 10 juillet 1897.

Ces épreuves comprennent : 1^o l'épreuve des canons; 2^o l'épreuve des armes finies.

2. Épreuves des canons. — Les canons peuvent subir trois épreuves :

La première, lorsqu'ils sont en jambes ou en tubes, c'est-à-dire non assemblés et simplement moulés ou tournés et polis à l'intérieur ;

La deuxième, lorsqu'ils sont assemblés doubles ou multiples et complètement finis à l'intérieur, sauf le dernier polissage et sans que les chambres soient faites pour les cartouches ;

La troisième, dite *supérieure*, pour les canons présentés dans l'état défini ci-dessus pour l'épreuve ordinaire et ayant oui ou non subi les épreuves précédentes.

Il est appliqué sur les canons admis aux épreuves un poinçon indiquant leur calibre en millimètres et dixièmes de millimètre. Le diamètre définitif intérieur ne doit pas dépasser de plus de 0^{mm},2 le diamètre indiqué par le poinçon d'épreuve des canons.

La poudre employée est la poudre forte n° 2, et le plomb est le plomb de chasse n° 8 de Paris. Pour l'épreuve des canons on met sur la poudre une bourre formée d'un carré de papier froissé et une seconde bourre de papier sur le plomb.

Le tir d'épreuve des canons se fait en vissant dans la chambre une fausse culasse à lumière et l'on met le feu à la charge au moyen d'une trainée de poudre.

3. Épreuve des armes finies. — L'arme admise à l'épreuve est marquée, sous le tonnerre, de chiffres indiquant son calibre définitif en millimètres et dixièmes de millimètre. La profondeur de la chambre est indiquée en millimètres. Les canons forés en choke-bored sont marqués *choke*.

Les cartouches destinées à l'épreuve sont celles correspondant au calibre et à la profondeur de la chambre de l'arme à éprouver. On emploie pour l'épreuve la poudre forte n° 2 et le plomb de chasse n° 8. Les bourres sont en feutre.

Des poinçons spéciaux indiquent la nature de l'épreuve subie.

Le poinçon de l'épreuve ordinaire des armes finies consiste dans la lettre F surmontée d'une couronne.

Le poinçon de l'épreuve supérieure des armes finies consiste dans la lettre S surmontée d'une couronne.

Les Tableaux ci-après indiquent la nature des épreuves et les pressions correspondantes que nous avons calculées par la formule (6), mais en prenant pour la poudre forte n° 2 le coefficient résultant des expériences faites à Saint-Étienne. La formule employée est alors

$$(16) \quad P = 24130 \frac{w^{\frac{3}{4}} p^{\frac{1}{4}}}{a^2}.$$

4. Tableau des charges et pressions d'épreuves.

Épreuve des canons en jantes.

CALIBRE DU CANON		CHARGES.		PRESSIONS en kilogrammes par centimètre carré.
nominal.	pris pour le calcul.	Poudre forte n° 2.	Plomb.	
	mm	gr	gr	
32	13,0	7,5	35	1230
28	14,0	8,0	40	1470
24	15,0	8,5	45	1380
20	16,0	9	50	1300
16	17,0	10	60	1310
14	17,5	11	70	1380
12	18	11	70	1300
10	20	12,5	85	1220
8	21	16	120	1450

Épreuve des canons finis et assemblés.

CALIBRES en millimètres.	CHARGES.		PRESSIONS en kilogrammes par centimètre carré	
	Poudre forte n° 2.	Plomb.	calculées.	expérimentales.
12,6 à 13,4	4,5 ^{RP}	28 ^{RP}	1010	"
13,6 à 14,4	5	30	960	950
14,6 à 15,4	6	32	980	950
15,6 à 16,4	6	35	880	"
16,6 à 17,4	9	50	1150	1080 à 1160
17,6 à 18,4	10	60	1170	1165
18,6 à 19,4	11	70	1170	"
19,6 à 20,4	12,5	85	1220	"
20,6 à 21,4	14	100	1250	1280
21,6 à 22,4	16	120	1320	"
22,6 à 23,4	18	140	1370	"
23,6 à 24,4	20,5	165	1450	"
24,6 à 25,4	23	190	1510	"
29,6 à 30,4	38	340	1760	"
39,6 à 40,4	83	790	2180	"
49,6 à 50,4	163	1590	2770	"

Épreuve supérieure des canons finis et assemblés.

CALIBRES.		CHARGES.		PRESSIONS en kilogrammes par centimètre carré.
Dénomination usuelle.	en millimètres.	Poudre forte n° 2.	Plomb.	
20	15,6 à 16,4	11,5 ^{RP}	45 ^{RP}	1525
16	16,6 à 17,4	13	60	1600
12	17,6 à 18,4	14,5	75	1630
10	19,6 à 20,4	18	85	1600

La pression réelle des épreuves des canons doit être un peu moindre qu'il n'est indiqué dans les Tableaux qui précèdent, parce que, pour ces épreuves, le canon est muni d'une fausse culasse à lumière qui laisse échapper une partie du gaz. Les pres-

sions expérimentales et les pressions calculées que nous avons données ci-dessus se rapportent au tir avec des étuis de cartouches.

Épreuve des armes finies.

CALIBRE			LONGUEUR de la chambre et de la cartouche.	CHARGES.		PRESSIONS en kilogrammes par centimètre carré	
Déno- mination usuelle.	en millimètres.	adopté pour le calcul de la pression.		Poudre forte n° 2.	Plomb n° 8.	cal- culées.	expéri- mentales.
<i>Épreuves ordinaires.</i>							
12 ^{mm}	11,6 à 12,4	12,0	65	2,00	17	570	
14 ^{mm} ou 32	12,6 à 13,4	13,0	"	3,00	25	730	
28	13,6 à 14,4	14,2	"	3,25	30	680	
24	14,6 à 15,4	15,0	"	3,75	30	680	685
20	15,6 à 16,4	15,9	"	4,50	30	690	615
16	16,6 à 17,4	17,1	"	5,75	31	720	620
"	"	"	75	5,50	50	790	770
"	"	"	80	6,00	50	840	860
12	17,6 à 18,4	18,4	65	6,75	42	760	740
"	"	"	70	6,50	55	790	780
"	"	"	75	6,50	60	810	820
"	"	"	80	6,50	65	825	870
10	19,6 à 20,4	19,4	65	7,50	38	720	720
"	"	"	80	7,50	75	850	850
"	"	"	90	8,50	85	970	950
8	20,6 à 21,4	21,2	65	10,00	53	820	850
"	"	"	80	10,00	75	900	900
"	"	"	100	11,00	110	1050	1060
<i>Épreuve supérieure des armes finies.</i>							
20	15,6 à 16,4	15,9	65	6,50	29	900	"
16	16,6 à 17,4	17,1	65	6,50	30	815	"
"	"	"	75	7,50	40	975	"
"	"	"	80	8,00	40	1045	"
12	17,6 à 18,4	18,4	65	7,00	39	770	"
"	"	"	70	8,75	36	890	"
"	"	"	75	9,00	45	960	"
"	"	"	80	10,00	47	1050	"
10	19,6 à 20,4	19,4	65	7,50	40	730	"
"	"	"	80	8,75	65	925	"
"	"	"	90	10,50	70	1080	"

Épreuves spéciales des armes finies, avec les poudres pyroxyliées.

POUDRE.	GALIBRE nominal.	LONGUEUR de la chambre et des cartouches.	CHARGES.		PRESSION en kilogrammes par centimètre carré.
			Poudre.	Plomb n° 8.	
J.....	20	65 ^{mm}	3,30 ^{gr}	26 ^{gr}	1000
	16	»	4,20	30	745
	12	»	5,10	35	600
R.....	20	»	2,85	26	1020
	16	»	3,30	30	700
	12	»	4,05	36	710
M.....	20	»	2,66	26	900
	16	»	2,93	30	680
	12	»	3,46	36	470
S ₂	20	»	2,66	26	1000
	16	»	2,93	30	570
	12	»	3,46	36	450

Les épreuves des armes avec les poudres pyroxyliées R et S sont peu recommandables, parce que les pressions développées par ces poudres aux environs de la pression d'épreuves sont très irrégulières.

L'épreuve supérieure et l'épreuve aux poudres pyroxyliées ne sont faites que sur la demande du fabricant de fusils.

Les fusils qui ont été éprouvés à Saint-Étienne avant le mois de novembre 1895 ont subi les pressions ci-après dans les tirs d'épreuves :

Calibre nominal.....	32	28	24	20	16	12	10	8
Pression { des canons.....	1345 ^{kg}	1270 ^{kg}	1200 ^{kg}	1135 ^{kg}	1090 ^{kg}	1090 ^{kg}	1150 ^{kg}	1230 ^{kg}
de l'épreuve { des fusils finis..	595	600	640	730	710	750	870	950

5. **Épreuves des fusils de chasse en Angleterre.** — On trouve à acheter en France des fusils de chasse fabriqués et éprouvés en

Angleterre; il peut être intéressant de connaître les épreuves auxquelles ces armes ont été soumises.

L'épreuve des armes de chasse comprend, en Angleterre comme en France :

1° L'épreuve du canon non monté sur sa fermeture, mais muni d'une fausse culasse à lumière ;

2° L'épreuve du fusil terminé et muni de sa fermeture.

La poudre employée doit donner à charge égale les mêmes pressions que la poudre réglementaire pour les cartouches du fusil Martiny-Henri. C'est une poudre noire, dont les grains ont 0^{mm},7 à 1^{mm},5. Cette poudre est très peu différente de la poudre de guerre française F₃; les pressions que développent ces deux espèces de poudres sont égales lorsque les charges sont égales :

Épreuve des canons en Angleterre.

CALIBRE		CHARGES		PRESSIONS en kilogr. par centimètre carré :	
nominal.	en millimètres.	de poudre.	de plomb.	calculées.	expérimentales avec la poudre F ₃ .
20	15,6	^{gr} 14,15	^{gr} 20,45	1170	"
16	16,8	19,1	25,02	1160	1150
12	18,5	22,62	34,6	1020	"

Épreuve des fusils terminés, en Angleterre.

CALIBRE		CHARGES		PRESSIONS en kilogr. par centimètre carré :	
nominal.	en millimètres.	de poudre.	de plomb.	calculées, tarage français.	expérimentales en Angleterre, tarage anglais.
20	15,6	^{gr} 8,05	^{gr} 33,1	808	682
16	16,8	9,75	37,8	770	640
12	18,5	11,5	47,1	750	650

Les renseignements sur la pression d'épreuves expérimentale des fusils terminés sont extraits du journal *The Field*, année 1894; d'après un autre article du même journal en date du 1^{er} juin 1895 la pression d'épreuves des fusils terminés du calibre 12 serait de 710^{kg}.

La comparaison des chiffres des pressions calculées correspondant aux pressions d'épreuves en France et en Angleterre fait voir que les pressions d'épreuves sont à très peu près égales dans ces deux pays.

En raison des modes de *tarage* différents, le chiffre donné pour les pressions d'épreuves mesurées en Angleterre n'est que les $\frac{5}{6}$ de celui des pressions mesurées en France.

VI. — RÉSISTANCE DES CANONS DE FUSIL.

1. Résistance des métaux à canons. — La chambre de commerce de Saint-Étienne a fait en 1894 une étude sur la résistance des métaux généralement employés à Saint-Étienne pour la fabrication des canons de chasse.

Les essais de traction ont donné les résultats suivants :

Nature du métal.	Limite élastique par cm ² .	Charge de rupture par cm ² .
Fer.....	3 460 ^{kg}	4 470 ^{kg}
Acier.....	4 330 ^{kg}	7 000 ^{kg}
Damas.....	3 170 ^{kg} à 3 460 ^{kg}	4 500 ^{kg}
Boston.....	2 900 ^{kg}	4 300 ^{kg}

2. Épaisseur à donner au canon pour résister sans gonflement à une pression donnée. — Le damas étant le métal le plus communément employé pour faire les canons des fusils de chasse, nous avons calculé les épaisseurs que ces canons devraient avoir lorsqu'ils sont faits en damas dont la résistance élastique est de 3200^{kg} par centimètre carré.

Appelons :

R le rayon extérieur du canon en millimètres,

r » intérieur »

T la limite élastique du métal,

P la pression intérieure à supporter,

$e = R - r$ l'épaisseur du canon en millimètres nécessaire pour résister sans gonflement à la pression P.

On a, d'après les formules du général Virgille,

$$(17) \quad e = r \left(\sqrt{\frac{T+P}{T-P}} - 1 \right).$$

Les épaisseurs de damas *strictement nécessaires* pour ne pas dépasser la limite d'élasticité du métal et amener son gonflement lorsqu'il est soumis à une pression P sont données ci-après pour les canons du calibre 16 ($r = 8^{\text{mm}}, 55$) :

Épaisseurs des canons calibre 16 (17^{mm}, 1).

Pression par cm ² , P.	50 ^{kg}	100 ^{kg}	150 ^{kg}	200 ^{kg}	250 ^{kg}	300 ^{kg}
Épaisseur, e.....	0 ^{mm} , 13	0 ^{mm} , 26	0 ^{mm} , 41	0 ^{mm} , 55	0 ^{mm} , 69	0 ^{mm} , 84
Pression par cm ² , P.	350 ^{kg}	400 ^{kg}	500 ^{kg}	600 ^{kg}	700 ^{kg}	800 ^{kg}
Épaisseur, e.....	0 ^{mm} , 99	1 ^{mm} , 14	1 ^{mm} , 46	1 ^{mm} , 79	2 ^{mm} , 13	2 ^{mm} , 48
Pression par cm ² , P.	900 ^{kg}	1000 ^{kg}	1100 ^{kg}	1200 ^{kg}	1500 ^{kg}	2000 ^{kg}
Épaisseur, e.....	2 ^{mm} , 87	3 ^{mm} , 26	3 ^{mm} , 68	4 ^{mm} , 13	5 ^{mm} , 67	9 ^{mm} , 26

Il est prudent de ne pas soumettre fréquemment le métal d'un canon à un effort supérieur à la moitié de la pression qui correspond à sa limite d'élasticité; autrement dit, un canon qui est dans de bonnes conditions doit pouvoir supporter une pression double de celle qu'il subit dans la pratique courante du tir, et cela sans dépasser la limite élastique du métal. Si donc une portion d'un canon calibre 16 est destinée à recevoir couramment 550^{kg} de pression par centimètre carré, il sera prudent de lui donner au moins l'épaisseur de 3^{mm}, 68 qui est juste suffisante pour résister à la pression de 1100^{kg}, double de la pression courante.

Le Tableau ci-dessus des épaisseurs convenant pour les canons du calibre 16 permet de trouver par une simple proportion les épaisseurs qui conviennent aux canons d'un autre calibre. Si l'on voulait, par exemple, avoir l'épaisseur qui convient à un canon calibre 8 (21^{mm}, 2), on multiplierait les épaisseurs données ci-dessus par le rapport des calibres en millimètres, soit $\frac{21,2}{17,1} = 1,24$.

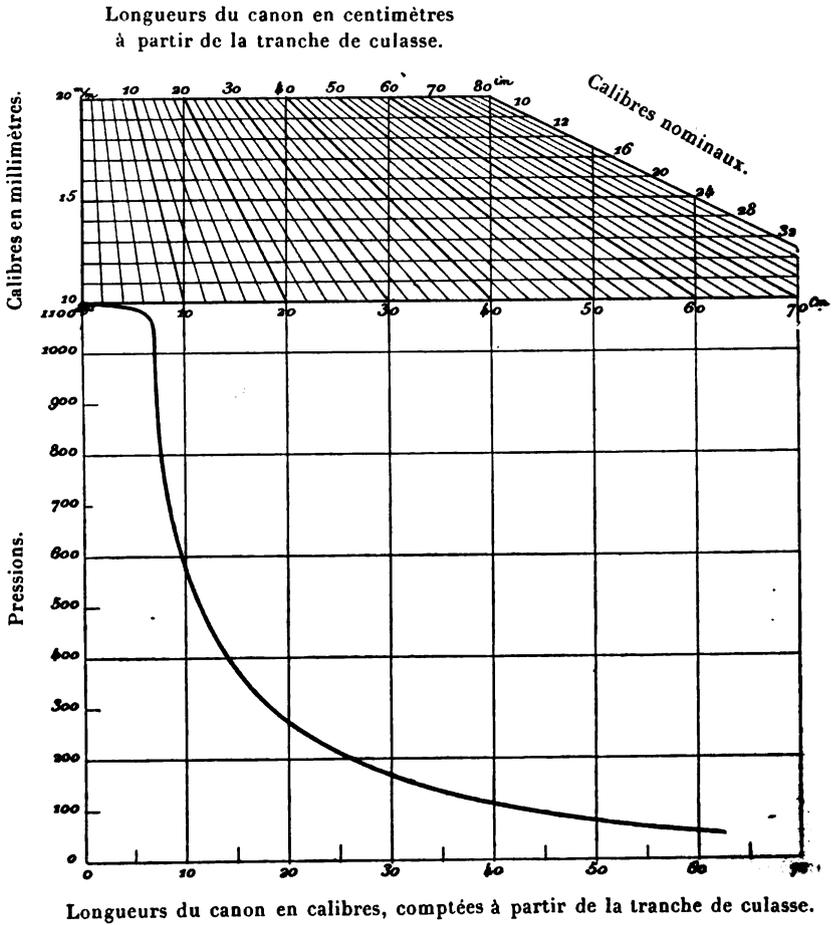
On trouverait de même qu'un canon calibre 8 dont l'épaisseur

est 3^{mm},08 a la même résistance qu'un canon calibre 16 dont l'épaisseur est $\frac{17,1}{21,2} \times 3,08 = 2^{\text{mm}},48$, et qu'il peut résister à 800^{kg} de pression.

3. Répartition des pressions dans la longueur du canon. — Les tirs au vélocimètre nous ont fait connaître que, lorsqu'on tire des cartouches de chasse avec des charges normales de poudres

Fig. 42.

Pressions que devraient pouvoir exceptionnellement supporter les diverses sections des canons de fusils de chasse des divers calibres destinés au tir à plombs.



pyroxyliées, le maximum de pression se produit lorsque le plomb a avancé d'environ 4 calibres. La longueur occupée par la poudre dans la cartouche étant d'environ 1,5 calibres, l'arrière de la bourre se trouve donc à une distance d'environ 5,5 calibres de la tranche de culasse lorsque se produit le maximum de pression. Toute la partie du canon comprise à ce moment entre l'arrière de la bourre et le fond de l'étui se trouve soumise à cette pression maximum.

Lorsqu'on rapporte les pressions postérieures au maximum, qui se produisent aux différents points du canon, à la distance du projectile à la culasse exprimée en calibres, on constate que ces pressions sont sensiblement égales à une même distance de la culasse, quel que soit le calibre du fusil et quelle que soit la poudre employée, lorsque la vitesse initiale est la même et lorsque le poids du projectile est, dans tous les calibres, le poids normal, ou encore lorsque ces poids sont proportionnels au cube du diamètre intérieur des canons. On peut donc représenter par une courbe unique les pressions aux différents points des canons de chasse des divers calibres, à condition de rapporter ces pressions à leur distance à la culasse exprimée en calibres.

Les canons qui sont dans de bonnes conditions de résistance et de poids doivent avoir en chaque point des épaisseurs telles que leur limite élastique ne soit pas dépassée par des pressions doubles de celles qu'ils supportent dans la pratique de leur tir normal. La *fig. 42*, dans laquelle les pressions en chaque point du canon sont le double des pressions normales, fournit les données nécessaires pour pouvoir calculer les épaisseurs à donner aux canons des fusils de chasse tirant à plombs.

4. Dimensions et résistance des canons de chasse.— Le Tableau ci-après donne les épaisseurs réelles de trois canons doubles de chasse en damas de provenances diverses.

Nous avons indiqué les pressions auxquelles peuvent résister les différentes sections de ces canons sans dépasser leur limite d'élasticité supposée égale à 3200 kg:cm².

Ces pressions ont été calculées par la formule

$$(18) \quad P = 3200 \frac{R^2 - r^2}{R^2 + r^2}.$$

dans laquelle R et r sont les rayons extérieur et intérieur du canon.

Nous avons indiqué également la pression à laquelle le canon devrait pouvoir résister pour se trouver dans de bonnes conditions pour le tir de cartouches en poudre pyroxylée, cette pression a été prise sur la *fig. 42* et est le double de la pression que le canon a à subir en pratique courante.

Fusil calibre 16 de Saint-Étienne.

Distances à partir de la culasse..... cm	0	6,5	10	15	20	30	60
Épaisseur du métal..... mm	3,5	2,3	2,6	1,9	1,3	0,95	0,90
Calibre intérieur..... mm	19,0	19,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Pression pouvant être supportée..... kg	974	683	835	640	455	342	323
Pression qu'il devrait pouvoir supporter. kg	1100	1090	1080	580	430	280	120

Fusil calibre 16 de Liège.

Distances à partir de la culasse..... cm	0	6,5	10	15	20	30	60
Épaisseur du métal..... mm	4,0	2,7	2,9	2,3	2,0	1,45	0,9
Calibre intérieur..... mm	19,0	19,0	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2
Pression pouvant être supportée..... kg	1080	784	905	745	660	495	318
Pression qu'il devrait pouvoir supporter. kg	1100	1090	1080	580	430	280	120

Fusil calibre 12 anglais.

Distances à partir de la culasse... .. cm	0	6,5	10	15	20	30	60
Épaisseur du métal..... mm	4,5	2,5	2,7	2,0	1,65	1,2	1,0
Calibre intérieur..... mm	20,5	20,5	18,55	18,55	18,55	18,55	18,55
Pression pouvant être supportée..... kg	1120	688	800	607	522	387	326
Pression qu'il devrait pouvoir supporter. kg	1100	1090	1080	650	500	325	140

Le Tableau qui précède fait voir que, dans ces trois fusils, la section qui est relativement la moins résistante est celle qui se trouve à l'extrémité de la chambre, à 65^{mm} de la tranche de culasse.

Les épaisseurs des trois canons ci-dessus ne sont pas suffisantes jusqu'à 17^{cm} environ de la culasse pour bien résister au tir de cartouches en poudre pyroxylée, et, en fait, les deux fusils calibre 16 ci-dessus ont eu leur chambre assez fortement agrandie par le tir de cartouches donnant des pressions supérieures aux pressions normales sans toutefois en atteindre le double. A une distance de plus de 17^{cm} de la culasse, tous ces canons peuvent résister à des pressions supérieures à toutes celles qu'ils sont exposés à subir dans le tir normal.

Un document de la Chambre de commerce de Saint-Étienne datant de 1894 indique les *dimensions adoptées depuis longtemps pour les fusils de chasse dans les fabriques de Saint-Étienne*. Nous avons relevé dans ce document l'épaisseur du métal à l'extrémité de la chambre, à 65^{mm} de la culasse, et nous avons calculé la résistance de cette section dans les canons des divers calibres. Nous avons admis que ces canons étaient comme les précédents en damas ayant une résistance élastique de 3 200^{kg} par centimètre carré.

Canons ayant les dimensions usitées à Saint-Étienne en 1894.

Calibre nominal.....	8	10	12	16	20	24
» en millimètres.....	^{mm} 21,0	^{mm} 19,4	^{mm} 18,4	^{mm} 17,0	^{mm} 16,4	^{mm} 15,0
Diamètre intérieur de la chambre.....	22,5	20,9	19,9	18,5	17,9	16,5
Épaisseur à 65 ^{mm} de la culasse.....	4,0	3,25	3,3	3,65	3,0	2,45
Pression que peut supporter le canon à 65 ^{mm} de la culasse.....	^{kg} 948	^{kg} 845	^{kg} 895	^{kg} 1027	^{kg} 905	^{kg} 815
Pression d'épreuve obligatoire des armes finies.....	1060	850	760	720	690	680
» supérieure	»	925	770	815	900	»

Le Tableau qui précède fait voir que les praticiens qui ont adopté ces dimensions et les conditions d'épreuves n'avaient pas de méthode directrice bien sûre.

Depuis que l'emploi des poudres pyroxylées s'est beaucoup étendu on renforce généralement et avec juste raison ces canons à la culasse, mais la surépaisseur adoptée n'est pas suffisante à hauteur de l'extrémité de la chambre.

§. Épaisseur qu'il convient de donner aux canons des fusils de chasse. — Les canons des fusils de chasse doivent pouvoir résister :

- 1° A la pression du gaz;
- 2° Aux flexions et aux chocs accidentels qu'ils peuvent subir en service.

La pratique a fait connaître qu'un canon en damas, calibre 16 (17^{mm}, 0), qui a une épaisseur de 1^{mm}, a une solidité juste suffisante pour résister aux flexions et aux chocs modérés, qu'un

chasseur ne peut jamais complètement éviter à son fusil. Aucune partie d'un canon calibre 16 ne doit donc avoir une épaisseur inférieure de 1^{mm}, même dans les parties où une épaisseur moindre suffit pour résister à la pression des gaz de la poudre.

Or un tube en damas du calibre 16 qui a une épaisseur de 1^{mm} résiste à une pression de 350^{kg}, mais ne peut résister à une pression plus forte.

Un canon de chasse en damas peut donc se subdiviser en deux parties.

Dans la première, la pression de la poudre est inférieure à 350^{kg}. Cette partie commence à 16 calibres de la tranche de culasse, soit à 27^{cm} pour le calibre 16, et elle s'étend jusqu'à la bouche. Dans cette partie, l'épaisseur du canon doit être d'au moins 1^{mm}. Il n'est pas utile, pour un fusil ordinaire, qu'elle soit plus forte, sauf toutefois dans la partie étranglée du choke.

Dans la deuxième partie, la pression des gaz de la poudre est supérieure à 350^{kg}, les épaisseurs doivent y être en rapport avec la pression à subir.

C'est en nous inspirant de ces principes que nous avons établi le Tableau ci-après qui indique les épaisseurs qu'il convient de donner aux canons en damas des divers calibres. Nous avons ajouté en regard les épaisseurs qui étaient usitées à Saint-Étienne en 1894.

Dimensions rationnelles des canons de chasse en damas ayant 300^{ts} de résistance élastique par centimètre carré.

CALIBRE.	LONGUEUR de la chambre.	DIAMÈTRES		LONGUEURS COMPTÉES A PARTIR DE LA CULASSE.									
		de la chambre.	du canon.										
8	100 ^{mm}	22 ^{mm} ,5	21 ^{mm} ,0	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1090	15 ^{mm} 900	20 ^{mm} 600	30 ^{mm} 390	50 ^{mm} 220	75 ^{mm} 130	
				Pression en kilogrammes.....	4,85	4,85	4,85	4,85	3,52	2,20	1,38	1,25	1,25
10	80 ^{mm}	20 ^{mm} ,9	19 ^{mm} ,4	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1090	15 ^{mm} 800	20 ^{mm} 550	30 ^{mm} 360	50 ^{mm} 200	75 ^{mm} 120	
				Pression en kilogrammes.....	4,50	4,50	4,50	4,12	2,82	1,84	1,16	1,16	1,16
12	65 ^{mm}	19 ^{mm} ,9	18 ^{mm} ,4	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1090	15 ^{mm} 700	20 ^{mm} 520	30 ^{mm} 340	50 ^{mm} 190	75 ^{mm} 100	
				Pression en kilogrammes.....	4,28	4,28	3,93	3,91	2,53	1,65	1,11	1,11	1,11
16	65 ^{mm}	18 ^{mm} ,5	17 ^{mm} ,0	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1080	15 ^{mm} 650	20 ^{mm} 480	30 ^{mm} 310	50 ^{mm} 170	75 ^{mm} 100	
				Pression en kilogrammes.....	3,99	3,61	3,60	3,58	1,94	1,39	1,0	1,0	1,0
20	65 ^{mm}	17 ^{mm} ,9	16 ^{mm} ,4	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1080	15 ^{mm} 620	20 ^{mm} 460	30 ^{mm} 300	50 ^{mm} 150	75 ^{mm} 90	
				Pression en kilogrammes.....	3,86	3,86	3,49	3,45	1,78	1,27	0,98	0,98	0,98
24	65 ^{mm}	16 ^{mm} ,5	15 ^{mm} ,0	0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1070	15 ^{mm} 570	20 ^{mm} 420	30 ^{mm} 270	50 ^{mm} 130	75 ^{mm} 80	
				Pression en kilogrammes.....	3,60	3,60	3,17	3,12	1,48	1,05	0,9	0,9	0,9
				0 ^{mm} 1100	6 ^{mm} ,5 1100	8 ^{mm} 1100	10 ^{mm} 1070	15 ^{mm} 570	20 ^{mm} 420	30 ^{mm} 270	50 ^{mm} 130	75 ^{mm} 80	
				Pression en kilogrammes.....	3,75	2,95	2,75	"	"	"	1,75	"	1,5

Le Tableau ci-après donne les épaisseurs comparatives de deux canons calibre 12 dont l'un serait en damas et l'autre en très bon acier offrant une résistance élastique de 4300^{kg} par centimètre carré et qui seraient capables de résister aux mêmes pressions et aux mêmes chocs.

Longueur à partir de la culasse...	0 ^{cm}	6 ^{cm,5}	8 ^{cm}	10 ^{cm}	15 ^{cm}	20 ^{cm}	30 ^{cm}	50 ^{cm}	75 ^{cm}
Épaisseur du canon {	en damas....	4,28	4,28	3,98	3,91	2,53	1,65	1,1	1,1
	en acier....	2,98	2,98	2,71	1,64	1,18	0,75	0,74	0,74

6. **Recherches à faire.** — Nous n'avons pas la prétention d'avoir traité d'une façon complète et définitive, dans ce qui précède, la question de la résistance des canons et de l'épaisseur qu'il convient de leur donner, mais nous avons voulu simplement indiquer l'ordre d'idées dans lequel devraient être conduites les études sur ce sujet par les personnes intéressées à la question. Nous avons voulu également montrer que la question n'avait pas été étudiée par les armuriers autant qu'elle pourrait l'être.

7. **Procédés pour augmenter la résistance des canons.** — *Mandrinage.* — Un canon en acier ou en damas qui est soumis un certain nombre de fois à une pression un peu inférieure à sa limite d'élasticité s'agrandit d'une certaine quantité et reste dans cet état stationnaire si on le soumet de nouveau aux mêmes pressions.

Dans la pratique, beaucoup de fusils ont leurs chambres agrandies par le tir et se maintiennent ensuite indéfiniment dans cet état. Cet agrandissement offre l'inconvénient de placer les étuis dans une chambre où ils ont un jeu trop grand.

On peut prévenir la production de ces agrandissements par le tir, en mandrinant le canon intérieurement pour le mettre aux dimensions définitives. Ce mandrinage s'opère en faisant passer dans la chambre et dans le canon, des olives en acier de diamètre légèrement supérieur à celui de la chambre et du canon; ces parties sont alors alésées de telle sorte qu'après le mandrinage elles aient les dimensions exactes qu'elles doivent avoir. Quelques

fabricants d'armes français pratiquent cette opération, qui est fort recommandable.

Frettage. — Le frettage d'un canon consiste à l'entourer dans la partie arrière d'un manchon qui exerce sur lui une pression très énergique. Tout le monde sait que ce moyen est universellement employé actuellement pour augmenter la résistance des pièces d'artillerie.

Le frettage des canons de chasse est très difficile à bien faire; mais, lorsqu'il est réussi, il augmente leur résistance sans augmenter leur poids.

Canons en acier trempé. — Les canons les plus résistants que l'on sache faire actuellement sont forés dans des barres d'acier et sont trempés par un jet d'eau lancé à l'intérieur du canon. Les canons ainsi fabriqués ont une résistance très supérieure à celle de tous les canons en damas.

VII. — GONFLEMENTS ET ÉCLATEMENTS DES CANONS.

1. **Tir de cartouches trop longues dans des chambres trop courtes.** — Un étui de 70^{mm} ou de 75^{mm} de long dont le sertissage a porté sur une longueur suffisante peut être introduit sans difficulté dans une chambre de 65^{mm} de long.

Lorsqu'on tire dans ces conditions, la portion sertie se déroule et vient s'appliquer dans le raccordement de la chambre où elle forme un étranglement par lequel doit passer le plomb et les bourres. La résistance au mouvement initial est de ce fait fortement augmentée; la vitesse de combustion de la poudre s'accroît et la pression est beaucoup plus élevée que dans le cas du tir dans une chambre de même longueur que la cartouche.

Il y a déjà eu bien souvent des éclatements de fusils et des ruptures de bascule dus à cette cause.

Le *Field* du 21 mai 1892 a relaté quelques expériences faites sur ce sujet dont voici les résultats :

*Pressions observées en Angleterre dans un fusil calibre 12
à chambre de 65^{mm} de long.*

CHARGES		LONGUEUR de l'étui.	POUDRE NOIRE de Curtis et Harvey.			POUDRES PYROXYLÉES.		
de poudre.	de plomb.		n° 6 à gros grains	n° 4 à grains moyens.	n° 2 à fins grains	Schultze.	EC.	SS.
gr	gr	mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg
6,2	36	64	350	578	655	600	670	780
6,2	36	70	397	610	690	675	775	855
7,1	36	70	688	885	940	880	855	1003

Nous rappelons encore une fois que la *valeur absolue* des pressions mesurée en Angleterre est, en raison de la différence des Tables de tarage, plus faible que celle que l'on aurait obtenue en France dans les mêmes conditions.

2. Obstruction dans le canon entre la chambre et la bouche. — L'éclatement des canons qui contiennent des obstructions à l'intérieur se produit toujours à hauteur de l'arrière de l'obstruction, mais il peut s'étendre sur une plus ou moins grande longueur, surtout en arrière, suivant l'importance de l'obstruction et suivant la qualité du métal.

Il est fort rare qu'un bouchon en bois placé à la bouche d'un fusil de chasse fasse éclater un canon que l'on tire avec des cartouches ordinaires. L'éclatement n'a généralement lieu que si le bouchon possède un forçement énergétique dans le canon.

Dans des expériences faites en Angleterre, on a pu mettre dans la partie antérieure de canons de fusils de chasse jusqu'à sept bourres de feutre, forçant dans le canon, jointives ou séparées l'une de l'autre par des intervalles quelconques, sans qu'il en soit résulté d'avaries pour les canons ainsi obstrués où l'on tirait des cartouches ordinaires. Mais lorsqu'il se trouvait seulement 3^{es}, 5 de plomb entre deux bourres, cela suffisait pour faire gonfler le canon.

Un corps d'étui en carton arrêté dans une partie quelconque

du canon n'offre aucun danger de gonflement ou d'éclatement lorsqu'on tire à plombs. Si l'on tirait à balles, il pourrait se produire un baguage correspondant à la portion de l'étui arrêté; le fait s'est fréquemment produit avec les fusils modèle 1874 à l'époque où l'on y tirait des étuis de mauvaise qualité dont le collet se déchirait et s'arrêtait dans le canon.

Des chiffons arrêtés dans le canon ne produisent le gonflement ou l'éclatement des canons que s'ils y sont fortement serrés sur une assez grande longueur.

La terre et le sable *secs* obstruant la bouche sur quelques centimètres de long sont ordinairement expulsés sans avarie pour le canon.

La terre et le sable *mouillés* obstruant la bouche sur une longueur de un à deux calibres font souvent éclater ou tout au moins gonfler les canons des armes de chasse ou de guerre.

La présence d'un tampon de neige sèche, pulvérulente et non comprimée, à la bouche d'un fusil, est sans inconvénients; mais lorsque la neige se trouve dans l'état qui la fait *botter* sous les pieds, elle peut faire gonfler ou éclater un canon de chasse dont elle remplit la bouche sur une longueur de quelques centimètres.

Une charge de plomb entre deux bourres, ou une balle qui sont arrêtées dans un canon à quelque distance de la cartouche font *sûrement éclater* un canon lorsqu'on y tire des cartouches à charge normale.

D'après des expériences anglaises, lorsque la distance entre l'obstruction et le haut de la cartouche ne dépasse pas 3^{cm}, le tir est sans danger sérieux. Il en est de même lorsque dans un fusil calibre 12, la charge de la cartouche ne dépasse pas 0^{gr},5 de poudre pyroxylée ou 1^{gr} de poudre noire.

On peut se demander dans quel cas une charge de plomb comprise entre deux bourres, ou encore une balle peut se trouver arrêtée dans un canon ?

Ce fait peut se produire lorsqu'on tire une cartouche qui ne contient que quelques décigrammes de poudre. Lorsque les cartouches de chasse sont chargées à la main, le fait d'une insuffisance considérable de poudre peut fort bien ne pas être remarqué par celui qui charge s'il emploie des étuis de bonne qualité, qui, presque tous, ont un renfort métallique intérieur. Dans le cas

d'insuffisance de poudre, causée par inadvertance, le rebord supérieur du renfort intérieur arrête la bourre à sa hauteur normale; le chargeur ne se trouve pas prévenu du manque de poudre par l'enfoncement anormal de la bourre comme il l'aurait été si la bourre s'était trouvée poussée jusqu'au fond d'un étui sans renforts intérieurs.

Lorsque les cartouches sont chargées à la machine, le fait d'une charge de poudre réduite à quelques grains est encore plus facile à concevoir lorsque le mandrin qui enfonce la bourre a sa course limitée par une butée fixe.

Les cartouches de chasse calibre 12 qui n'ont que 0^{gr}, 2 à 0^{gr}, 5 de poudre pyroxylée ou encore 0^{gr}, 4 à 0^{gr}, 8 de poudre noire, envoient le plomb au milieu du canon ou encore à l'entrée du choke, point où il s'arrête. Ces cartouches font peu de bruit, elles ne fournissent que peu de recul; cependant l'expérience fait connaître que ces symptômes, bien caractéristiques, ne suffisent pas toujours à prévenir tous les tireurs de l'anomalie qui s'est produite. En tout cas, il leur arrive souvent de ne pas vérifier après un coup semblable si le projectile est sorti ou est resté dans le canon.

Il est assez fréquent que des fusils de chasse ou de guerre éclatent à la suite de faits de cette nature.

Il peut arriver à un tireur qui a sur lui des cartouches du calibre 12 et du calibre 20 de se tromper et d'introduire dans la chambre d'un fusil calibre 12 dont le diamètre est 20^{mm}, 5 une cartouche calibre 20 dont le diamètre au bourrelet est 19^{mm}, 0. La cartouche calibre 20 s'enfoncera dans la chambre et le bourrelet s'arrêtera dans le cône de raccordement; elle n'entrera pas entièrement dans le canon dont le diamètre est 18^{mm}, 4. Il peut alors arriver que le chasseur, voyant son fusil non chargé, oublie qu'il a mis une première cartouche dans le fusil et mette en plus une cartouche calibre 12 derrière la cartouche calibre 20. La cartouche calibre 12 entrera sans difficulté et calera la cartouche calibre 20.

Si l'on tire dans ces conditions, le poids du projectile de la cartouche calibre 12 se trouvera au moins doublé. Le bourrelet de la cartouche calibre 20 offrira une forte résistance pour pénétrer dans le canon. Il arrêtera le projectile de la cartouche

calibre 12 et il augmentera la pression de la cartouche calibre 12 d'au moins 250^{kg} si elle est chargée en poudre noire et d'au moins 300^{kg} à 400^{kg} si elle est chargée en poudre pyroxylée. La cartouche calibre 20 finira elle-même presque toujours par détoner après s'être quelque peu avancée dans le canon. Il ne faudra donc pas s'étonner de voir le canon éclater dans ces conditions.

Une cartouche calibre 20 peut s'arrêter en un point quelconque d'un canon calibre 10 dont le diamètre intérieur est égal au diamètre du bourrelet de la cartouche calibre 20. Sa présence dans un calibre 10 ferait encore plus sûrement éclater ce canon que le canon calibre 12.

L'éclatement dans le cas d'obstruction au milieu du canon est dû à ce que le corps qui fait obstruction ne commence à se mettre en mouvement qu'au moment où l'air qui est compris entre lui et l'avant du projectile tiré a déjà acquis une tension assez forte. A ce moment le projectile tiré est à quelques millimètres de l'obstruction et a déjà une forte vitesse. La compression de l'air devient énorme avant que l'obstruction se soit déplacée suffisamment en avant. C'est l'air comprimé entre la charge et l'obstruction ainsi que le gonflement des projectiles sous le choc qui produisent l'éclatement du canon. Dans le cas où l'obstacle cède facilement à la pression de l'air comprimé, l'accident peut se réduire à un gonflement local du canon au point où s'est produit cette compression de l'air.

La compression de l'air emprisonné entre la charge et le projectile est d'autant plus grande que l'obstruction a une masse plus grande ou un serrage plus grand dans le canon. Toutefois l'influence de la masse est bien plus grande que celle du serrage.

3. Gonflement ou éclatement par condensation des ondes gazeuses de la poudre. — Lorsqu'on tire une charge de poudre vive, concentrée à la culasse, dans une cartouche sans projectile et dans un canon qui contient, à une certaine distance de la culasse, soit un projectile, soit un tampon bien serré, les gaz produits près de la culasse se précipitent vers l'avant du canon : ils y sont arrêtés brusquement par l'obstacle que leur oppose l'inertie du projectile ou le forçement du tampon, ils subissent contre cet obstacle une condensation et ils exercent sur les parois

à hauteur de ce point une très forte pression. Après avoir rebondi sur l'obstacle qui est à l'avant du canon, ils reviennent en arrière et ils vont rebondir sur la culasse, donnant lieu ainsi à une série d'ondes condensées qui finissent par s'éteindre après un certain nombre de parcours du canon.

Le phénomène que nous venons de décrire se produit d'une façon d'autant plus marquée et donne lieu à des surpressions contre l'obstacle et sur la culasse, d'autant plus fortes que la poudre est plus vive, que la charge est plus concentrée à la culasse, et que la distance de l'obstacle à la culasse est plus grande tout en restant dans les limites de longueur ordinaire d'un canon.

Les explications qui précèdent feront comprendre la cause des faits ci-après.

On ne doit pas chercher à enlever une obstruction du canon, telle que chiffon très serré, balle forcée, qui ne peut être enlevée avec les baguettes dont on dispose, en tirant dans le fusil une cartouche à poudre dont *toute la poudre se trouve dans la cartouche ou à l'arrière du canon*. Le résultat que l'on obtiendrait presque sûrement si la charge était suffisante pour chasser l'obstacle serait un gonflement de canon à hauteur de l'obstruction.

On peut au contraire chasser une obstruction très résistante en tirant une cartouche à poudre dans les conditions suivantes :

On introduit par l'arrière, dans le canon maintenu la bouche en bas, une charge de poudre, noire de préférence, de 2^{gr} à 3^{gr}. On met ensuite un étui non chargé, mais amorcé. On fait ensuite basculer le canon de façon à répartir également, autant que possible, la poudre dans toute la longueur, entre la culasse et l'obstruction. En faisant partir le coup dans ces conditions on chassera l'obstruction, généralement sans avaries pour le canon. Si la charge employée a raté, on remettra un autre étui; si elle n'a pas produit l'effet voulu en détonant, on mettra une charge un peu plus forte.

Quoique cette opération soit sans danger quand elle est bien faite, il sera toujours prudent de tirer la gâchette au moyen d'une longue ficelle et en s'abritant.

Il est préférable, quand on le peut, d'enlever les obstructions du canon avec une baguette. Lorsque ce sont des chiffons arrêtés et forcés, on peut les enlever, soit en chauffant le canon de façon

à carboniser les chiffons, soit encore en les traversant avec une baguette rougie au feu. Lorsqu'une balle est arrêtée dans un canon et ne peut être chassée avec une baguette, on s'en débarrasse en chauffant le canon jusqu'à ce que le plomb de la balle fonde. Ce procédé peut avoir l'inconvénient de débraser des canons doubles qui ont été assemblés à l'étain.

Les procédés hydrauliques consistant à remplir le canon d'eau et à exercer une pression sur l'obstruction au moyen d'un piston dont la tête est exactement du calibre de l'arme sont très recommandables et très efficaces pour enlever certaines obstructions.

4. Dégradation de la partie étranglée des fusils choke. — On peut faire gonfler la partie étranglée d'un canon choke et même la faire parfois éclater en y tirant des balles du calibre de la partie cylindrique. Cet accident est d'autant plus à craindre que le diamètre de la balle est plus grand, que sa partie cylindrique est plus longue, s'il s'agit d'une balle allongée; que le plomb est plus durci, que l'étranglement est plus fort, et que son raccordement est plus raide:

Un canon demi-choke bien établi, en bon damas ou en bon acier, ne subit généralement pas de gonflement au choke lorsqu'on y tire quelques balles *sphériques en plomb pur* du calibre de l'âme cylindrique, à des vitesses ne dépassant pas 350^m. Ce genre de tir doit toutefois être évité si l'on veut conserver le fusil en bon état.

5. Usure des canons. — 1° Dans un concours de fusils de chasse fait en Angleterre en 1875 et dont les résultats ont été publiés par le *Field*, on a tiré six fusils calibre 12 choke bored à raison de 2 500 cartouches par fusil. A la fin de cette série de tirs, la dispersion et la pénétration de ces fusils étaient identiquement les mêmes qu'au début. Le choke ne paraissait nullement usé.

D'après l'armurier Greener, un fusil calibre 12, qui avait tiré 80 000 coups, a donné les résultats ci-après :

2^{es},72 *Schultze*, 31^{es},9 *plomb n° 6 (305 grains)*.

	Full choke.	Modified choke.
Nombre de plombs dans une cible } absolu.....	265,3	247,4
de 0 ^m ,762 à la distance de 36 ^m ,50 } pour cent...	86,6	81,0

Ces tirs sont supérieurs comme groupement à ce que donnent en général les meilleurs fusils.

2° Les fusils du calibre 11^{mm} peuvent tirer 15 000 cartouches à balles calepinées en papier et à la vitesse de 450^m sans que leur précision décroisse d'une façon très notable.

Après un tir de 20 000 coups, la précision du tir est encore passable.

3° Les fusils des calibres de 6 à 8^{mm} qui ont tiré 10 000 balles à enveloppe de maillechort à des vitesses de 600 à 700^m ont encore une bonne précision pour des tirs à bras francs.

4° Le calibre d'un fusil peut être rapidement agrandi si on laisse rouiller le canon intérieurement et si on le fait nettoyer à fond par un armurier. Quand un fusil rayé a été rouillé fortement, il faut simplement enlever l'oxyde à l'intérieur du canon avec un chiffon huilé. Il vaut beaucoup mieux le laisser ensuite dans cet état que de le faire repolir et blanchir par un armurier. Un polissage intérieur à l'émeri et au cylindre de plomb l'agrandirait inégalement et lui enlèverait toute sa précision.



CHAPITRE III.

VITESSE DES PROJECTILES.

1. — MESURE DES VITESSES.

1. Définitions et notations employées. — La *vitesse initiale* est la vitesse qu'a le projectile au sortir du canon (1). Cette vitesse sera désignée par V_0 . La vitesse du projectile diminue avec la portée au delà de la bouche en raison de la résistance de l'air. La vitesse que conserve le projectile à une certaine portée est dite la *vitesse restante* à cette portée. La vitesse restante à la portée de 20^m par exemple sera désignée par V_{20} .

2. Méthode de mesure. — La vitesse initiale peut se déduire directement de la vitesse du recul de l'arme, d'après des méthodes que nous développerons en parlant du recul, mais, le plus souvent, on déduit la vitesse initiale de la vitesse restante à une petite distance de la bouche, vitesse qui a été mesurée avec un chronographe électrique, dont le modèle le plus usité est le chronographe Le Boulengé.

MM. les Ingénieurs des Poudres et Salpêtres Billardon et Dou ont inventé un chronographe consistant essentiellement en une cible tournante et une cible fixe, qui permet de mesurer la vitesse individuelle de chacun des grains de plomb d'une même charge à une portée quelconque, mais unique pour un coup. Cet instrument

(1) La vitesse d'un projectile sortant d'un fusil paraît s'accroître un peu pendant les premiers décimètres après la sortie du canon, en raison de l'expansion des gaz de la poudre, toutefois cet accroissement paraît être très faible dans le cas du tir des fusils de longueur ordinaire, et l'on peut sans erreur sensible considérer la vitesse à la bouche comme étant la vitesse maximum.

est décrit dans le Tome I du *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, p. 138 et suivantes.

3. Résistance de l'air. — La connaissance des pertes de vitesses causées par la résistance de l'air est nécessaire pour déduire les vitesses restantes de la vitesse initiale ou réciproquement.

Nous avons fait de nombreuses expériences pour déterminer les effets de la résistance de l'air sur le plomb de chasse. Les résultats de ces expériences ont été exposés dans la *Revue d'Artillerie* de janvier 1897 et de mars 1898.

Nous n'indiquerons ici que les résultats les plus susceptibles d'application directe.

Si l'on désigne par :

V_1 , la vitesse à une portée ;

V_2 , la vitesse à une portée plus grande ;

V_m , la vitesse moyenne dans l'intervalle de ces deux portées ;

Δ , le poids du mètre cube d'air (en moyenne = 1^{kg}, 208) ;

a , le diamètre du projectile en mètres ;

p , le poids du projectile en kilogrammes ;

X , la différence de portée correspondant à V_1 et V_2 ;

$f(V_m)$, une valeur caractéristique de la résistance à la vitesse V_m .

Les vitesses V_1 et V_2 sont reliées par la formule

$$(19) \quad \text{Log } V_1 = \text{log } V_2 + 0,4343 \Delta \frac{a^2}{p} X f(V_m).$$

Lorsque les projectiles sont sphériques, on peut calculer $\frac{a^2}{p}$ comme il est indiqué ci-après, en se contentant de mesurer soit le poids, soit le diamètre du projectile. Le choix de la mesure est déterminé par la commodité d'emploi et la précision des instruments de mesure dont on dispose.

Lorsque le projectile sphérique est en plomb à la densité de 11,0 on a

$$(20) \quad \frac{a^2}{p} = \frac{0,031122}{\sqrt[3]{p}},$$

$$(21) \quad \frac{a^2}{p} = \frac{1}{57,596 a}.$$

Le Tableau ci-après donne les valeurs de $f(V_m)$ relatives au tir

du plomb de chasse et des chevrotines. Ces valeurs ne s'appliquent au tir des balles sphériques que jusqu'à la vitesse de 400^m. Aux vitesses plus fortes, les $f(V)$ relatives aux balles sphériques croissent moins vite que celles relatives aux plombs de chasse.

On trouvera les $f(V)$ relatives aux balles allongées et aux balles sphériques à forte vitesse dans les Traités de Balistique récents et parus postérieurement à 1890.

Valeur de $f(V)$ pour le plomb de chasse.

V.	$f(V)$.	DIFF.	V.	$f(V)$.	DIFF.	V.	$f(V)$.	DIFF.	V.	$f(V)$.	DIFF.	V.	$f(V)$.	DIFF.			
0 ^m	0,1800	3	100 ^m	0,1836	6	200 ^m	0,1964	30	300 ^m	0,2642	89	400 ^m	0,366	11	500 ^m	0,483	13
10	0,1803	3	110	0,1843	7	210	0,2008	39	310	0,2738	96	410	0,377	11	510	0,490	13
20	0,1806	3	120	0,1850	7	220	0,2052	49	320	0,2837	99	420	0,389	11	520	0,508	13
30	0,1809	3	130	0,1857	7	230	0,2110	58	330	0,2937	100	430	0,399	11	530	0,521	13
40	0,1812	3	140	0,1864	7	240	0,2173	63	340	0,3038	101	440	0,410	11	540	0,534	13
50	0,1815	3	150	0,1872	8	250	0,2240	67	350	0,3139	101	450	0,422	12	550	0,547	13
60	0,1818	3	160	0,1881	9	260	0,2310	70	360	0,3240	101	460	0,423	12	560	0,560	13
70	0,1821	4	170	0,1894	13	270	0,2385	75	370	0,3342	102	470	0,446	12	570	0,573	13
80	0,1825	5	180	0,1910	16	280	0,2467	82	380	0,3445	103	480	0,458	12	580	0,586	13
90	0,1830	6	190	0,1932	22	290	0,2553	86	390	0,3550	105	490	0,470	12	590	0,600	14
100	0,1836	6	200	0,1964	30	300	0,2642	89	400	0,3664	114	500	0,483	13	600	0,614	14

4. Valeur des vitesses restantes. — Nous avons calculé, au moyen de la formule (19) donnée p. 110, les vitesses restantes de projectiles sphériques en plomb, de 2^{mm} à 9^{mm} de diamètre, aux portées de 0^m à 100^m et dont la vitesse initiale est de 360^m. Les résultats en sont reportés sur la *fig. 43*.

Nous avons calculé également, au moyen de la même formule, quel est le trajet que ces divers projectiles auraient à parcourir pour avoir leur vitesse restante réduite à 360^m, lorsque la vitesse initiale est comprise entre 550^m et 360^m. Les résultats de ces calculs sont reportés sur la *fig. 44*.

Tous les résultats qui se trouvent sur les *fig. 43* et *44* sont d'accord avec les nombreuses mesures de vitesses restantes que nous avons faites avec des plombs de diverses grosseurs et tirés à des vitesses initiales très variées.

Les diagrammes des *fig. 43* et *44* permettent de trouver les vitesses restantes de tous les projectiles sphériques en plomb

Fig. 43.

Vitesses restantes des sphères en plomb durci à la densité de 11,9, ayant des diamètres de 2^{mm} à 9^{mm} et lancées à la vitesse initiale de 360^m.

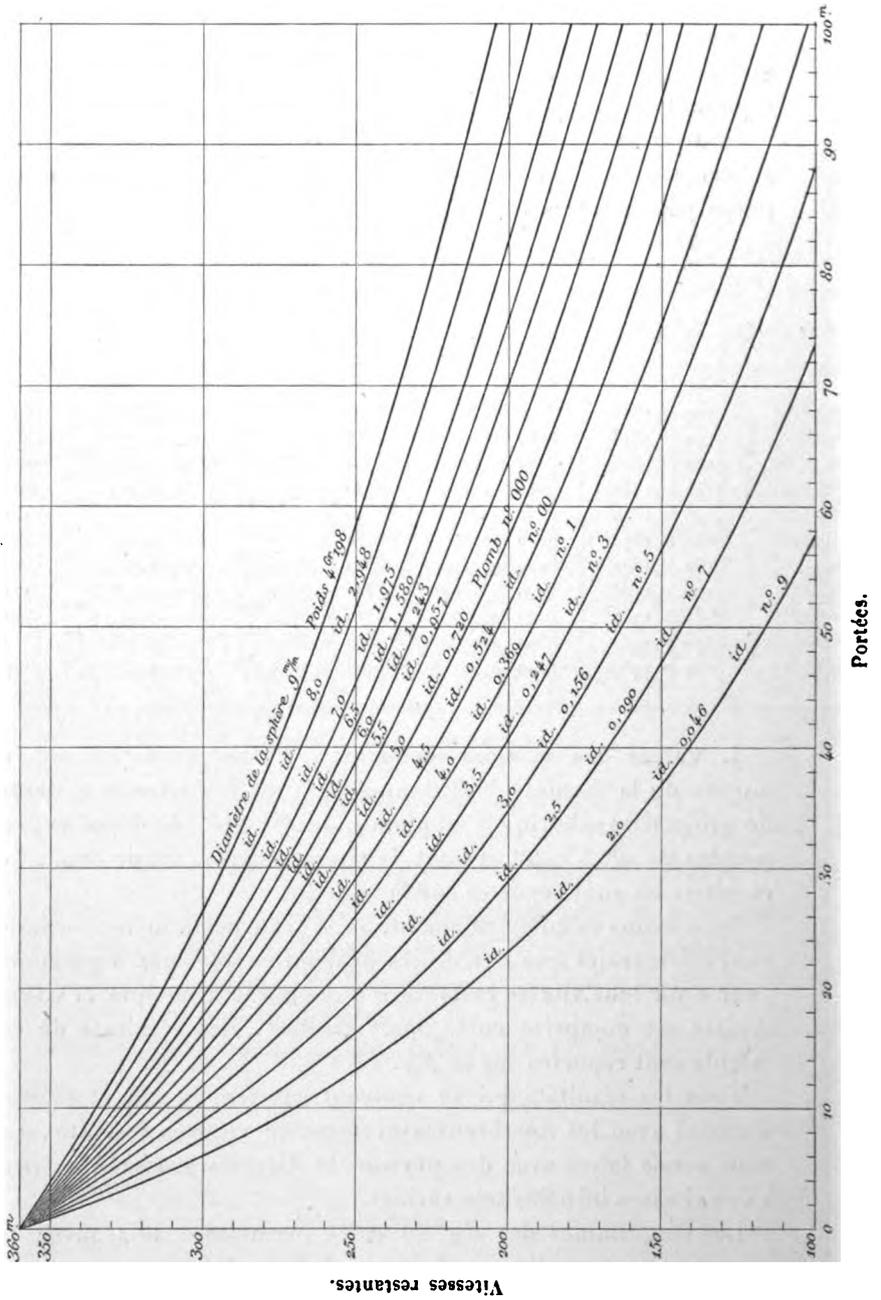
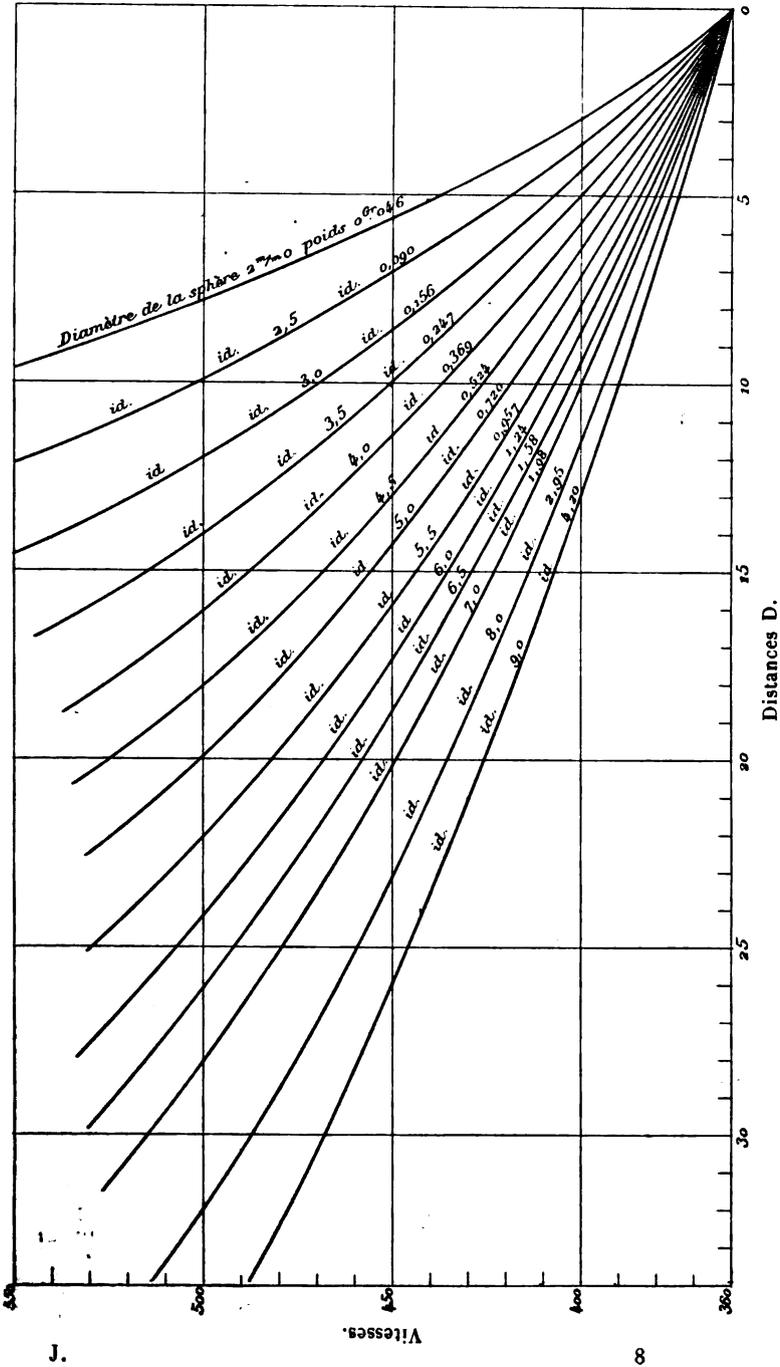


Fig. 44.
Vitesse restante des sphères en plomb durci à la densité de 11,0, lancées à des vitesses initiales supérieures à 360^m et ayant la vitesse restante de 360^m après le parcours D.



ayant des diamètres compris entre 2^{mm} et 9^{mm} et des poids compris entre 0^{gr}, 046 et 4^{gr}, 198 à toutes les portées comprises entre 0^m et 100^m et pour toutes les vitesses initiales que l'on peut pratiquement réaliser.

L'usage de ces deux diagrammes se trouve expliqué par les exemples qui suivent :

1° On demande la vitesse restante, à la portée de 40^m, du plomb de 3^{mm} qui a été tiré avec $V_0 = 360^m$. On lit directement sur la *fig. 43* que $V_0 = 187^m$.

2° Sur la *fig. 43* on lit également que le plomb de 3^{mm} tiré avec $V_0 = 360^m$ a sa vitesse réduite à 300^m à la portée de 9^m.

3° Si le plomb de 3^{mm} était tiré avec $V_0 = 300^m$, sa vitesse restante à la portée de 40^m serait la même que celle des mêmes plombs à la portée $40 + 9 = 49^m$ lorsqu'ils sont tirés avec $V_0 = 360^m$. On trouve ainsi $V_{40} = 166^m$ avec $V_0 = 300^m$.

4° Si le plomb de 3^{mm} était tiré avec $V_0 = 500^m$, on voit sur la *fig. 44* que sa vitesse restante serait réduite à 360^m à la portée de 12^m.

5° La vitesse restante V_{40} du plomb de 3^{mm} tiré avec $V_0 = 500^m$ est égale à la vitesse restante des mêmes plombs à la portée $40 - 12 = 28^m$ lorsque $V_0 = 360^m$; on trouve ainsi $V_{40} = 220^m$ pour $V_0 = 500^m$.

6° On demande de combien se trouverait augmentée la portée à laquelle le plomb de 3^{mm} de diamètre conserve une même vitesse, si l'on donnait à la vitesse normale de 360^m des accroissements de 50^m et de 100^m.

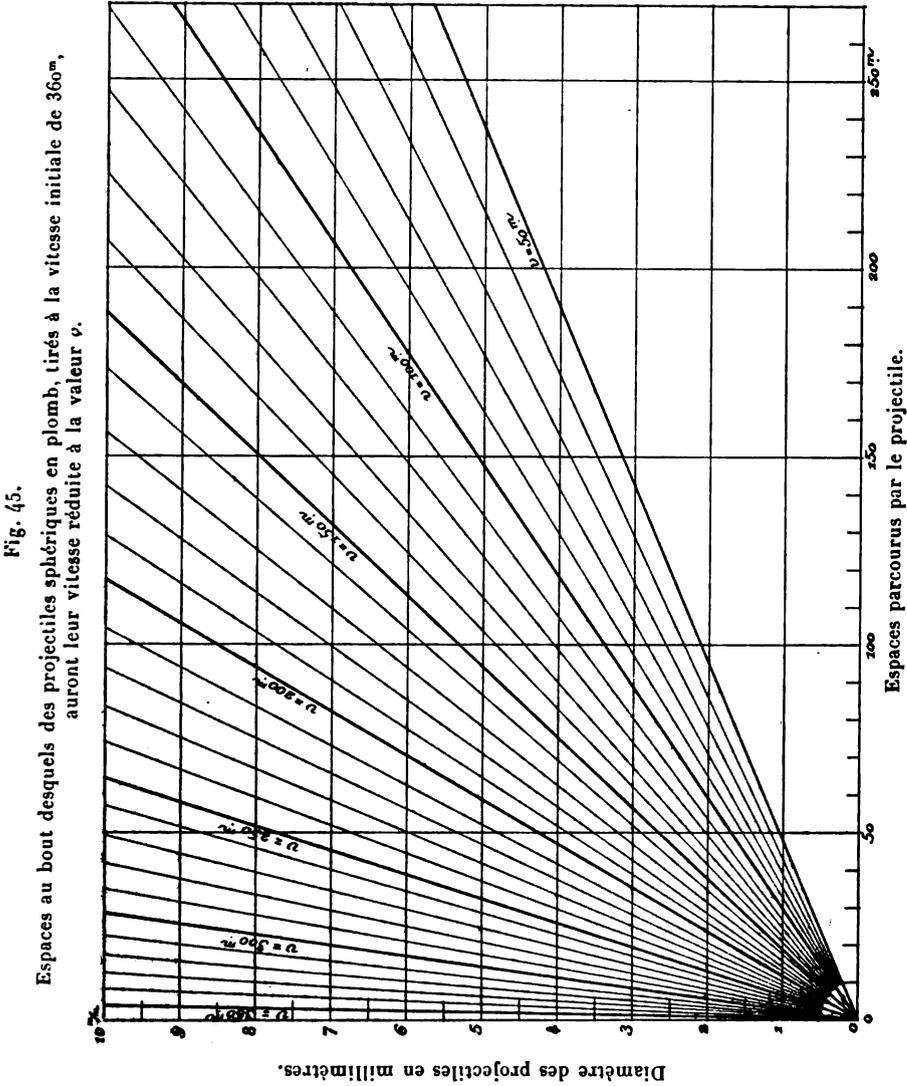
On lit sur la *fig. 43* que ces accroissements de portée sont de

$$5^m, 4 \text{ pour } V_0 = 410^m$$

$$9^m, 4 \text{ pour } V_0 = 460^m.$$

Le journal *The Field* a publié, à diverses reprises, des séries de mesures de vitesses restantes faites en Angleterre; aucune de ces séries n'est juste. De plus, la plupart des auteurs anglais qui ont publié leurs mesures de vitesses ont commis la méprise suivante : ayant, par exemple, mesuré la durée de trajet sur un parcours de 40 yards, ils ont divisé 40 par la durée de trajet et ils ont attribué la vitesse ainsi obtenue à la portée de 40 yards, tandis qu'elle doit être attribuée à la portée de 20 yards.

5. Variation des vitesses restantes suivant le diamètre du projectile. — L'expérience et la théorie sont d'accord pour établir que : *les espaces au bout desquels des projectiles sphériques de même densité et de diamètres différents ont subi une même perte de vitesse sont proportionnels aux diamètres des projectiles.*



Cette proposition se trouve mise en application sur le diagramme de la *fig.* 45 qui est utile pour résoudre certaines questions relatives au tir des projectiles sphériques en plomb.

Si l'on tirait des projectiles sphériques ayant des densités différentes d et d' et des diamètres a et a' , ces projectiles subiraient une même perte de vitesse au bout d'un même parcours, lorsque les diamètres et les densités satisferaient à la relation

$$(22) \quad \frac{a}{a'} = \frac{d'}{d}.$$

Les charges de grenaille dont les grains satisferaient à la relation (22) et qui comprendraient le même nombre de grains auraient des poids p et p' qui seraient dans le rapport

$$(23) \quad \frac{p}{p'} = \frac{d'^2}{d^2}.$$

Si, par exemple, on tirait des grains de plomb pur à la densité de 11,35 et des grains de plomb durci à 10 pour 100 d'antimoine ayant une densité de 10,80, on aurait

$$(24) \quad a' = \frac{11,35}{10,81} a = 1,049 a,$$

$$(25) \quad p' = (1,049)^2 a = 1,1 a.$$

Des grains en plomb durci à 10 pour 100 d'antimoine qui auraient un diamètre de 5 pour 100 supérieur à celui des grains en plomb pur subiraient donc une même perte de vitesse après un même parcours. Le même nombre de grains en plomb durci satisfaisant à la condition ci-dessus ne pèserait que $\frac{1}{10}$ de plus que les grains de plomb pur.

Il y aurait avantage à employer, pour la chasse, du plomb plus durci que celui que l'on trouve actuellement dans le commerce. La légère perte de densité qui résulte d'un alliage avec une assez forte proportion d'antimoine peut être facilement compensée par un léger accroissement du diamètre du plomb. Le seul inconvénient sérieux des alliages contenant une assez forte proportion d'antimoine ou d'étain est leur plus grande fusibilité, ce qui facilite l'emplombage du canon. Cet inconvénient peut être combattu par le nickelage.

Si l'on substituait des billes d'acier dont la densité est 7,8 à un même nombre de grains de plomb et si l'on voulait qu'à portée égale les vitesses des projectiles fussent égales, le poids total des billes d'acier serait 2,1 fois celui de la charge de plomb et le diamètre des billes serait 1,45 fois celui des grains de plomb. Dans ces conditions la substitution de l'acier au plomb offrirait des inconvénients très sensibles au point de vue du poids des cartouches et de leur recul ; il faudrait de plus changer le calibre des fusils et prendre un calibre 4 pour tirer des billes d'acier balistiquement équivalentes aux plombs que l'on tire dans le calibre 12.

6. Vitesse individuelle des grains de plomb. — Tous les plombs d'une charge sortent de la bouche d'un canon cylindrique avec la même vitesse initiale ; mais dès l'instant de leur sortie ils se trouvent soumis à l'action de la résistance de l'air, qui diminue leur vitesse. Comme les grains d'une même charge n'ont en général ni le même poids, ni le même diamètre, ni les mêmes déformations, ils subissent pendant leur trajet dans l'air des pertes de vitesses inégales.

La cible tournante de MM. Billardon et Dou permet de mesurer la vitesse individuelle des différents grains d'une même charge à une distance quelconque de la bouche.

Dans les calculs que l'on fait pour avoir la vitesse des plombs avec cet instrument, on suppose que le mouvement des plombs est rectiligne, que le passage à travers la cible en papier ne les dévie pas et ne diminue pas leur vitesse. En réalité ces conditions ne sont réalisées que par à peu près.

Des mesures faites à la poudrerie de Sevrans-Livry avec une cible tournante de ce système ont donné les résultats suivants :

Les différents grains d'une charge de plomb n° 6 ($a = 2^{\text{mm}}, 8$) tirée avec 4^{gr}, 50 de poudre noire ou 2^{gr}, 40 de poudre pyroxylée ancien type dans un fusil calibre 16, à canon cylindrique, ont donné, à 30^m de la bouche du fusil, des vitesses moyennes de 266^m. L'écart moyen des vitesses des différents grains d'une même charge a été de 8^m, 50, et les écarts extrêmes se sont élevés à 30^m ou 40^m ; ces écarts croissaient avec la portée.

Des expériences avec une cible tournante établie sur le même principe que la cible de MM. Billardon et Dou ont été faites par

M. Griffith, Directeur de la Schultze Gunpowder Company, et ont été publiées par le *Field* du 9 avril 1887.

Fig. 46.
Expériences anglaises avec une cible tournante.
Canon choke bored calibre 12, 28,77 de poudre Schultze, 32^r plomb n° 6 (2^{mm}, 6), 304 grains de plomb.

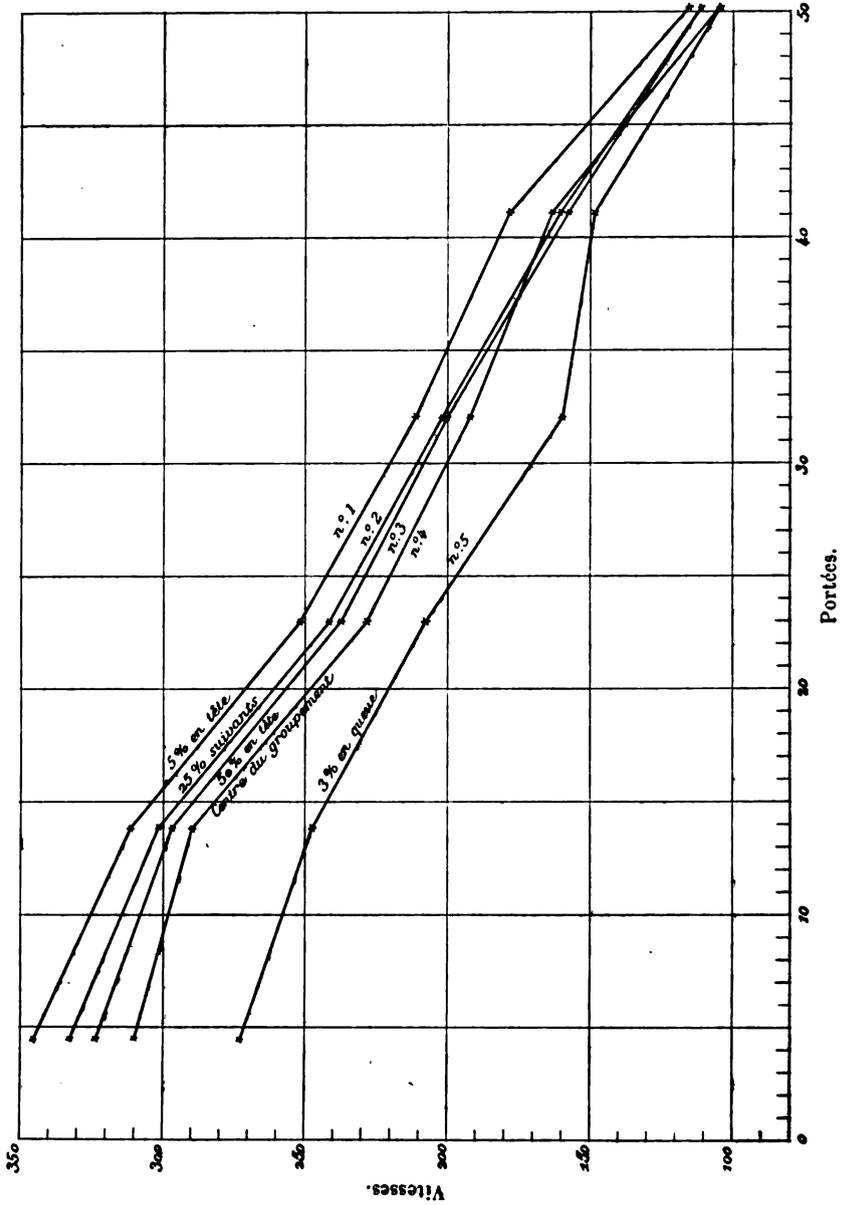
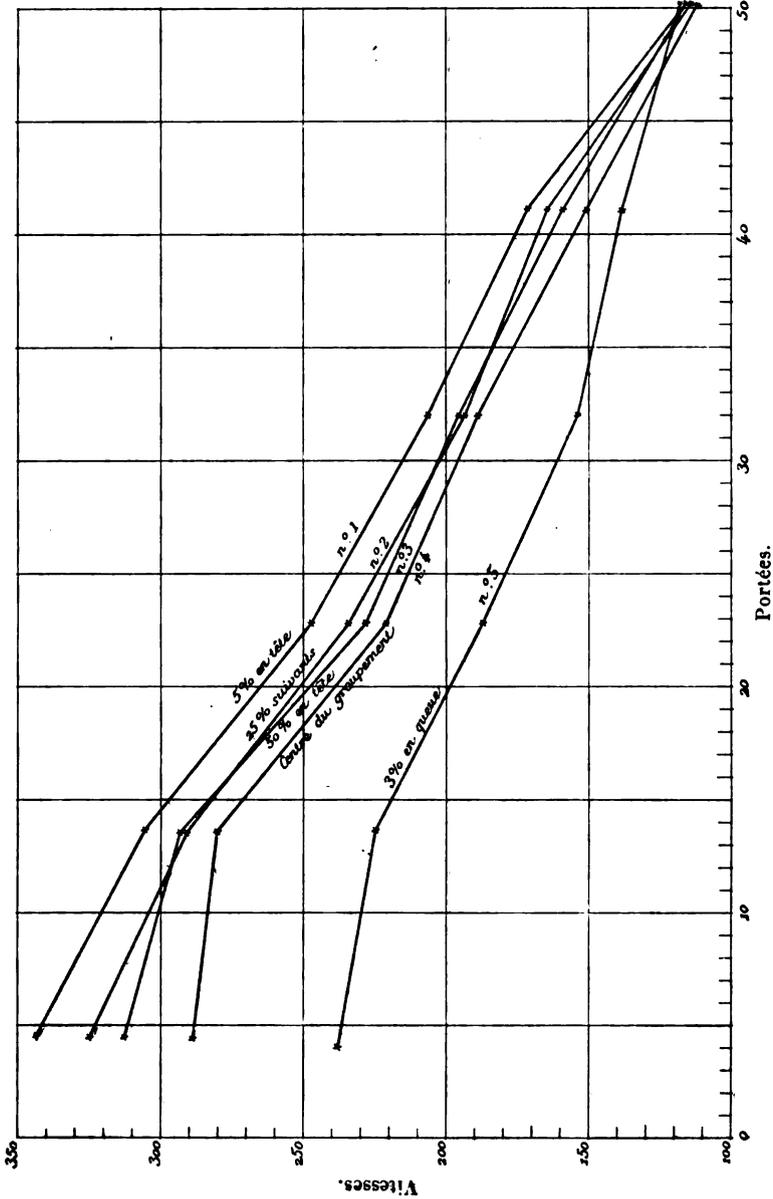


Fig. 47.
Expériences anglaises avec une cible tournante.
Canon cylindrique calibre 12, 25,73 de poudre Schultze. 325^r de plomb n° 6 (2^{mm}, 6), 304 grains de plomb.



M. Griffith a cherché à déduire des tirs qu'il a faits :
1° La vitesse moyenne des grains les plus rapides dont le

nombre a été pris égal à 5 pour 100 du total des grains. Les vitesses obtenues sont représentées par la ligne n° 1 des *fig.* 46 et 47;

2° La vitesse moyenne du groupe de grains formant 25 pour 100 du total et venant en arrière des premiers 5 pour 100, représentée par la ligne n° 2;

3° La vitesse moyenne de la moitié antérieure de la charge, représentée par la ligne n° 3;

4° La vitesse moyenne du centre du groupement, ligne n° 4;

5° La vitesse des grains formant 3 pour 100 du total et paraissant avoir le moins de vitesse, ligne n° 5.

Si les résultats que M. Griffith a déduits de ses expériences étaient exacts on tirerait les conclusions ci-après du simple examen des *fig.* 46 et 47 :

1° La résistance de l'air serait plus petite de 0^m à 10^m qu'elle ne l'est au delà.

2° Lorsque la vitesse varie de 300^m à 120^m les pertes de vitesses seraient sensiblement proportionnelles aux portées. Il en résulterait également que la résistance de l'air serait *proportionnelle à la vitesse*; or toutes les expériences bien faites sur ce sujet établissent au contraire que, dans ces limites de vitesse, la résistance de l'air croît plus vite que le carré de la vitesse.

3° A 4^m de la bouche, il y aurait des différences de vitesse, entre les grains d'une même charge, de plus de 100^m lorsqu'ils sont tirés dans un canon cylindrique, et de 80^m lorsqu'ils sont tirés dans un choke bored.

4° Ces différences iraient en *diminuant* avec la portée et se réduiraient à moins de 10^m, à la portée de 50^m.

Ces conclusions sont la preuve que les expériences de M. Griffith ont été mal faites. Nous n'avons discuté ces expériences que parce qu'elles ont été reproduites dans plusieurs ouvrages sur le tir des fusils de chasse et qu'on en a tiré des conclusions erronées sur l'allongement comparatif de la gerbe des canons choke bored et des canons cylindriques.

On peut constater à l'oreille que les plombs d'une même charge ont des durées de trajet et, par conséquent, des vitesses différentes, en se plaçant derrière un abri vertical contre lequel on tire du

plomb de chasse à une distance d'au moins 50^m. On distingue nettement l'arrivée successive des plombs, pendant une durée d'autant plus grande que la portée est elle-même plus grande.

A la portée extrême, sous l'angle de tir de 32°, les grains d'une même charge de plomb de 3^{mm}, 9 de diamètre tombent sur le sol pendant une durée d'environ une seconde. La durée de trajet étant en moyenne de huit secondes, il y a donc des différences d'environ $\frac{1}{8}$ entre la vitesse moyenne des grains qui arrivent les premiers et celle de ceux qui arrivent les derniers.

7. Vitesse finale des projectiles. — Lorsque des projectiles d'armes portatives sont tirés sous de grands angles de tir et lorsqu'ils sont près de leur maximum de portée, leur vitesse restante tangentielle, au moment où ils atteignent le sol, converge vers une limite minimum qui se trouve atteinte lorsque la résistance de l'air devient égale au poids du projectile. A partir de cet instant, l'action de la pesanteur n'accroît plus la vitesse de chute, qui devient très sensiblement uniforme.

Les projectiles de toutes les armes portatives ont, à très peu près, leur vitesse finale théorique, lorsqu'ils atteignent leur portée extrême ou encore lorsqu'ils retombent après avoir été tirés verticalement. Les projectiles sphériques lancés par les armes de chasse ont déjà à peu près leur vitesse finale théorique lorsqu'ils atteignent le point de chute qui leur correspond pour des angles de tir supérieurs à 10°.

Le Tableau ci-après donne les vitesses finales et les forces vives par centimètre carré des projectiles sphériques en plomb de densité égale à 11,0 (1).

Vitesses finales des projectiles sphériques en plomb.

Diamètres.....	3 ^{mm}	4 ^{mm}	5 ^{mm}	6 ^{mm}	7 ^{mm}	8 ^{mm}	9 ^{mm}	10 ^{mm}
Vitesses finales.....	29 ^m	32 ^m	36 ^m	39 ^m	43 ^m	45 ^m	48 ^m	51 ^m
Force vive en kg.m:cm ² .	0,087	0,15	0,24	0,35	0,47	0,62	0,78	0,96
Diamètres.....	11 ^{mm}	12 ^{mm}	13 ^{mm}	14 ^{mm}	15 ^{mm}	16 ^{mm}	17 ^{mm}	18 ^{mm}
Vitesses finales.....	53 ^m	56 ^m	58 ^m	60 ^m	62 ^m	64 ^m	66 ^m	68 ^m
Force vive en kg.m:cm ² .	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1

(1) Si l'on représente par Δ le poids du mètre cube d'air égal en moyenne à

Nous verrons plus loin, dans la partie consacrée à l'effet meurtrier des projectiles, qu'une balle sphérique en plomb de 17^{mm} de diamètre peut produire une plaie pénétrante dans les parties du corps d'un homme non protégées par des vêtements, lorsqu'elle a la vitesse de 66^m; elle est donc assez dangereuse même à sa portée extrême.

8. Calcul des vitesses initiales. — Lorsqu'on mesure, avec un chronographe, la durée du trajet t depuis la bouche jusqu'à la portée de 20^m, le quotient $\frac{20}{t}$ représente avec une exactitude suffisante, même lorsqu'il s'agit de plomb de chasse, la vitesse au milieu de l'intervalle, c'est-à-dire, dans le cas présent, la vitesse à 10^m de la bouche. Les chronographes ne peuvent fournir que les vitesses restantes à une certaine distance de la bouche. On déduit la vitesse initiale des vitesses restantes par des méthodes que nous allons indiquer.

On peut se servir des diagrammes des *fig.* 43 et 44 pour déduire la vitesse initiale V_0 de la vitesse restante à une distance quelconque, mais ces diagrammes ayant été établis à une assez petite échelle, l'approximation que l'on obtient ainsi pour V_0 est peu satisfaisante. Il est plus commode et plus exact d'avoir un

1^{re}, 208, par a le diamètre en centimètres du projectile, par V sa vitesse, la résistance R de l'air sera

$$R = \frac{\Delta}{g} a^2 f(V) V^2.$$

Égalant le poids p du projectile à la résistance de l'air, on a

$$p = \frac{\Delta}{g} a^2 f(V) V^2.$$

Les vitesses étant faibles, $f(V)$ est à peu près constant et égal à 0,1815. Si d'autre part on remarque que $p = \frac{11,0 \pi a^3}{6}$, on aura finalement

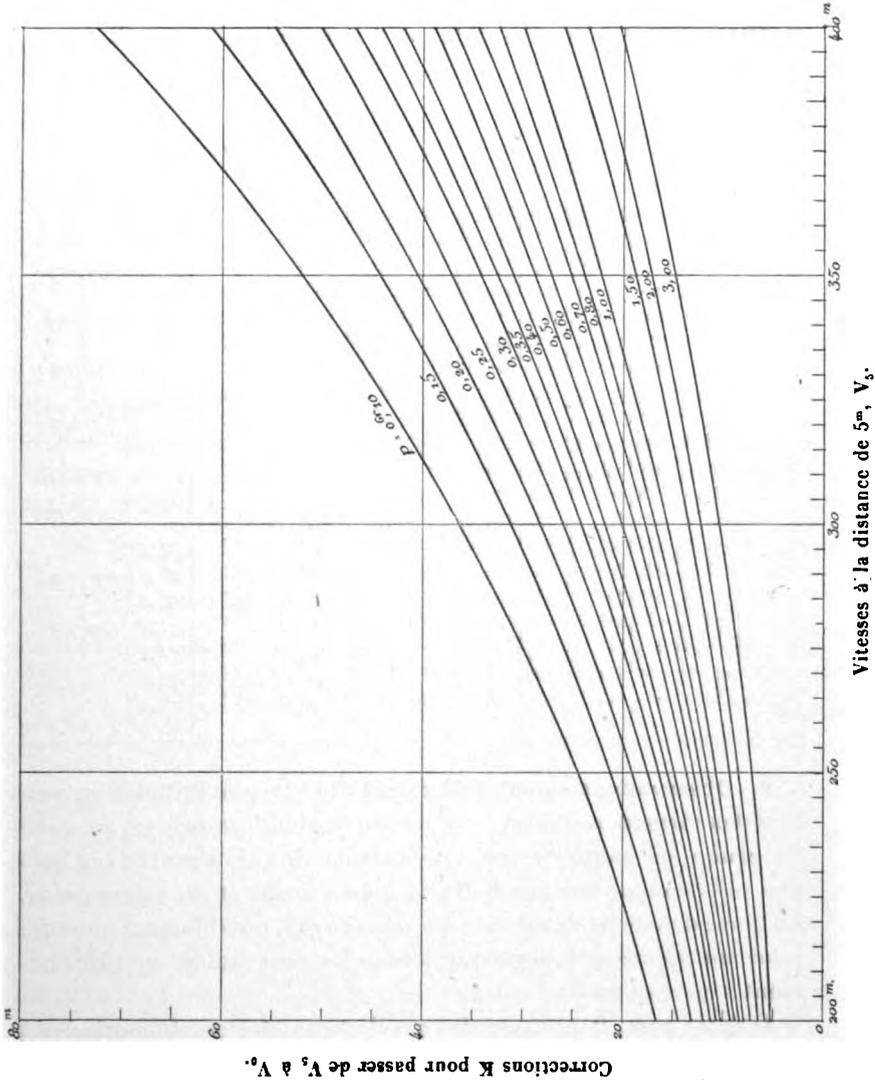
$$(26) \quad V^2 = \frac{11,0 \pi a^3 g}{6 a^2 f(V)} = 257,69 a.$$

Appelant S la surface d'un grand cercle de la sphère, la force vive par centimètre carré sera

$$(27) \quad \frac{p V^2}{2 g S} = 0^{k\text{e. m}}, 9632 a^2.$$

Tableau des corrections à faire pour passer des vitesses restantes, à une distance donnée, aux vitesses initiales correspondantes.

Fig. 48.
Corrections pour passer de V_1 à V_0 avec des plombs sphériques à la densité de 11,0 ($V_0 = V_1 + K$).



Le diagramme de la *fig.* 48 donne les quantités à ajouter à V_1 pour obtenir V_0 dans le cas du tir du plomb de chasse et des chevrotines de moyennes grosseurs.

Le Service des Poudres et Salpêtres mesure habituellement, dans les expériences qu'il fait avec les poudres de chasse, les vitesses V_{15} de plombs n° 6 dont le grain pèse 0^{gr},13. Le Tableau ci-après permet de passer des V_{15} obtenus avec ces plombs aux V_0 correspondants.

V_{15}	V_0												
200	252,0	220	282,4	240	314,9	260	350,5	280	390,5	300	433,2	320	481,3
201	253,5	221	284,0	241	316,7	261	352,5	281	392,6	301	435,5		
202	255,1	222	285,6	242	318,4	262	354,5	282	394,7	302	437,8	330	507
203	256,6	223	287,2	243	320,2	263	356,5	283	396,8	303	440,1		
204	258,2	224	288,8	244	324,9	264	358,5	284	398,9	304	442,4	340	537
205	259,7	225	290,4	245	323,7	265	360,5	285	401,0	305	444,8		
206	261,2	226	292,0	246	324,4	266	362,5	286	403,1	306	447,1	350	568
207	262,7	227	293,6	247	326,2	267	364,5	287	405,2	307	449,4		
208	264,1	228	295,2	248	328,9	268	366,5	288	407,3	308	451,7	360	600
209	265,6	229	296,8	249	330,7	269	368,5	289	409,4	309	454,0		
210	267,1	230	298,4	250	332,4	270	370,5	290	411,5	310	456,3	370	636
211	268,6	231	300,1	251	334,2	271	372,5	291	413,7	311	458,8		
212	270,2	232	301,7	252	336,0	272	374,5	292	415,8	312	461,3	380	676
213	271,7	233	303,4	253	337,8	273	376,5	293	418,0	313	463,8		
214	273,3	234	305,0	254	339,6	274	378,5	294	420,2	314	466,3	390	720
215	274,8	235	306,7	255	341,5	275	380,5	295	422,4	315	468,8		
216	276,3	236	308,3	256	343,3	276	382,5	296	424,5	316	471,3	400	772
217	277,8	237	310,0	257	345,1	277	384,5	297	426,7	317	473,8		
218	279,3	238	311,6	258	346,9	278	386,5	298	428,9	318	476,3		
219	280,9	239	313,3	259	348,7	279	388,5	299	431,0	319	478,8		

9. **Observations au sujet du calcul des vitesses initiales en partant des vitesses restantes.** — Lorsque le plomb se trouve, au sortir du canon, en paquet serré, la résistance de l'air s'exerce sur lui à peu près comme sur une balle de même forme et de même poids. La perte de vitesse des grains est, dans ce cas, notablement moindre pour un même parcours que lorsqu'ils sont isolés ou suffisamment séparés l'un de l'autre.

D'autre part, la poussée des gaz de la poudre paraît continuer à s'exercer sur le projectile jusqu'au moment où il se trouve à quelques décimètres de la bouche.

Il résulte de ces deux causes que les lois de la résistance de l'air sur les plombs isolés ou séparés ne sont pas applicables aux deux ou trois premiers mètres du parcours dans l'air. Malgré cela nous

avons calculé les corrections pour passer des vitesses restantes à la vitesse initiale en supposant que la loi de la résistance de l'air sur les plombs séparés s'applique à partir de la bouche. Il en résulte que les vitesses initiales calculées ainsi doivent être *un peu trop fortes*.

Lorsqu'on mesure au chronographe la vitesse d'une même espèce de cartouches tirées successivement dans un canon choke et dans un canon cylindrique, le canon choke fait enregistrer une vitesse V_3 qui est 10^m environ plus grande que la vitesse du canon cylindrique. Nous verrons plus loin quelle est la cause de cette différence.

II. — VALEUR DES VITESSES INITIALES.

1. **Vitesse réglementaire avec les poudres françaises.** — Les poudres fabriquées dans les poudreries de l'État doivent réaliser certaines conditions de vitesse et de pression pour pouvoir être livrées au commerce.

Vitesses (V_{15}) réglementaires pour les poudres de chasse.

DÉSIGNATION des poudres.	CALIBRE du fusil.	PLOMB.	CHARGE de poudre.	V_{15} .	TOLERANCE sur V_{15} .	V_0 APPROCHÉ déduit de V_{15} .	VITESSE au pendule balistique à 1 ^m ,80 de la bouche.		
Noires	n° 0.	16	30 ^{gr}	4,50	255 ^m	10 ^m	342 ^m	352 ^m	
		1.	»	»	260	»	351	360	
		2.	»	»	265	»	361	370	
		3.	»	»	270	»	371	380	
	n° 1.	»	»	»	270	»	371	380	
		2.	»	»	275	»	381	395	
		3.	»	»	280	»	391	410	
		4.	»	»	285	»	401	425	
	Pyroxylicées.	J ₀	»	»	2,80	220 à 230	»	282 à 298	
		J ₁	»	»	2,80	240 à 250	»	315 à 332	
J ₂		»	»	2,60	245 à 255	»	324 à 342		
S ₁		12	36	3,40	270	»	371		
S ₂		16	30	2,20	250	»	332		
M.....		»	»	2,10	255 à 265	»	342 à 361		
R.....		»	»	2,10	245 à 255	»	324 à 342		
T.....		»	»	1,90	255 à 265	»	342 à 361		

Le tir d'épreuve est fait dans un fusil calibre 16, avec 30^{es} de plomb n° 6 (1 grain pèse 0^{es},127), sauf pour la poudre S₁ dont le tir se fait dans le calibre 12 avec 36^{es} de plomb n° 6.

On mesure V₁₃ au moyen du chronographe Le Boulangé; on mesure quelquefois aussi la vitesse à 1^m,80 de la bouche au moyen du pendule balistique.

2. Vitesses pratiques avec les poudres noires. — Les résultats des mesures de vitesses que nous avons faites en tirant les poudres noires de chasse dans des fusils calibre 6, 12, 16 et 32 ayant une longueur voisine de 75^{cm} peuvent être représentés par les formules ci-après dans lesquelles :

V₀ est la vitesse initiale;

M est un coefficient dépendant de l'espèce de poudre et du calibre;

ϖ est le poids de la poudre en grammes;

p est le poids du plomb en grammes.

Pour les poudres ordinaires :

$$(28) \quad V_0 = \frac{M \varpi^{0,55}}{p^{0,4}};$$

pour les poudres fortes :

$$(29) \quad V_0 = \frac{M \varpi^{0,64}}{p^{0,4}}.$$

La valeur de log M résultant des expériences que nous avons faites est donnée ci-après :

CALIBRES NOMINAUX.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
» EN MILLIMÈTRES.....	26,8	23,4	21,2	19,5	18,4	17,1	15,9	15,0	14,0	13,0
<i>Valeur de log M.</i>										
Poudre ordinaire. {	n° 0.....	2,70	2,71	2,715	2,72	2,73	2,745	2,75	2,75	2,76
	1.....	2,71	2,725	2,73	2,735	2,745	2,76	2,765	2,77	2,77
	2.....	2,72	2,735	2,74	2,75	2,755	2,77	2,78	2,79	2,79
	3.....	2,73	2,74	2,745	2,755	2,77	2,784	2,795	2,80	2,81
Poudre forte..... {	n° 1.....	2,62	2,64	2,66	2,68	2,70	2,71	2,72	2,74	2,76
	2.....	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,73	2,74	2,76	2,78
	3.....	2,66	2,68	2,70	2,72	2,74	2,75	2,76	2,78	2,80
	4.....	2,68	2,70	2,72	2,74	2,76	2,77	2,78	2,80	2,82

La vitesse la plus convenable pour tirer le plomb de chasse est $V_0 = 360^m$, ainsi qu'il sera démontré au Chapitre VII.

Le Tableau ci-après donne les charges de poudre noire qui communiquent cette vitesse aux charges normales de plomb dans les fusils des divers calibres dont les canons ont environ $0^m,75$ de long.

CALIBRES NOMINAUX.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32	
» EN MILLIMÈTRES.....	26,8	23,4	21,2	19,5	18,4	17,1	15,9	15,0	14,0	13,0	
POIDS DU PLOMB..	114,3 ^{gr}	76,2 ^{gr}	56,6 ^{gr}	44,1 ^{gr}	37,0 ^{gr}	29,7 ^{gr}	23,9 ^{gr}	20,05 ^{gr}	17,35 ^{gr}	13,05 ^{gr}	
Poudre ordinaire.	n° 0.....	17,1 ^{gr}	12,3 ^{gr}	9,55 ^{gr}	7,70 ^{gr}	6,54 ^{gr}	5,35 ^{gr}	4,47 ^{gr}	3,87 ^{gr}	3,43 ^{gr}	2,95 ^{gr}
	1.....	16,3 ^{gr}	11,8 ^{gr}	9,10 ^{gr}	7,30 ^{gr}	6,21 ^{gr}	5,08 ^{gr}	4,25 ^{gr}	3,64 ^{gr}	3,20 ^{gr}	2,73 ^{gr}
	2.....	15,8 ^{gr}	11,2 ^{gr}	8,70 ^{gr}	6,95 ^{gr}	5,88 ^{gr}	4,80 ^{gr}	4,00 ^{gr}	3,40 ^{gr}	2,97 ^{gr}	2,52 ^{gr}
	3.....	15,1 ^{gr}	10,7 ^{gr}	8,27 ^{gr}	6,60 ^{gr}	5,55 ^{gr}	4,52 ^{gr}	3,73 ^{gr}	3,16 ^{gr}	2,74 ^{gr}	2,30 ^{gr}
Poudre forte.....	n° 1.....	15,3 ^{gr}	11,1 ^{gr}	8,57 ^{gr}	6,83 ^{gr}	5,71 ^{gr}	4,78 ^{gr}	4,04 ^{gr}	3,36 ^{gr}	2,86 ^{gr}	2,31 ^{gr}
	2.....	14,3 ^{gr}	10,4 ^{gr}	7,98 ^{gr}	6,36 ^{gr}	5,31 ^{gr}	4,45 ^{gr}	3,76 ^{gr}	3,13 ^{gr}	2,66 ^{gr}	2,15 ^{gr}
	3.....	13,3^{gr}	9,65^{gr}	7,42 ^{gr}	5,92^{gr}	4,94^{gr}	4,14^{gr}	3,50^{gr}	2,91^{gr}	2,48^{gr}	2,00^{gr}
	4.....	12,4^{gr}	8,98^{gr}	6,90^{gr}	5,50^{gr}	4,60^{gr}	3,86^{gr}	3,26^{gr}	2,71^{gr}	2,30^{gr}	1,86^{gr}

Observations. — Les charges qui donnent une pression égale ou supérieure aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve du fusil sont indiquées en chiffres gras.

Si l'on désigne par ΔV la variation de la vitesse initiale V produite par une variation $\Delta \varpi$ du poids ϖ de la poudre ou par une variation Δp du poids p du plomb, on a

$$(30) \quad \frac{\Delta V}{V} = 0,55 \frac{\Delta \varpi}{\varpi} \quad \text{pour les poudres ordinaires}$$

$$(31) \quad \frac{\Delta V}{V} = 0,64 \frac{\Delta \varpi}{\varpi} \quad \text{» » fortes}$$

$$(32) \quad \frac{\Delta V}{V} = -0,40 \frac{\Delta p}{p} \quad \text{» » ordinaires et les poudres fortes.}$$

Les formules (30), (31) et (32) ne sont applicables que pour des variations de ϖ ou de p qui en soient au plus le $\frac{1}{3}$.

Pour tous les calibres, une variation de $\frac{1}{10}$ dans le poids de la poudre nécessaire pour obtenir la vitesse initiale de 360^m fait

varier la vitesse de :

19^m,8 avec les poudres ordinaires,
23^m,0 » fortes.

La variation de la vitesse est additive lorsque la variation de Δp est additive et négative dans le cas contraire.

Variation de la vitesse produite par une variation de 0^{gr},1 dans le poids normal de poudre noire.

CALIBRES	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
Poudre ordinaire.	n° 0... ^m 1,16	^m 1,57	^m 1,85	^m 2,60	^m 3,04	^m 3,66	^m 4,50	^m 5,07	^m 5,82	^m 7,33
	1... 1,24	1,68	1,98	2,79	3,24	3,96	4,83	5,50	6,38	7,91
	2... 1,28	1,77	2,06	2,91	3,41	4,12	5,07	5,82	6,82	8,60
	3... 1,32	1,96	2,13	3,04	3,60	4,40	5,35	6,38	7,33	9,42
	n° 1... 1,62	2,15	2,50	3,49	4,05	4,90	5,91	6,98	8,23	11,0
Poudre forte.....	2... 1,70	2,26	2,65	3,57	4,27	5,12	6,23	7,44	8,53	11,5
	3... 1,83	2,42	2,85	3,91	4,60	5,50	6,59	7,68	9,22	12,1
	4... 1,95	2,56	3,04	4,20	4,90	5,91	7,20	8,23	9,60	12,7

Les variations positives ou négatives de vitesse produites par une variation négative ou positive dans le poids du plomb sont *approximativement* données pour toutes les espèces de poudres noires par le Tableau ci-après :

Calibre.....	4	6	8	10	12
ΔV pour $\Delta p = 1^{\text{gr}}$.	1 ^m ,26	1 ^m ,82	2 ^m ,16	3 ^m ,32	3 ^m ,90
Calibre.....	16	20	24	28	32
ΔV pour $\Delta p = 1^{\text{gr}}$.	4 ^m ,80	6 ^m ,02	7 ^m ,19	8 ^m ,45	11 ^m ,30

Les divers renseignements donnés ci-dessus permettent de trouver facilement la vitesse initiale d'un poids quelconque de poudre noire de chasse avec un poids quelconque de plomb, dans les limites où ces poids varient dans la pratique du tir de chasse.

Observations. — On pourra remarquer que, pour obtenir dans un fusil la vitesse de 360^m, on peut dans la pratique substituer un poids de poudre ordinaire à un poids égal de poudre forte d'un numéro moindre d'une unité que celui de la poudre ordinaire. Ainsi un poids de poudre forte n° 1 produit à peu près le même

effet que le même poids de poudre ordinaire n° 2 et un poids de poudre forte n° 2 équivalent au même poids de poudre ordinaire n° 3.

La poudre ordinaire n° 0 communique à peu près les mêmes vitesses au plomb de chasse que la poudre de guerre F₃ qui servait pour le chargement des cartouches de fusil modèle 1874.

La poudre spéciale ou extrafine convient fort peu pour le tir dans les fusils de chasse. Elle donne lieu, dans les conditions normales du tir de chasse, à des pressions dangereuses. Elle coûte plus cher que les autres poudres noires et elle n'a aucun avantage particulier qui puisse compenser ces inconvénients.

3. Vitesses des balles sphériques. — Les balles sphériques en plomb, justes de calibre, qui sont tirées dans les fusils lisses, ont, avec une même charge de poudre noire, à peu près la même vitesse initiale que la charge normale de plomb pesant le même poids.

Lorsque les balles du calibre 16 ont un forçage par un excès de calibre d'environ 0^{mm},1, elles ont, pour une même charge de poudre noire, une vitesse initiale qui est en moyenne 10^m plus forte que la charge de plomb du même poids.

4. Vitesses avec les poudres pyroxylées. — M. Liouville, Ingénieur des Poudres et Salpêtres, a publié dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres* (t. X) le résultat des expériences qu'il a faites pour déterminer les vitesses V_{15} que l'on obtient dans des fusils calibres 12, 16 et 20 avec des charges modérées des poudres pyroxylées J₁, J₂, S₂, M et R, et il a établi des formules pour relier les résultats obtenus dans chaque calibre avec chacune de ces espèces de poudres.

Nous nous sommes servis de ces formules pour en déduire les vitesses initiales V_0 qui correspondent à toutes les charges de poudre et de plomb que l'on peut raisonnablement songer à employer dans les fusils de chasse des calibres 12, 16 et 20. Ces vitesses initiales sont données par les *fig.* 49 à 66.

Il résulte d'expériences ultérieures faites en 1901 par M. Liouville que les formules qu'il a établies pour des charges de poudre modérées sont encore applicables pour des charges relativement fortes et de l'ordre de celles qui correspondent aux épreuves des fusils de chasse, lorsqu'il s'agit des poudres J₁, J₂ et M, et qu'au

contraire ces formules ne sont plus applicables pour de fortes charges de poudres S₁, S₂, R et T.

Fig. 49.

Vitesses initiales. — Poudre J₁, calibre 12.

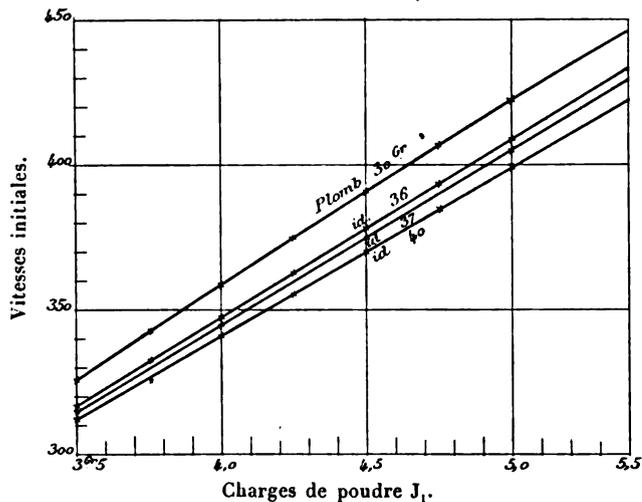


Fig. 50.

Vitesses initiales. — Poudre J₁, calibre 16.

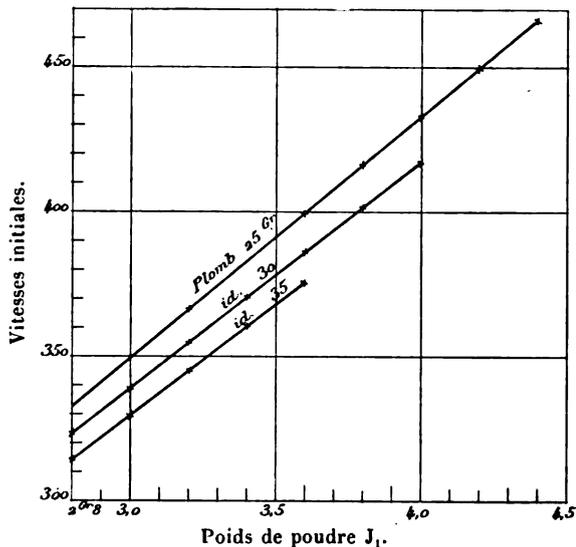


Fig. 51.

Vitesses initiales.
Poudre J₁, calibre 20.

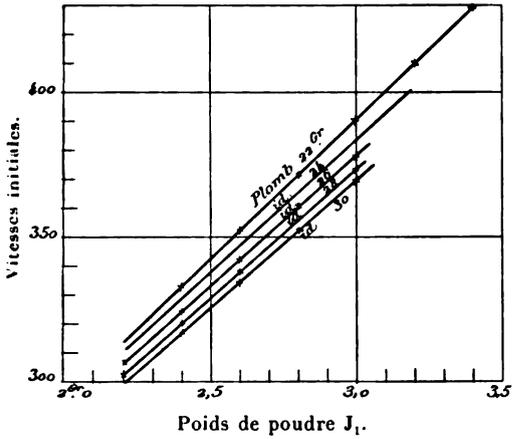


Fig. 52.

Vitesses initiales.
Poudre J₂, calibre 12.

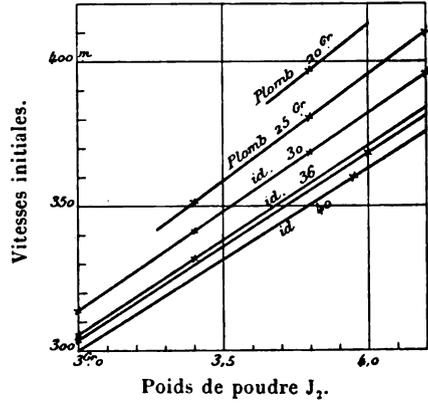


Fig. 53.

Vitesses initiales.
Poudre J₂, calibre 16.

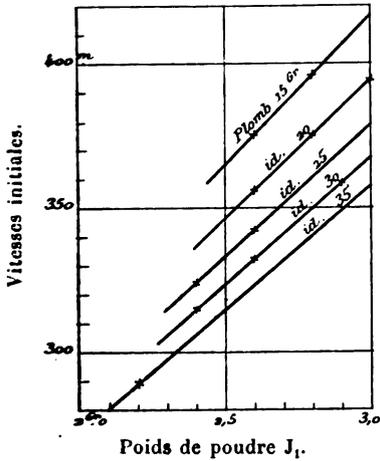


Fig. 54.

Vitesses initiales.
Poudre J₂, calibre 20.

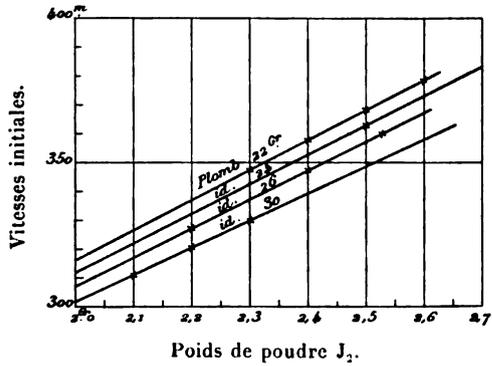


Fig. 55.

Vitesses initiales.
Poudre S₂, calibre 12.

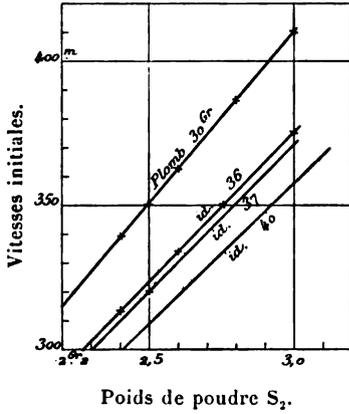


Fig. 56.

Vitesses initiales.
Poudre S₂, calibre 16.

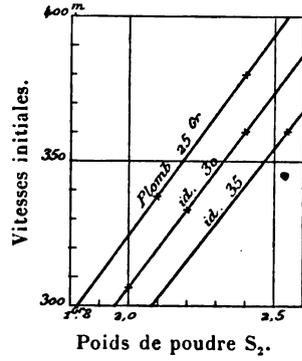


Fig. 57.

Vitesses initiales.
Poudre S₂, calibre 20.

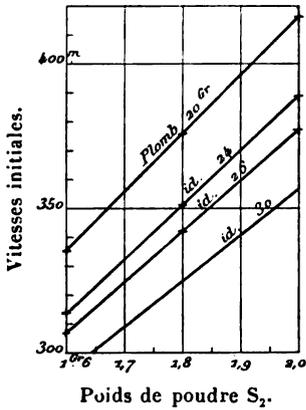


Fig. 58.

Vitesses initiales.
Poudre M, calibre 12.

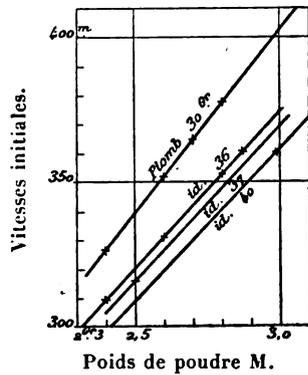


Fig. 59.

Vitesses initiales.
Poudre M, calibre 16.

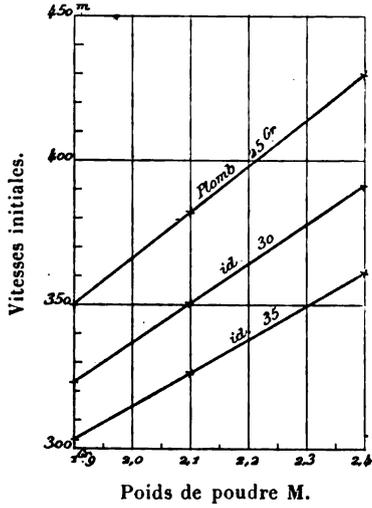


Fig. 60.

Vitesses initiales.
Poudre M, calibre 20.

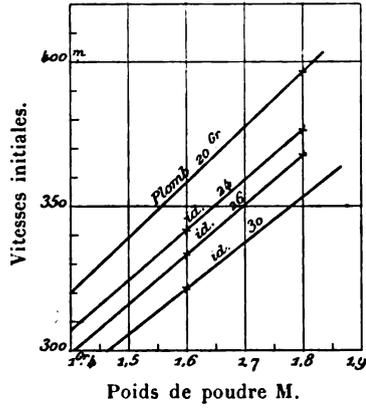


Fig. 61.

Vitesses initiales.
Poudre R, calibre 12.

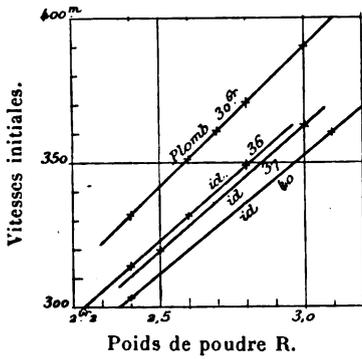


Fig. 62.

Vitesses initiales.
Poudre R, calibre 16.

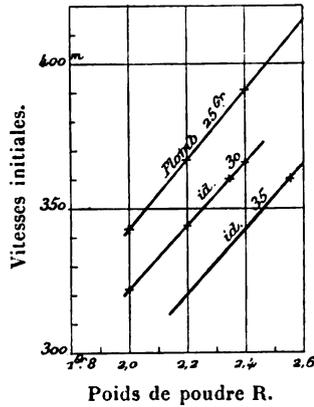


Fig. 63.

Vitesses initiales.
Poudre R, calibre 20.

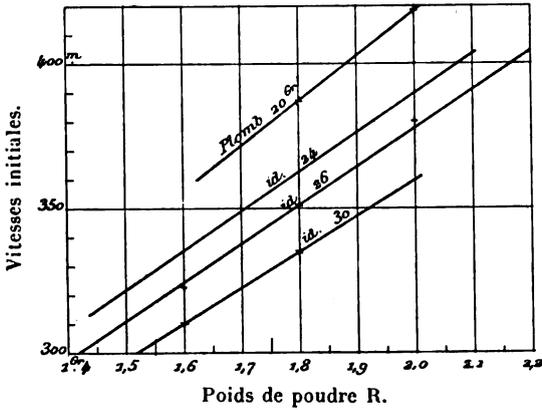


Fig. 64.

Vitesses initiales.
Poudre T, calibre 12.

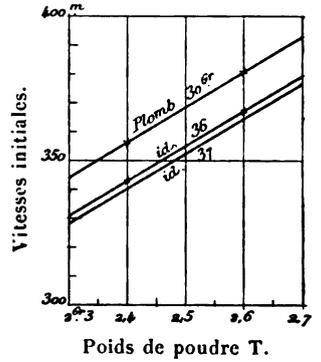


Fig. 65.

Vitesses initiales.
Poudre T, calibre 16.

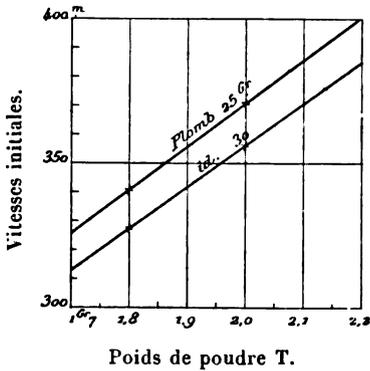
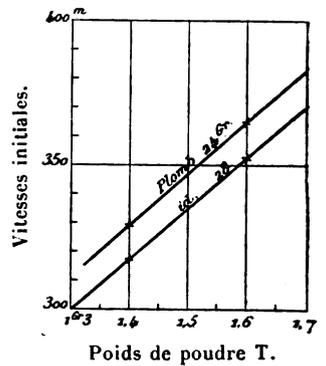


Fig. 66.

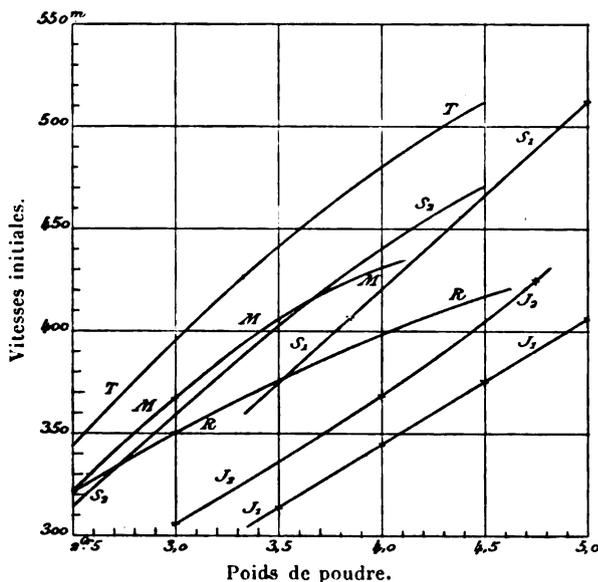
Vitesses initiales.
Poudre T, calibre 20.



La *fig. 67* donne la compensation graphique des tirs à moyennes et fortes charges exécutés dans le calibre 12 avec des poudres pyroxyliées.

Fig. 67.

Vitesses initiales dans le calibre 12 avec 37^{gr} de plomb et des charges variées des diverses poudres pyroxyliées.



Poids de poudre pyroxyliée donnant la vitesse initiale de 360^m avec le poids normal du plomb.

CALIBRES	12	16	20	
POIDS NORMAL DU PLOMB.....	37 ^{gr}	30 ^{gr}	24 ^{gr}	
	POIDS DE POUFRE.			
Poudre pyroxyliée	J ₁	4,20	3,28	2,70
	J ₂	3,87	2,92	2,48
	S ₁	3,35	2,67	1,99
	S ₂	2,95	2,45	1,85
	M.....	2,90	2,17	1,71
	R.....	3,15	2,36	1,78
	T.....	2,60	2,02	1,57

Les charges de poudre qui donnent une pression supérieure aux $\frac{3}{4}$ de la pression des épreuves sont marquées en chiffres gras.

5. Charges de poudre donnant les $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve. — Le Tableau ci-après indique les charges donnant, avec le poids normal de plomb, une pression égale aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve des fusils terminés et la vitesse initiale correspondante. Ce Tableau indique donc le maximum de vitesse réalisable sans danger avec les fusils de chasse dans lesquels on tire le poids normal de plomb.

CALIBRES		12		16		20	
POIDS NORMAL DU PLOMB		37 ^{gr}		30 ^{gr}		24 ^{gr}	
PRESSION ÉGALE AUX $\frac{3}{4}$ DE LA PRESSION D'ÉPREUVE		570 ^{kg}		540 ^{kg}		520 ^{kg}	
		CHARGE de poudre.	V ₀ .	CHARGE de poudre.	V ₀ .	CHARGE de poudre.	V ₀ .
Poudre pyroxylée	J ₁	6,0 ^{gr}	460 ^m	3,95 ^{gr}	413 ^m	2,94 ^{gr}	378 ^m
	J ₂	4,90	444	3,05	371	1,77	280
	S ₁	3,95	415	»	»	»	»
	S ₂	3,75	423	2,70	403	1,77	348
	M	4,15	438	2,33	390	1,70	359
	R	3,37	365	2,67	397	1,54	328
Poudre noire ordinaire	T	4,10	487	2,32	402	1,61	367
	n° 0	9,91	447	8,00	450	6,85	455
	1	7,05	383	5,77	387	4,87	390
	2	6,06	362	4,97	368	4,19	372
Poudre forte	3	5,51	355	4,51	358	3,82	366
	n° 1	6,80	404	5,58	385	4,72	397
	2	5,50	368	4,50	352	3,80	362
	3	4,12	321	3,37	324	2,85	315
	4	3,50	302	2,87	300	2,42	298

Les résultats ci-dessus, relatifs aux poudres pyroxyées, sont déduits des formules de M. Liouville.

Les pressions que fournissent les charges de poudre pyroxylée du Tableau ci-dessus n'ont été vérifiées expérimentalement que pour le calibre 12. Les charges relatives aux poudres S₂, R et T dans les calibres 16 et 20 sont peu certaines.

6. Charges de poudres anglaises donnant la vitesse normale. — Le Tableau ci-après donne les charges de diverses poudres anglaises et allemandes avec lesquelles on obtient la vitesse considérée comme normale en Angleterre. Cette vitesse, qui est mesurée sur une distance de 40 yards (36^m,6), est $V_{18,3} = 260^m$ lorsqu'on tire du plomb n° 6 anglais dont le grain pèse 0^{gr},105. La vitesse initiale correspondante est d'environ 360^m à 370^m.

CALIBRES	12	16	20	ÉTUIS.
POIDS DU PLOMB.....	31 ^{gr} ,9	28 ^{gr} ,35	24 ^{gr} ,8	
POIDS DE LA POUDRE.				
	gr	gr	gr	
Poudre noire de Curtis et Harvey n° 4 (moyenne grosseur).....	5,2	5,0	5,05	Eley ordinaire.
Poudre noire de Curtis et Harvey n° 2 (fins grains)	4,53	4,53	4,27	"
Poudre pyroxylée Schultze.....	2,79	2,46	2,72	"
" " EC.....	2,98	2,59	2,79	"
" " EC.....	3,11	"	"	Joyce.
" " SS.....	2,66	2,46	2,59	Eley.
" " SS.....	2,72	"	"	Joyce.
" " Ambérite.....	2,59	2,40	2,27	Eley.
" " ".....	2,85	"	"	Joyce.
" " Cooppal.....	2,92	2,59	2,87	
" " Walsrode.....	1,82	1,55	1,43	Eley, spéciaux n° 1.
" " ".....	2,14	"	"	Eley, spéciaux n° 2.
" " ".....	2,07	"	"	Joyce.
" " ".....	2,33	2,20	2,14	Bachmann.
" " Von Förster.....	2,14	1,95	5,27	

III. — CAUSES DIVERSES DE VARIATION DES VITESSES INITIALES.

A. — VARIATIONS DUES A LA POUDRE.

1. Variations des vitesses d'un lot de poudre à l'autre. — Les poudres de chasse sont fabriquées en France dans les poudreries de l'État, par lots importants, offrant une composition et des propriétés identiques pour tous les échantillons du même lot.

Ces propriétés peuvent quelque peu varier d'un lot à l'autre.

Nous avons donné (page 125) la valeur réglementaire des vitesses, et nous avons indiqué en même temps les tolérances de vitesses qui sont admises lors des réceptions des poudres. En raison de ces tolérances, il peut y avoir une différence extrême de 20^m entre la vitesse initiale des poudres de chasse de même nature et de même numéro, mais de provenance ou de date différente.

Nous avons obtenu les résultats ci-après en tirant le même jour, dans le même fusil, des charges de poudres provenant des poudreries de Sevrans-Livry et de Saint-Ponce. Les autres éléments des cartouches étaient identiques.

Fusil calibre 16 cylindrique.

POUDRE.		POUDRE.	PLOMB n° 1.	NOMBRE de coups.	V ₀ .	PRESSIONS.
Type.	Provenance.					
Forte n° 1	Sevrans-Livry	4,50 ^{gr}	30 ^{gr}	5	377 ^m	405 ^{kg}
	Saint-Ponce	»	»	»	358	380
		Différence.....			19	25
Forte n° 2	Sevrans-Livry	4,50	30	5	389	510
	Saint-Ponce	»	»	»	376	405
		Différence.....			13	105
Forte n° 3	Sevrans-Livry	4,50	30	5	408	560
	Saint-Ponce	»	»	»	395	500
		Différence.....			13	60
Forte n° 4	Sevrans-Livry	4,50	30	5	424	695
	Saint-Ponce	»	»	»	409	630
		Différence.....			15	65

2. Régularité des vitesses des cartouches chargées avec un même poids d'une même poudre. — Les poudres noires et les poudres pyroxyliées J₁ et J₂, M et T donnent des vitesses très régulières. Les poudres S₁, S₂ et R donnent au contraire des vitesses peu régulières.

L'écart probable des vitesses V_3 mesurées au moyen d'un chronographe Le Boulengé a été en général de 2^m à 3^m dans les expériences que nous avons faites en tirant des cartouches à plombs et à poudre noire.

L'écart probable des vitesses V_{15} de vingt séries de cartouches à plombs et à poudre noire, mesurées au chronographe Le Boulengé à Sevran-Livry sur un parcours de 30^m, a été de 2^m,1.

On voit donc que la régularité des vitesses est assez peu différente suivant qu'on la mesure sur un parcours de 10^m ou de 30^m; sur le parcours le plus faible, les erreurs du chronographe prennent plus d'importance; sur le parcours le plus long, les différences de perte de vitesse causées par les différences de poids et de forme des grains prennent au contraire une influence prépondérante.

3. Influence de la température. — Des cartouches, placées dans une boîte ou une cartouchière exposée au soleil en été, peuvent atteindre une température de 50° en France et de 65° dans les pays chauds.

En hiver, ces cartouches peuvent se trouver à une température inférieure à 0°.

De l'hiver à l'été ou d'un pays à l'autre on peut donc avoir à tirer des cartouches ayant des températures différant de plus de 60°.

Poudre noire. — Il n'a pas été fait d'expériences spéciales avec des cartouches de chasse chargées en poudre noire dans le but spécial de déterminer l'influence de la température des cartouches sur la vitesse initiale. Il semble toutefois résulter de la comparaison de nombreuses expériences faites à des températures extérieures différentes, que cette influence est du même ordre de grandeur que celle qui a été observée avec les cartouches des fusils modèle 1874. La variation de vitesse de ces cartouches est de 4^m,7 pour une variation de 10° dans la température et pour une vitesse moyenne de 425^m. On peut donc admettre que la variation de vitesse est d'environ 4^m pour 10° avec des cartouches de chasse à charge normale de poudre noire.

Poudres pyroxylées. — La variation de vitesse de la poudre pyroxylée ancien type, qui était en vente en France jusqu'en 1892,

était de 10^m pour une variation de 10° dans la température. La variation de vitesse des poudres pyroxyliées anglaises Schultze et Sporting a été trouvée par nous, en 1890, de 7^m pour une variation de 10°.

L'action de la température sur la vitesse des cartouches est assez complexe; outre l'influence directe sur la poudre, les variations de température influent sur la dureté des bourres grasses. Les bourres fortement graissées, ou entièrement en graisse, sont plus facilement compressibles lorsqu'elles sont ramollies par la chaleur. Dans ce cas elles offrent moins de résistance au mouvement initial et elles transmettent la poussée des gaz au plomb avec plus de brusquerie. Cette variabilité d'action de la bourre a une influence marquée sur la vitesse.

4. Influence de l'humidité. — Les poudres de chasse contiennent normalement 1 à 3 pour 100 d'humidité au moment de leur mise en boîtes.

Un accroissement de 1 pour 100 dans l'humidité fait diminuer de $\frac{1}{20}$ la vitesse des poudres noires et de $\frac{1}{30}$ environ la vitesse des poudres pyroxyliées ancien type et des poudres J.

Les poudres noires et les poudres pyroxyliées conservées dans des récipients mal clos peuvent absorber, au bout de quelques semaines, dans un climat moyen, jusqu'à 4 ou 5 pour 100 d'humidité. A ce taux d'humidité les poudres noires donnent quelques ratés, les poudres pyroxyliées en donnent plus encore.

La poudre mise en cartouche absorbe l'humidité de l'air avec plus de facilité qu'on ne se l'imagine généralement. Cette absorption est d'autant plus rapide que les variations de température auxquelles sont soumises les cartouches sont plus étendues et plus nombreuses. Les cartouches à balles et à étui de laiton laissent elles-mêmes absorber de l'humidité à la poudre. Les cartouches de chasse à corps de carton absorbent l'humidité encore bien plus rapidement que les cartouches à étui de laiton et à balle sortie dans le collet de l'étui. On fera donc bien de ne pas charger des cartouches de chasse pour une période de plus de quelques mois et de les conserver dans un local sec dont la température varie le moins possible.

5. **Tassage de la poudre.** — Le tassage de la poudre noire par des trépidations imprimées à la cartouche est sans inconvénient. Il augmente la vitesse et la pression.

Les poudres pyroxylées de chasse ne doivent être ni tassées ni comprimées. On a vu, page 71, qu'il y a même avantage à adopter pour la poudre T et pour toutes les poudres vives un mode de chargement dans lequel il existe un vide entre la poudre et la bourre.

Lorsqu'on exerce une compression assez forte sur certaines poudres formées de lamelles minces, légères et sans élasticité, telles que la poudre allemande Forster, il en résulte une inflammation défectueuse qui a pour effet de diminuer beaucoup la vitesse.

B. — VARIATION DE VITESSE DUE A L'ÉTUI.

1. **Étuis en carton.** — Les étuis donnent d'autant plus de vitesse qu'ils sont moins extensibles. Les étuis en carton avec garniture métallique intérieure ou extérieure donnent, en raison de leur moindre extensibilité, plus de vitesse que les étuis communs et bon marché à culot métallique de faible hauteur et dont le corps est entièrement en carton.

2. **Étuis métalliques.** — Nous avons tiré comparativement dans le même canon des étuis entièrement en laiton et des étuis en carton. Le plomb était maintenu dans les étuis métalliques par une bourre en liège forçant dans l'étui; les cartouches en carton étaient bien serties. Voici les résultats obtenus :

CALIBRE 16. — 4^{es} de poudre forte n° 2, 30^{es} de plomb n° 2.

	Vitesse initiale.
Étuis à corps de carton.....	357 ^m
» en laiton.....	345 ^m
Perte de vitesse avec l'étui en laiton.	12 ^m

Des expériences de même nature relatées par le *Field*, du 17 octobre 1891 ont donné les résultats ci-après en tirant des cartouches en carton et d'autres entièrement en laiton dans un fusil calibre 12.

ÉTUIS.	POUDRE.		PLOMB N° 6.	V ₀ .
	Nature.	Poids.		
Carton.	noire, Curtis et Harvey n° 4 (moyenne grosseur).	5,32 ^{gr}	32 ^{gr}	357 ^m
Laiton.		»	»	300
	Perte de vitesse avec l'étui en laiton.....			57
Carton.	Schultze.	2,72	32	358
Laiton.		»	»	319
	Perte de vitesse avec l'étui en laiton.....			39

3. Influence du sertissage. — Le sertissage augmente la résistance au mouvement initial du plomb; il a pour effet d'augmenter la vitesse de combustion de la poudre et finalement d'accroître la vitesse. Plus la vitesse de combustion de la poudre est augmentée par la pression, plus l'influence du sertissage sur la vitesse du projectile est grande. L'influence du sertissage est faible sur la vitesse fournie par les poudres lentes et en particulier par les poudres noires à gros grains; elle est très sensible avec les poudres pyroxyliées.

Les cartouches de chasse chargées normalement en poudre noire de vivacité moyenne et qui sont bien serties ont une vitesse d'une dizaine de mètres supérieure à celle des cartouches non serties.

4. Influence de la rupture des étuis. — Quand un étui en carton se fend longitudinalement, une partie des gaz de la poudre peut, en suivant la fissure, se porter en avant de la bourre, dans les plombs; dans ce cas on constate que la vitesse est beaucoup moindre qu'avec un étui non rompu. La perte de vitesse due à la rupture longitudinale du corps de carton d'étuis sans renforts métalliques intérieurs est, en moyenne, de 50^m; elle atteint parfois 100^m pour une vitesse normale de 350^m. Avec des étuis à renforts métalliques intérieurs la perte de vitesse est seulement d'une trentaine de mètres. En général, la perte de vitesse consécutive à la rupture longitudinale du corps de l'étui est moindre avec des bourres bien plastiques et épaisses qu'avec des bourres minces et peu plastiques.

Les ruptures longitudinales du corps de l'étui sont d'autant plus fréquentes pour une même qualité d'étuis que la différence de diamètre entre la chambre et l'étui est plus grande. Les étuis en carton de bonne qualité, qui sont tirés dans des chambres de dimensions à peu près normales, ne donnent presque jamais de ruptures longitudinales.

La rupture du culot en laiton d'un étui à corps de carton entraîne en général une perte de vitesse de 20^m à 30^m. Cette perte varie avec l'importance de la rupture et celle de la fuite de gaz, avec le jeu existant entre l'arrière du canon et le devant de la culasse et avec le jeu des percuteurs dans leur trou.

Les ruptures au culot ne se produisent qu'avec des étuis de mauvaise qualité, lorsqu'on tire des charges normales dans des fusils bien ajustés à la culasse et dans des chambres de grandeur normale. Les ruptures au culot sont beaucoup facilitées lorsqu'il existe un jeu notable entre l'arrière du canon et la culasse.

5. Cartouches sectionnées. — Lorsqu'on tire des étuis de qualité médiocre dans une chambre graissée ou mouillée, il arrive parfois que le corps de carton de l'étui se rompt transversalement et part avec le plomb; le plomb maintenu en paquet par l'étui à sa sortie du canon fait souvent balle; dans d'autres cas, le plomb sort peu à peu de l'étui et fournit un tir relativement très serré à des distances assez fortes.

Ces faits sont assez connus, et des chasseurs ont eu souvent l'idée de sectionner circulairement le carton de leurs étuis, à hauteur de la bourre, dans le but de faire partir l'étui coupé avec le plomb et en vue d'obtenir un tir serré à longue portée.

Nous avons constaté que les cartouches sectionnées ont une vitesse inférieure d'une dizaine de mètres à celle des cartouches non sectionnées, lorsque ces deux espèces de cartouches sont tirées dans un canon cylindrique. La différence de vitesse atteint 20^m à 40^m lorsqu'on tire dans un canon choke bored.

C. — INFLUENCE DE L'AMORCE SUR LA VITESSE.

On fabrique actuellement des étuis de cartouches à amorce renforcée qui donnent avec toutes les poudres plus de vitesse que n'en donnent les amorces ordinaires.

Voici les résultats obtenus par M. Barral à Sevrans-Livry avec des douilles dites *adrasmiques*, qui ont l'amorce ordinaire uniquement usitée autrefois, et avec des douilles dites *impression or*, qui ont une amorce renforcée.

FUSIL CALIBRE 16. — 30^{es} de plomb.

SÉRIE.	ÉTUIS.	POUDRE.		V ₀ .	ÉCART probable des vitesses V ₁₅ .	INSTRUMENTS de mesure des vitesses.
		Nature.	Poids.			
1.....	Impression or Adrasmiques	J	2,60 ^{gr}	370 ^m	3,0	Le Boulengé
		»	»	353	4,2	
		Différence.....		17		
2.....	Impression or Adrasmiques	Noire, poudre type	4,50	370	2,6	Le Boulengé
		»	»	346	1,0	
		Différence.....		24		
3.....	Impression or Adrasmiques	Noire, poudre type	4,50	382	4,6	Pendule balistique
		»	»	366	2,6	
		Différence.....		16		

CALIBRE 16. — 30^{es} de plomb.

POUDRE NOIRE.	DOUILLES ADRASMIQUES.			DOUILLES IMPRESSION OR.		
	Poids de la poudre.	V ₀ .	Pression.	Poids de la poudre.	V ₀ .	Pression.
Ordinaire n° 0.....	5,4 ^{gr}	348 ^m	371 ^{kg}	5,0	349 ^m	374 ^{kg}
» n° 1.....	5,0	351	416	4,65	352	458
» n° 2.....	4,9	351	380	4,5	348	432
» n° 3.....	4,5	350	423	4,0	344	474

Le Tableau qui précède fait voir que la substitution des douilles impression or aux douilles adrasmiques permet, en conservant la même espèce de poudre noire et la même vitesse, de réduire les

III. — CAUSES DE VARIATION DES VITESSES INITIALES. 145

charges de poudre de 0^{gr},4; la pression augmenté en même temps de 40^{at} environ. On trouvera page 73 quelques autres résultats d'expériences faites sur le même sujet.

Le *Field* du 21 mars 1896 a publié les résultats d'une expérience faite en Angleterre, avec un fusil calibre 12 dont le canon avait 0^m,762 de longueur et qu'on a rogné successivement à la longueur de 0^m,66 et de 0^m,559. On a tiré dans ces trois longueurs de canon deux espèces d'étuis différant par l'amorce et trois espèces de poudre pyroxylée à la charge uniforme de 2^{gr},72 avec 32^{gr} de plomb. Les vitesses paraissent avoir été mesurées sur 5 yards; elles correspondent donc à la distance de 2^m,3 de la bouche.

POUDRE.	ÉTUIS.	VITESSES ($V_{2,3}$) DANS DES CANONS DE		
		0 ^m ,762.	0 ^m ,66.	0 ^m ,559.
A	X	339 ^m	327,5 ^m	301 ^m
	Y	346,5	329,5	309
	Différence Y — X...	7,5	2,0	8
B	X	337	315	293,5
	Y	346	323,5	309,5
	Différence Y — X...	9	8,5	16,0
C	X	338	309,5	299
	Y	350	326,0	312
	Différence Y — X...	12	16,5	13

Poids de matière fulminante dans les étuis marqués :

X.

0^{gr},016 en moyenne.
 0,011 dans 3 pour 100 des capsules.
 0,012 » 3 » »
 0,013 » 8 » »
 0,016 » 21 » »
 0,019 » 8 » »
 0,020 » 3 » »
 0,021 » 2 » »

J.

Y.

0^{gr},022 en moyenne.
 0,016, poids le plus faible.
 0,024, poids le plus fort.

10

D. — VARIATION DE LA VITESSE DUE A LA BOURRE.

La bourre placée sur la poudre a une influence considérable sur la vitesse du plomb de chasse.

Les bourres non compressibles accroissent la vivacité de la poudre et la vitesse du plomb. Les bourres facilement compressibles sont complètement aplaties dès les premières émissions des gaz de la poudre; elles augmentent la capacité dans laquelle se détendent ces gaz et finalement elles diminuent la vivacité de la poudre et la vitesse du plomb.

Lorsque la bourre n'est pas plastique, lorsqu'elle obture mal et qu'elle laisse passer une partie des gaz de la poudre dans le plomb, la vitesse est relativement faible.

Toutes autres choses égales d'ailleurs, les plus fortes vitesses sont obtenues avec des bourres plastiques et peu compressibles; telle est la bourre en cire et graisse, ou encore la bourre de feutre saturée de cire et graisse.

Voici quelques résultats obtenus par nous dans des conditions aussi comparables que possible.

FUSIL CALIBRE 16. — *Canon choke bored. 4^{er} de poudre noire super fine ancien type. 30^{er} de plomb n° 2. Cartouche bien sertie.*

BOURRE.	VITESSE INITIALE.
Deux rondelles de carton lustré de 0 ^{mm} ,8 d'épaisseur chacune.	317 ^m
Une bourre de feutre élastique non graissée.	306
Même bourre que ci-dessus saturée de cire et de graisse...	378
Même bourre que ci-dessus comprise entre deux rondelles de carton de 0 ^{mm} ,8 d'épaisseur chacune.....	370
Bourre formée d'une pastille de cire et graisse de 7 ^{mm} d'épaisseur comprise entre deux rondelles de carton lustré de 0 ^{mm} ,8 d'épaisseur.	387

On voit, en résumé, qu'entre deux espèces de cartouches ayant même chargement, mais dont l'une a une bourre de feutre sec et élastique et dont l'autre a une bourre en cire et graisse, il y a une différence de vitesse de 81^m, soit près d'un quart de la vitesse moyenne.

E. — INFLUENCE DE LA CHARGE DE PLOMB.

1. **Influence de la grosseur des plombs.** — La grosseur des plombs n'a pas d'influence sensible sur la vitesse initiale. Elle n'a d'influence que sur la vitesse restante.

Lorsqu'on tire, dans un même fusil, des cartouches identiquement chargées, mais dont les unes ont des chevrotines pesant 3^{es} l'une et dont les autres ont un même poids de plomb n° 7 (poids du grain 0^{es}, 10), la vitesse V_3 observée au chronographe est 345^m avec les chevrotines, quand elle est 318^m avec le plomb n° 7. En appliquant à ces vitesses V_3 les corrections du diagramme de la *fig.* 48, on trouve que les vitesses initiales sont égales et de 360^m.

2. **Influence du poids total du plomb ou des balles sur la vitesse.** — Nous avons fait des tirs dans des fusils calibres 8, 10, 12 et 16, avec une même charge de poudre et des charges variables de plomb. Nous avons fait dans un fusil calibre 6 des tirs avec diverses charges de poudre et diverses charges de plomb.

Les résultats de ces tirs sont reportés sur les *fig.* 68 à 74.

Fig. 68.

Fusil calibre 6 (23^{mm}, 7). — Poudre J₁.

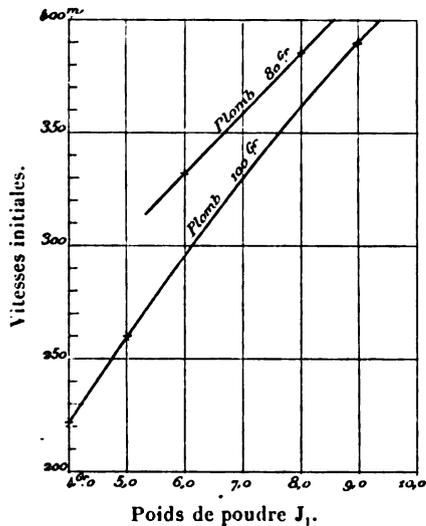


Fig. 69.

Fusil calibre 6 (23^{mm}, 7). — Poudre ordinaire n° 0

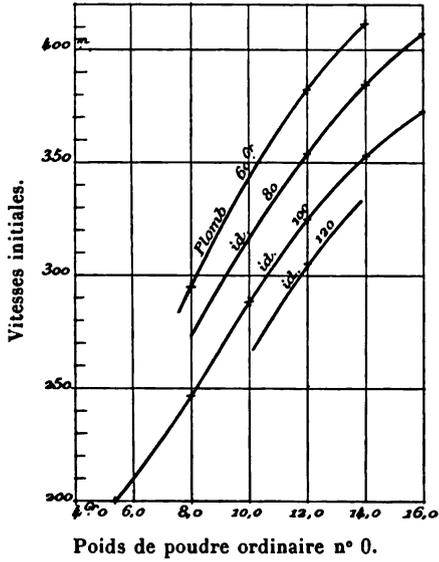


Fig. 70.

Fusils calibre 8 et calibre 10.

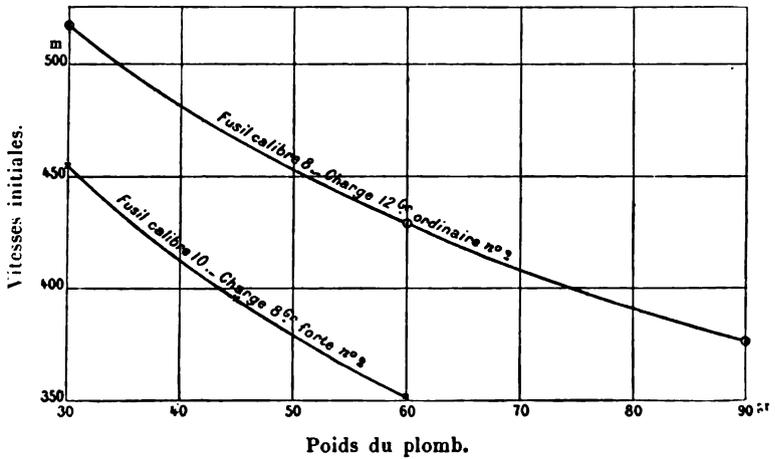


Fig. 71.
Fusil calibre 12.

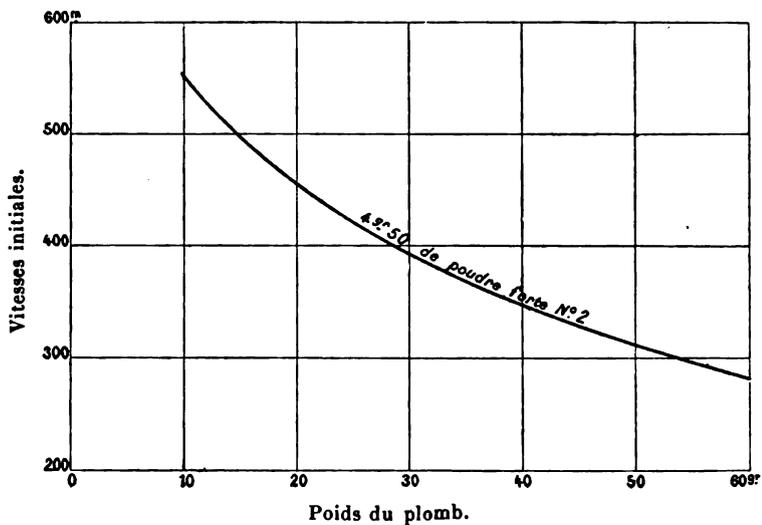


Fig. 72.
Fusil calibre 16.

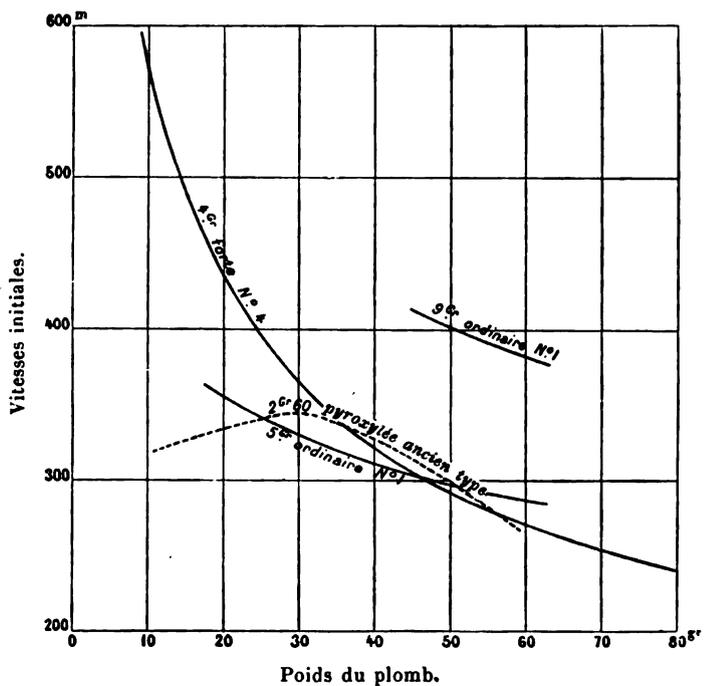


Fig. 73.

Calibre 16 (17^{mm},0). Tir de une ou plusieurs balles avec 4^{er} de poudre forte n° 4.

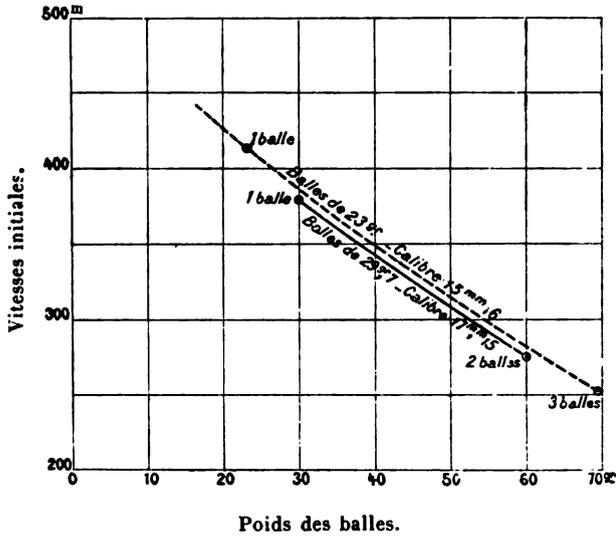
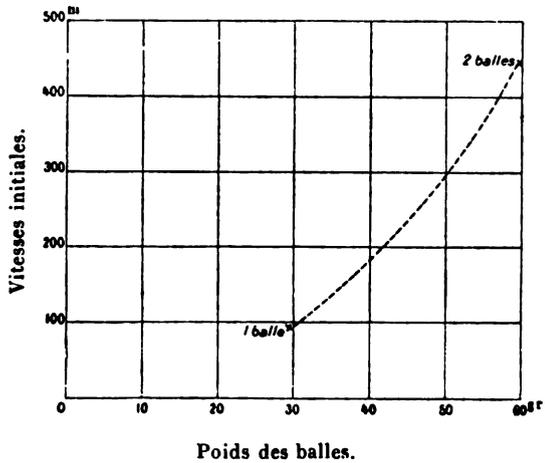


Fig. 74.

Fusil calibre 16. Tir de une ou deux balles avec 2^{er}.60 de poudre pyroxylicé ancien type.



On remarquera que, tandis que la vitesse diminue toujours avec le poids du plomb quand on tire avec la poudre noire, elle augmente jusqu'à une certaine limite avec la poudre pyroxylée (ancien type) et diminue ensuite.

Quand on tire à balles avec la poudre pyroxylée ancien type, la vitesse est quatre fois plus forte avec deux balles qu'avec une. Ce fait tient à ce que les résistances augmentent beaucoup la vitesse de combustion de la poudre pyroxylée.

La variation de la vitesse V produite par une variation Δp du poids p du plomb peut être représentée par la formule

$$\frac{\Delta V}{V} = N \frac{\Delta p}{p}.$$

La valeur de N qui résulte de nos expériences est donnée ci-après :

Poudres.	Valeur de N .
Noire ordinaire n° 0.....	0,34
» n° 1.....	0,36
» n° 2.....	0,38
» n° 3.....	0,40
Noire forte n° 1.....	0,41
» n° 2.....	0,42
» n° 3.....	0,43
» n° 4.....	0,44
Pyroxylée J ₁	0,34
» J ₂	0,32

Les variations de vitesse produites par une variation de 1st dans le poids du plomb ont été données page 128 pour les cartouches chargées en poudre noire. Ces variations ont été calculées en admettant que N était uniformément égal à 0,40.

Les variations de vitesse produites par une variation de 1st dans le poids du plomb lorsqu'on tire des poudres pyroxylées sont données ci-après.

POUDRES pyroxyliées.	CALIBRES.		
	12.	16.	20.
	m	m	m
J ₁	1,8	2,0	2,5
J ₂	2,4	2,8	2,5
S ₂	2,4	3,0	3,8
M.	3,2	4,0	3,9
R.	2,4	3,0	3,8
T.	2,8	2,8	4,0

F. — VARIATION DE VITESSE DUE AU FUSIL.

1. **Influence de la longueur du canon.** — Le vélocimètre est l'instrument qui peut fournir les résultats les plus complets et les plus sûrs au sujet de l'influence de la longueur du canon sur la vitesse.

On peut aussi déterminer l'influence de la longueur du canon sur la vitesse en tirant une même espèce de cartouches dans plusieurs fusils de longueur différente et de même calibre; mais, pour que les résultats soient comparables, il faut que les fusils aient des chambres, des raccordements et un calibre réellement identiques. Ces conditions sont rarement réalisées; aussi les expériences faites dans des fusils différents donnent-elles rarement des résultats comparables. On obtient des résultats plus satisfaisants en mesurant successivement les vitesses d'une même espèce de cartouches dans un même fusil dont on rogne après chaque expérience une certaine longueur du canon du côté de la bouche.

Nous avons utilisé la méthode des fusils de diverses longueurs en faisant des tirs :

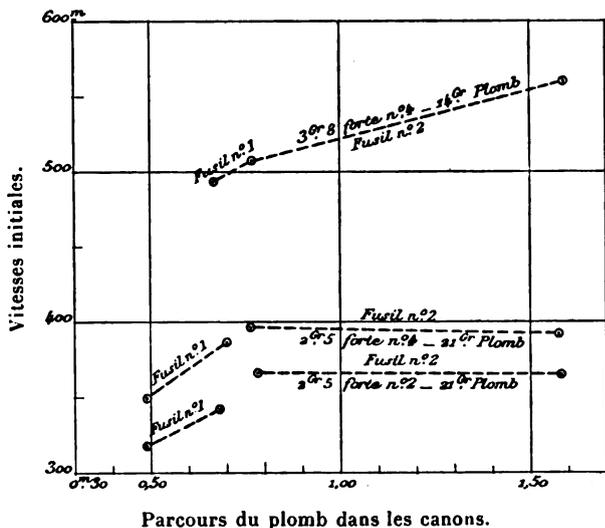
1° Dans quatre fusils calibre 32 ayant respectivement des canons de 0^m,49, 0^m,68, 0^m,78 et 1^m,60 de long. Les résultats de ces tirs sont reportés *fig.* 75.

2° Dans trois fusils calibre 16 ayant respectivement des canons de 0^m,598, 0^m,700 et 0^m,799.

3° Dans deux canardières calibre 8 ayant respectivement des canons de 1^m et de 1^m,50.

Fig. 75.

Vitesses initiales dans quatre canons calibre 32 (12^{mm},9 à 13^{mm},6).



4° Nous avons utilisé la méthode du vélocimètre avec deux canons calibres 16 et 32 (fig. 76 et 77).

Fig. 76.

Vitesses successives du plomb dans un fusil calibre 16 (17^{mm},0) choke bored. Poids du plomb, 30^{gr} (mesures faites avec le vélocimètre).

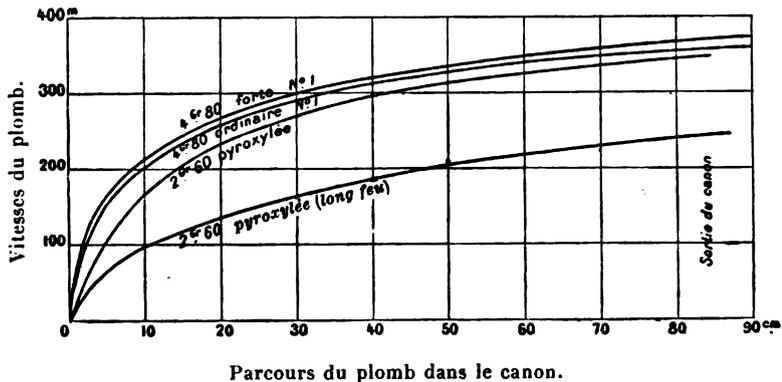
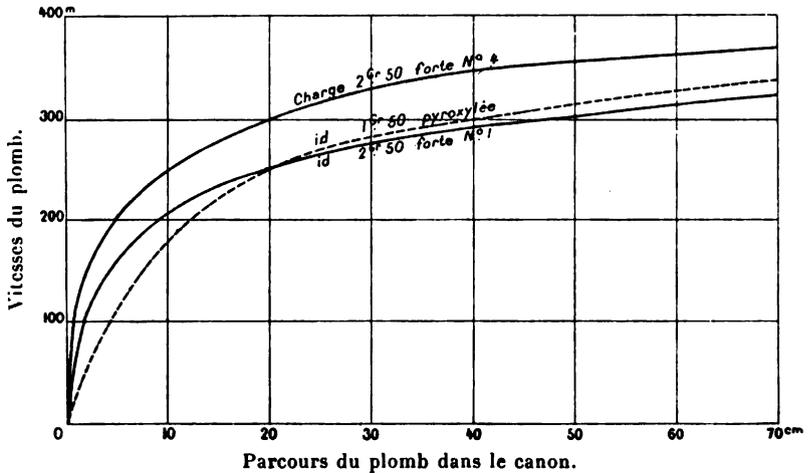


Fig. 77.

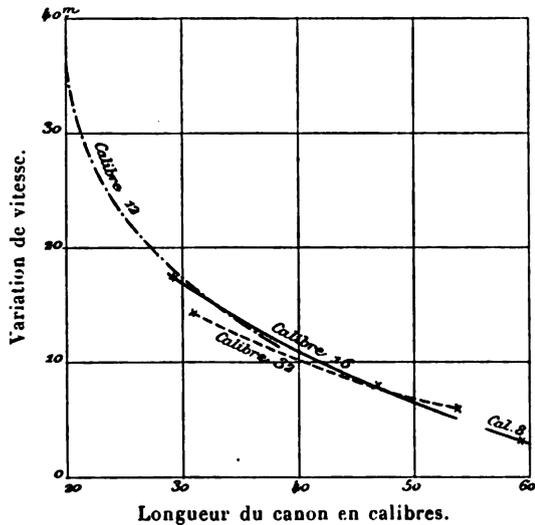
Vitesses successives du projectile dans un canon calibre 32 (12^{mm},9).
Poids du plomb, 21^{gr} (mesures faites avec le vélocimètre).



Il résulte de ces quatre séries d'expériences que l'influence de la longueur du canon est à peu près la même, soit que l'on tire de

Fig. 78.

Variation de la vitesse initiale produite par une variation de 10^{cm} dans la longueur du canon (tir des cartouches à plombs à charge normale).



la poudre noire, soit que l'on tire de la poudre pyroxylée, lorsque les charges sont choisies de façon à fournir la même vitesse dans un même canon.

Des expériences rapportées par le *Field*, et qui ont été faites avec des fusils calibre 12 dont on rognait successivement le canon, ont donné : les unes, des variations plus fortes lorsqu'on employait la poudre pyroxylée que lorsqu'on employait la poudre noire ; les autres, des variations égales.

Les résultats de nos expériences combinées avec celles du *Field* pour le calibre 12 sont résumées dans la *fig. 78*.

Nous avons déduit de la *fig. 78* le Tableau ci-après qui indique la variation de vitesse produite par une variation de 0^m,10 dans la longueur des canons des divers calibres tirant des cartouches à plomb à charges normales.

Variation de vitesse pour une différence de 0^m,10 dans la longueur des canons.

CALIBRE.	LONGUEUR MOYENNE DES CANONS.							
	0 ^m , 40.	0 ^m , 50.	0 ^m , 60.	0 ^m , 70.	0 ^m , 80.	0 ^m , 90.	1 ^m .	1 ^m , 10.
4 (26,8)...			27 ^m	21 ^m	17,5 ^m	15 ^m	12,5 ^m	10,5 ^m
6 (23,4)...		29 ^m	22	17	14,5	11,5	10	8
8 (21,2)...		27	19	15	12,5	10	7,5	6,5
10 (19,5)...	34 ^m	22	17	13,5	10,5	8	6,5	4,5
12 (18,4)...	29	20	15,5	12	9,5	7	5,5	3
16 (17,1)...	25	18	14	10,5	8	6	3,5	2
20 (15,9)...	24	16	12	9	6,5	4	2	
24 (15,0)...	22	15	11	8	5,5	3		
28 (14,0)...	19	13,5	9,5	7	4	3		
32 (13,0) ..	17	12	8,5	5	3			

On peut déduire du Tableau ci-dessus et des renseignements déjà donnés qu'une diminution de 0^m,10 dans la longueur moyenne (0^m,70) des canons des calibres moyens est compensée par un accroissement de la charge, qui est

les 0,05 de la charge normale en poudres noires,
 » 0,035 » en poudres pyroxylées,

On peut voir aussi que des canons qui ont 40 calibres de long, soit

0 ^m , 74	pour le calibre 12	
0 ^m , 68	»	16
0 ^m , 64	»	20

réalisent une vitesse qui est seulement de 10^m inférieure à celle que donneraient des canons ayant 0^m, 10 de plus et qui auraient le maximum de longueur au delà de laquelle les fusils de ces calibres deviennent peu maniables.

Des canons ayant jusqu'à 100 calibres de long, soit 1^m, 85 dans le calibre 12, ne procurent, par rapport aux canons de 40 calibres, qu'un accroissement de vitesse d'environ $\frac{1}{5}$, soit encore un accroissement de 70^m sur la vitesse de 360^m réalisée dans les canons ordinaires.

2. Vitesse comparative des plombs tirés dans les canons choke bored et les canons cylindriques. — Quand on mesure la vitesse initiale d'une charge de plombs en la déduisant de la vitesse du recul par des méthodes qui seront indiquées dans le Chapitre consacré au recul, on constate que la vitesse moyenne des plombs d'une espèce de cartouches tirées dans un canon choke bored est légèrement inférieure à la vitesse que donne la même espèce de cartouches dans un canon cylindrique. Cette différence tient à la résistance que l'étranglement offre au passage des plombs.

Quand on mesure, au moyen d'un chronographe, la vitesse V_5 des plombs d'une espèce de cartouches, on constate que les canons choke bored donnent une vitesse notablement plus grande que les canons cylindriques. La différence entre les vitesses des deux canons est d'autant plus grande que l'étranglement du canon choke bored est plus fort et que la vitesse est plus grande. Elle est indépendante du type de poudre employé.

L'excès de vitesse chronographique d'un canon choke bored calibre 16 (17^{mm}, 2) ayant un étranglement de 1^{mm} ($\frac{1}{17}$ de calibre) sur la vitesse d'un canon cylindrique de mêmes dimensions est de 10^m lorsque la vitesse initiale dans le canon cylindrique est de 334^m.

L'excès de vitesse d'un canon choke bored calibre 32 (13^{mm}, 6),

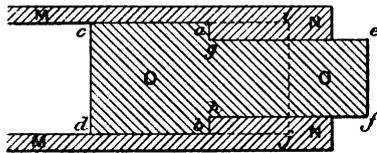
ayant un étranglement de 3^{mm} ($\frac{1}{5}$ de calibre), sur la vitesse d'un canon cylindrique de même dimension peut atteindre 100^m lorsque la vitesse dans le canon cylindrique est de 404^m.

Cet excès des vitesses des canons choke bored, mesurées par les méthodes chronographiques, tient à deux causes que nous exposerons plus loin.

Quand on tire du plomb de chasse à petite distance sur du bois tendre avec une même charge de poudre dans deux canons dont l'un est cylindrique et dont l'autre a un très fort étranglement, on constate que la pénétration des divers grains est plus variable avec le canon choke qu'avec le canon cylindrique. On en conclut que les vitesses des divers grains de plomb ont été plus différentes avec le canon choke qu'avec le canon cylindrique.

Nous allons prouver par le raisonnement et par une série de faits d'expérience que le passage du plomb dans la partie choke d'un canon a pour résultat de donner aux couches de grains situées à l'avant de la charge de plomb une vitesse supérieure à celle des couches de grains situées à l'arrière de la charge.

Fig. 79.



Soit un canon M ayant à l'avant une partie étranglée N dont la section est la moitié de celle du canon.

Il est facile de se rendre compte que, si un projectile plastique, mais non compressible, est forcé de passer par la partie étranglée, la partie *efgh* qui y est engagée aura une hauteur *ge* double de la hauteur *ai* qu'aurait la même quantité de matière dans la partie non étranglée du canon.

Le passage dans cet étranglement aura donc pour résultat de donner à l'avant *ef* du projectile une vitesse double de celle qu'aura l'arrière *cd* au sortir du canon.

D'une façon générale, lorsqu'on tire dans un canon qui a une section *S* et dont la partie étranglée a une section *s*, les vitesses *v*

de la couche arrière et V de la couche avant satisfont à la relation (1)

$$\frac{V}{v} = \frac{S}{s}.$$

Lorsqu'on tire dans un fusil calibre 12 dont le canon a 18^{mm}, 4 de diamètre (section 2^{cm²}, 659) et dont la partie étranglée a 17^{mm}, 2 (section 2^{cm²}, 324), un projectile dont la vitesse de la couche arrière est de 336^m, la vitesse de la couche avant sera

$$336 \times \frac{2,659}{2,324} = 384^m.$$

Ainsi un étranglement de 1^{mm}, 2 dans un canon calibre 12 produira une différence de 48^m de vitesse entre l'avant et l'arrière d'un projectile plastique et incompressible qui y passera.

Lorsqu'on tire du plomb de chasse dans un canon choke bored, le phénomène est un peu moins simple, parce que les plombs s'écrasent plus ou moins en traversant la partie étranglée. Il en résulte que la différence de vitesse entre la couche avant et la couche arrière est un peu moindre que ne l'indique la relation théorique que nous avons établie pour le cas d'un corps *incompressible*.

Le passage de la charge de plomb dans la partie étranglée du choke se fait, malgré la résistance offerte par l'étranglement, en vertu de la force vive que possède déjà la charge de plomb et de la pression que la poudre continue à exercer.

La pression de la poudre, dans la partie choke du canon, est, ainsi que nous l'avons vu pages 76 à 81, d'une quarantaine de kilogrammes par centimètre carré lorsque le tir a lieu dans les conditions habituellement réalisées dans les fusils de chasse. La pression de la poudre est donc relativement faible; elle serait à peine suffisante pour faire franchir au plomb serré en masse la partie choke, lorsque l'étranglement est de $\frac{1}{13}$ du calibre, comme il l'est dans les canons de chasse à choke fort. Le plomb franchit donc la partie étranglée surtout en raison de la force vive qu'il a en y arrivant. Une partie de cette force vive est absorbée par la

(1) Les seringues fonctionnent exactement dans les conditions théoriques qui viennent d'être indiquées.

déformation des grains de plomb. La vitesse *moyenne* de la charge de plomb est donc moindre après le passage dans le choke que si le canon était entièrement cylindrique.

Nous avons déjà dit que nous avons constaté, en mesurant au moyen du vélocimètre la vitesse initiale d'une même espèce de cartouches tirées alternativement dans un canon choke et dans un canon cylindrique, que le passage dans le choke a pour effet de diminuer la vitesse moyenne des plombs.

Lorsqu'on mesure la vitesse d'une charge de plomb au moyen d'un chronographe, on enregistre l'arrivée des grains de plomb qui frappent les premiers la plaque.

Puisque le choke a pour effet de donner aux plombs qui sont à l'avant de la charge un excès de vitesse par rapport à ceux qui sont en arrière, on comprend que la vitesse que l'on enregistrera avec le chronographe sera la vitesse de l'avant de la charge et non la vitesse moyenne de l'ensemble de la charge.

Ainsi s'expliquent les faits que nous avons signalés au début de ce numéro, savoir que la vitesse initiale mesurée au moyen du vélocimètre est un peu moindre avec les canons choke qu'avec les canons cylindriques, tandis qu'au contraire elle est plus forte quand on la mesure avec un chronographe.

Lorsqu'on tire dans un canon choke, la couche de plomb qui se trouve au milieu de la charge a la vitesse initiale moyenne de l'ensemble de la charge de plomb; les couches en avant de cette couche milieu ont une vitesse plus grande et les couches arrière ont une vitesse plus faible.

Si l'on tirait des grains indéformables dans un canon calibre 12 à étranglement de 1^{mm},₂, la couche arrière aurait la vitesse de 336^m et la couche avant celle de 384^m, lorsque la vitesse de la couche milieu serait de 360^m.

Le choke a pour résultat d'allonger la charge de plomb, ce qui force les couches à s'espacer dans l'axe du canon. La charge de plomb qui franchit la partie étranglée d'un canon choke y prend la disposition qui est représentée schématiquement en coupe par la *fig. 80*.

L'étranglement et l'intervalle entre les couches de plomb ont été exagérés à dessein sur la *fig. 80*. Mais on peut se faire une idée de ce que serait l'espacement des couches de plomb si le

plomb était disposé avant le tir par couches régulières, et si les grains étaient indéformables.

Lorsqu'on tire une charge de plomb composée de sept couches

Fig. 80.

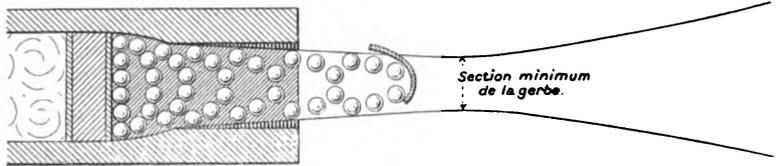


Schéma du mouvement d'une charge de plomb sortant d'un canon choke bored.

de plomb dont les grains ont $3^{\text{mm}}, 1$ de diamètre, dans un canon calibre 12 à étranglement de $1^{\text{mm}}, 2$, cette charge de plomb occupe dans le canon, avant d'arriver dans l'étranglement, une longueur de $21^{\text{mm}}, 2$. En traversant le choke, la longueur de la charge de plomb se trouve portée de $21^{\text{mm}}, 2$ à $24^{\text{mm}}, 4$. Il y a donc un allongement total de 3^{mm} , ce qui a pour résultat d'augmenter les distances des centres de chaque couche de grains de $0^{\text{mm}}, 5$.

Lorsque le centre de la charge arrive à 1^{m} de la bouche, l'avant de la charge aurait parcouru $1^{\text{m}}, 07$ et l'arrière de la charge $0^{\text{m}}, 93$ seulement, si la résistance de l'air n'avait pas diminué la vitesse de la couche d'avant plus que celle d'arrière; dans ces conditions, la charge de plomb aurait une longueur de 14^{cm} et l'espacement entre les couches de plomb serait de 23^{mm} .

En réalité, la résistance de l'air modifie notablement les conditions du mouvement relatif des différentes couches de plomb. La résistance de l'air sur le plomb qui vient de sortir du canon, et qui forme un paquet allongé, agit plus fortement sur la couche qui est à l'avant de la charge que sur les couches qui sont en arrière de la première; cet excès de résistance sur l'avant se produit plus ou moins tant que les plombs de la première couche sont suffisamment groupés pour remplir le rôle de coupe-vent que jouent les entraîneurs dans les courses de bicyclistes.

Si la résistance de l'air sur les plombs de la couche avant était, dès la sortie de la bouche, ce qu'elle est en réalité lorsque ces plombs sont assez séparés l'un de l'autre, et si la résistance de l'air

sur les plombs de la couche arrière était nulle, la couche arrière d'une charge de plombs de 3^m de diamètre tirée dans un canon choke bored et qui sortirait du canon avec la vitesse de 336^m aurait rattrapé la couche avant qui en serait sortie avec une vitesse de 384^m, après un parcours de 6^m dans l'air. En réalité, la résistance s'exerçant plus ou moins sur les couches arrière, celles-ci ne rattrapent pas les couches avant, mais il en résulte que l'allongement de la charge dû aux différences de vitesse de l'avant et de l'arrière ne dépasse pas une certaine limite.

L'étranglement des canons à la bouche a donc pour résultat d'allonger la charge de plomb au sortir du canon et d'espacer les couches dans l'axe du canon. Il prévient ainsi, au moins partiellement, le bousculement et le carambolage des grains l'un sur l'autre qui se produit au sortir d'un canon cylindrique, ainsi qu'il sera expliqué en parlant de la dispersion.

Le plomb reste en paquet serré pendant un plus long trajet après sa sortie du canon lorsqu'il est tiré dans un canon choke bored que lorsqu'il est tiré dans un canon cylindrique. La résistance de l'air diminue moins la vitesse des plombs en paquet que celle des plombs isolés. C'est à cette cause, ainsi qu'à l'excès de vitesse de la portion avant de la charge, qu'est dû l'excès de vitesse des mesures chronographiques dans le cas du tir des canons choke bored comparés aux canons cylindriques. Les faits d'observation ci-après viennent à l'appui de ce que nous venons d'exposer.

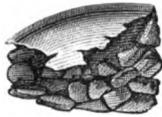
1° Lorsqu'on tire une série de cartouches identiques dans un canon choke bored et lorsqu'on mesure pour chaque coup la vitesse chronographique et la dispersion du plomb, on constate que, presque toujours, les coups qui ont la plus forte vitesse sont en même temps ceux qui ont la moindre dispersion. Ce fait est attribuable à ce que l'action du choke bored sur le plomb, qui dépend partiellement de l'arrangement des plombs dans la charge, varie avec cet arrangement, lequel varie lui-même d'une cartouche à l'autre. Lorsque l'arrangement des plombs est tel que l'espacement des couches se fait dans les meilleures conditions, le plomb reste groupé sur un plus long parcours, il perd moins de vitesse et finalement il a une vitesse restante chronographique plus forte, en même temps qu'une dispersion relativement faible.

Ces différences de vitesse d'un coup à l'autre, ainsi que la différence entre la vitesse chronographique des canons choke et celle des canons cylindriques, sont d'autant plus marquées que les vitesses sont mesurées à une plus faible distance de la bouche. Elles sont très marquées lorsqu'on mesure V_5 ; elles le sont beaucoup moins lorsqu'on mesure $V_{1,5}$.

2° Lorsqu'on tire du plomb de chasse dans des canons choke qui ont un étranglement beaucoup plus fort que ceux qui sont usités en pratique, l'accroissement de vitesse de la couche avant des plombs devient très marqué, ainsi que le démontrent les expériences ci-après.

Nous avons tiré du plomb de chasse dans un fusil calibre 11^{mm}, 0 terminé par un choke dont la partie étranglée avait 8^{mm} de diamètre. L'avant de la charge de plomb qui y était tirée avec 4^{gr}, 50 de poudre noire avait une vitesse de plus de 400^m; une autre partie des grains de plomb sortait avec une faible vitesse, et l'arrière de la charge s'arrêtait fréquemment dans la partie étranglée en prenant l'aspect représenté par la *fig. 81*.

Fig. 81.



Vue de grains de plomb arrêtés dans l'étranglement.

3° En tirant dans un fusil du calibre 13^{mm}, 6 au bout duquel on pouvait fixer des parties choke à étranglement plus ou moins prononcé, nous avons obtenu les résultats donnés dans le Tableau de la page 164, qui, d'après la théorie que nous avons faite de l'action du choke bored, doivent être interprétés de la façon suivante :

Désignons par S la section d'un canon cylindrique et par s la section de la bouche d'un canon choke bored de même calibre nominal. Soit V la vitesse initiale dans le canon cylindrique (cette vitesse V doit être à fort peu près égale à celle de la couche milieu des plombs tirés dans le canon choke bored).

La couche avant des plombs tirés dans le choke bored aura un excès de vitesse sur celle obtenue dans le canon cylindrique, qui

sera la moitié de la différence entre la vitesse de la couche avant et celle de la couche arrière des plombs tirés dans le choke bored.

La vitesse V_c de la couche avant dans le canon choke pourra être calculée par la relation

$$\frac{V_c - v}{v} = \frac{S - s}{2s},$$

$$(33) \quad V_c = v \left(1 + \frac{S - s}{2s} \right).$$

Le Tableau de la page 164 donne la vitesse v observée dans le canon cylindrique et la vitesse expérimentale V'_c de la couche avant des plombs telle qu'elle résulte des mesures chronographiques de V_s .

Nous avons porté en regard la vitesse V_c qui a été déduite de la vitesse v par la formule (33).

Tous les résultats ont été rapportés à une même longueur de canon.

Chaque choke d'un étranglement déterminé a été expérimenté avec trois longueurs différentes pour la partie cylindrique qui se trouve au delà de l'étranglement.

Il y a eu une concordance satisfaisante entre les résultats de l'expérience et ceux de la théorie lorsque la longueur de la partie cylindrique au delà de l'étranglement était de 13^{mm} à 25^{mm} et voisine de la dimension qu'elle a habituellement dans les fusils choke.

Avec une partie cylindrique beaucoup plus longue, la différence entre la vitesse théorique et la vitesse expérimentale a été considérable. La partie cylindrique a annulé en grande partie l'effet du choke sur la vitesse de la couche avant.

Le passage rapide du plomb dans la partie étranglée a pour résultat de causer à la charge de plomb une contraction telle que son diamètre devient inférieur à celui de la partie étranglée.

On peut constater, en effet, en tirant sur des planchettes de peuplier, que le diamètre de la gerbe lancée par un canon calibre 12 choke bored passe par un minimum à 5^{cm} au delà de la bouche. Ce diamètre est alors de 1^{mm},5 inférieur à celui de la partie étranglée du canon d'où elle sort. Cette forme particulière de la gerbe a été indiquée en l'exagérant un peu sur la *fig.* 80.

Tir du fusil calibre 13mm, 6 avec ou sans étranglement.

DIAMÈTRE de la bouche.	ÉTRAN- GLEMENT.	SECTIONS à la bouche S et s.	$I + \frac{S-s}{2s}$.	LONGUEUR de la partie cylindrique, au delà de l'étrangle- ment.	POUDRE.		POIDS du plomb n° 1.	VITESSE INITIALE déduite de V_0 dans le canon		VITESSE calculée dans le choke V_c .	DIFFÉRENCE $V_c - V_0$.
					Nature.	Poids.		cylindrique 0.	choke V_c .		
13,6	0	cm ² 1,453	"	mm 44	Forte 3	gr 2,50	gr 21	m 371	"	"	"
12,6	1,0	1,247	1,083	44	"	"	"	"	402	+23	"
12,2	1,4	1,169	1,121	44	"	"	"	"	416	+31	"
11,8	1,8	1,094	1,169	44	"	"	"	"	434	+49	"
10,6	3,0	0,882	1,324	43	"	"	"	"	491	+89	"
13,6	0	1,453	"	"	Forte 4	2,50	21	404	"	"	"
12,6	1,0	1,247	1,083	25	"	"	"	"	438	- 1	"
12,2	1,4	1,169	1,121	26	"	"	"	"	453	- 1	"
11,9	1,7	1,112	1,153	30	"	"	"	"	466	+ 2	"
10,8	2,8	0,916	1,293	28	"	"	"	"	522	+19	"
13,6	0	1,453	"	"	Forte 4	2,50	21	384	"	"	"
12,6	1,0	1,247	1,083	13	"	"	"	"	416	- 9	"
12,2	1,4	1,169	1,121	13	"	"	"	"	431	+13	"
12,0	1,6	1,131	1,142	13	"	"	"	"	438	+12	"

Il semble *probable* que le maximum de vitesse de chaque couche se produit au point où l'on constate que la section est minimum.

Lorsqu'on tire plusieurs cartouches chargées en plomb durci dans un canon choke à une vitesse de plus de 350^m, on peut constater, en examinant le canon après le tir, qu'il y a un emplombage sérieux dans le cône ou le ressaut du choke et que cet emplombage cesse complètement à l'extrémité avant du canon. Ceci prouve que le plomb ne touchait pas les parois du canon en passant dans la partie la plus près de la bouche. La gerbe de plombs avait, en y passant, un diamètre inférieur à celui de la partie cylindrique étranglée.

3. Influence du diamètre de la chambre. — La chambre des fusils de calibre moyen a généralement un diamètre qui est de 0^{mm},2 à 0^{mm},4 supérieur à celui du diamètre extérieur de la cartouche. Au moment du tir, l'étui se dilate et s'applique contre les parois de la chambre. La combustion de la poudre se fait dans une capacité close d'autant plus grande, et la vitesse du plomb est d'autant moindre que le jeu de la cartouche dans la chambre est plus grand. Des cartouches de même espèce tirées dans des fusils dont les chambres sont plus ou moins larges et dont les autres dimensions sont les mêmes peuvent avoir des vitesses qui diffèrent très notablement.

4. Influence du diamètre intérieur du canon. — Nous avons signalé, dans le Chapitre I, que le diamètre intérieur du canon des fusils qui ont un même calibre nominal peut différer de plus de 0^{mm},5. Ces variations de calibre ont une influence marquée sur la vitesse fournie par une même espèce de cartouches.

En général, les fusils qui ont le moindre diamètre intérieur sont ceux qui donnent la plus forte vitesse.

La longueur du raccordement de la chambre influe aussi très sensiblement sur la vitesse; les raccordements courts accroissent celle-ci.

G. — INCERTITUDE DES VITESSES PRÉVUES.

Nous avons indiqué, dans ce qui précède, les conditions normales du chargement des cartouches de chasse à plombs. Les

cartouches ainsi chargées fournissent *en moyenne* la vitesse de 360^m. Il ne faudrait cependant pas croire qu'avec des cartouches ainsi chargées on réalisera *toujours exactement* cette vitesse de 360^m. On vient de voir que les causes de variation de la vitesse sont fort nombreuses et que tous les éléments de la cartouche et du fusil sont pratiquement susceptibles de variation ayant une influence sur la vitesse. Des cartouches chargées dans les conditions normales, avec les poudres en vente en France et qui sont tirées dans un fusil quelconque, du calibre nominal des cartouches, peuvent avoir une vitesse différant de plus de 20^m de celle qui peut être prévue ou de celle qui est réalisable avec d'autres cartouches ayant même charge de poudre d'un autre lot ou encore de celle qui est réalisable avec les mêmes cartouches dans un autre fusil.

Les vitesses prévues pour les cartouches de chasse ne se réalisent en général dans la pratique qu'avec l'approximation d'environ $\frac{1}{20}$.



CHAPITRE IV.

DU REcul.

I. -- MESURE DU REcul.

1. Unité de mesure du recul. — Il résulte d'expériences très étendues que nous avons faites avec des fusils de poids, de longueur et de calibres très variés, dans lesquels on tirait des projectiles de poids variés à des vitesses variables, que l'impression physiologique du recul est proportionnelle à la force vive du recul de l'arme et non pas à la quantité de mouvement, comme on l'a souvent écrit.

Si l'on désigne par :

F la force vive du recul en kilogrammètres ;

P le poids du fusil en kilogrammes ;

v la vitesse maximum du recul ;

g la gravité = $9^m,81$;

on a

$$(34) \quad F = \frac{Pv^2}{2g}.$$

Le moyen le plus pratique pour déterminer la force vive du recul consiste à mesurer la vitesse de ce mouvement et à en calculer la force vive par la formule (34).

2. Vélodimètre. — Le vélodimètre, qui a été inventé par M. le général Sebert, est un instrument-spécialement destiné à mesurer la vitesse du recul.

Le vélocimètre Sebert pour armes portatives, que nous avons employé, nous a donné de bons résultats, mais il est d'un maniement long et très délicat; on ne peut guère tirer plus d'un coup par heure, même lorsqu'on dispose d'un personnel de deux ou trois auxiliaires exercés au maniement de l'appareil. Cet appareil est de plus très coûteux, et il n'en existe à notre connaissance que deux spécimens.

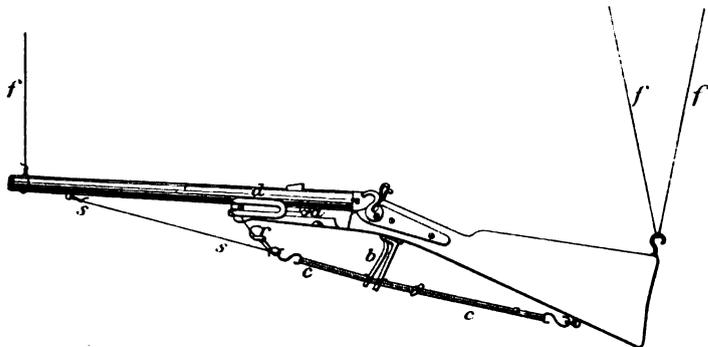
Nous avons fait confectionner un vélocimètre simplifié destiné à mesurer la vitesse du recul de canons de chasse des calibres 12, 16 et 20. Cet instrument s'est trouvé d'un maniement assez commode et d'une grande exactitude. Il permet d'obtenir la vitesse du recul à $\frac{1}{5000}$ près.

Nous ne jugeons pas utile de décrire ici ces divers instruments.

3. Mesure de la vitesse du recul par la méthode du fusil suspendu. — Nous avons imaginé la méthode ci-après pour mesurer la vitesse du recul des fusils munis de leur monture.

Le fusil est muni de deux détentes allongées *b*. On fixe au battant de crosse un fort fil de caoutchouc *c*, en double, qui est tendu au moyen d'une ficelle *s* accrochée d'autre part au battant antérieur qui se trouve sous le canon.

Fig. 82.

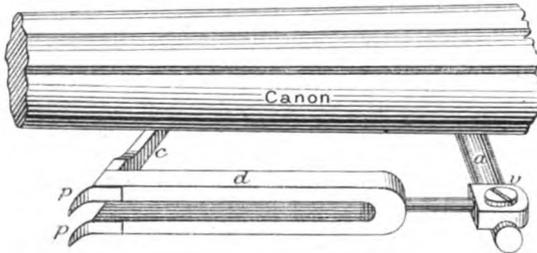


Le caoutchouc est engagé dans la détente que l'on veut faire partir. En raison de la longueur des détentes, l'effort à exercer à l'extrémité des détentes pour faire partir le coup est assez faible. L'axe de la bascule du fusil est remplacé par un axe *a* (*fig. 83*)

qui déborde extérieurement sur un des côtés. Cette partie débordante porte un méplat sur lequel on peut fixer un diapason d au moyen d'une vis v . L'extrémité des branches de ce diapason est garnie de plumes p en clinquant d'acier, qui y sont brasées à l'étain.

Ces plumes sont destinées à enregistrer les vibrations du dia-

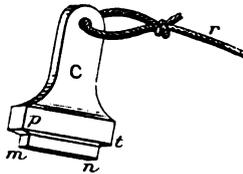
Fig. 83.



pason sur une lame métallique recouverte de noir de fumée qui est fixée sur un support à côté du fusil.

Avant le tir on ouvre les branches du diapason avec une clef ou une pince spéciale et l'on introduit entre les branches un coin C

Fig. 84.



Coin du diapason.

en acier (*fig. 84*) qui maintient par sa partie mn les branches du diapason écartées et prêtes à vibrer.

Au coin est attachée une ficelle r dont l'autre extrémité est rattachée au caoutchouc c . Lorsque la ficelle r vient à exercer une traction sur le coin, celui-ci bascule autour de son arête pt , la partie mn du coin qui était engagée entre les branches du diapason en sort et le diapason entre en vibration.

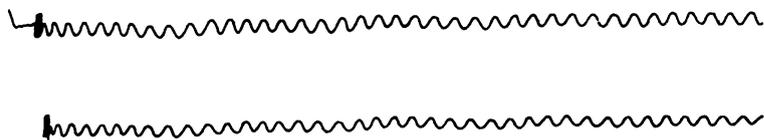
Le fusil ainsi garni est suspendu au sommet de la pièce où l'on

opère, au moyen de ficelles légères et aussi longues que possible, de façon à pouvoir reculer librement.

On fait partir le coup sans déranger l'arme, en mettant le feu à la ficelle *s*. Le caoutchouc libéré arrache le coin du diapason, puis, agissant sur la détente, fait partir le coup.

Dans le mouvement de recul, le diapason inscrit ses vibrations sur la plaque noircie et y produit un tracé du genre de celui de

Fig. 85.



la *fig.* 85. Ce tracé permet de déterminer la vitesse du recul lorsqu'on connaît le nombre de vibrations que fait le diapason en une seconde. Pour faire le calcul de la vitesse du recul, il y a lieu d'ajouter au poids du fusil muni de ses accessoires et des étuis de cartouches, la moitié du poids des cordes de suspension; il y a lieu également de tenir compte de l'accélération retardatrice produite par la rotation du fusil autour du point d'attache des cordes de suspension.

Le procédé ci-dessus pour mesurer la vitesse du recul est applicable, à quelques variantes près, à tous les modèles de fusil.

On pourrait également déterminer la force vive et la vitesse du recul en mesurant la hauteur à laquelle s'élève un fusil que l'on tire verticalement vers le bas et qui est libre dans son mouvement d'ascension.

Si l'on désigne par *h* la hauteur à laquelle monte le fusil, on a

$$Ph = \frac{Pv^2}{2g},$$

$$v^2 = 2gh.$$

(35)

Il n'existe pas d'appareil spécialement disposé pour faire la mesure du recul d'après cette dernière méthode, qui est plus simple, mais qui doit donner moins de précision que la méthode de mesure de la vitesse du recul au moyen d'un diapason.

Les Anglais se sont servis jusqu'à présent, dans leurs concours de fusils de chasse, pour apprécier l'intensité du recul, de machines dans lesquelles le fusil était supporté par un bâti assez lourd et où l'intensité du recul était mesurée par la compression d'un ressort à boudin. Ces machines, qui étaient mal conçues (1), n'ont fourni que des résultats manifestement très erronés et sans précision.

4. Relation entre la vitesse du recul et la vitesse initiale. — Si l'on désigne par

- P le poids en grammes de l'arme qui recule;
- p , le poids en grammes du projectile et des bourres;
- π le poids en grammes de la charge de poudre;
- v la vitesse maximum du recul;
- V_0 la vitesse initiale;
- Θ un coefficient expérimental variable avec V_0 ;

ces diverses quantités sont reliées par la formule

$$(36) \quad v = \frac{(p + \Theta\pi)V_0}{P}.$$

Nous avons déterminé la valeur de Θ dans de nombreuses expériences faites avec des fusils de tous systèmes, des poudres, des projectiles et des vitesses très variés (2). Nous avons constaté ainsi que la longueur des canons, leur calibre, la nature de la poudre et celle du projectile sont sans influence sur Θ .

Le Tableau ci-dessous donne la valeur de Θ correspondant aux diverses vitesses du projectile.

Vitesses initiales de 0^m à 1000^m.

V_0 .	0 ^m	100 ^m	200 ^m	300 ^m	400 ^m	500 ^m	600 ^m	700 ^m	800 ^m	900 ^m	1000 ^m
Θ .	2,30	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30

(1) Ces machines sont décrites dans le journal *The Field*, année 1878 et 20 septembre 1890, ainsi que dans l'Ouvrage intitulé *Sporting Guns and Gunpowders*. London; 1897.

(2) Ces expériences ont été décrites dans la *Revue d'Artillerie* de juin 1897.

Vitesses initiales de 300^m à 400^m.

V_0	300 ^m	310 ^m	320 ^m	330 ^m	340 ^m	350 ^m	360 ^m	370 ^m	380 ^m	390 ^m	400 ^m
Θ	2,00	1,99	1,98	1,97	1,96	1,95	1,94	1,93	1,92	1,91	1,90

Lorsqu'on a mesuré la vitesse du recul, on peut en déduire la vitesse initiale par la formule

$$(37) \quad V_0 = \frac{Pv}{(\rho_1 + \Theta w)}$$

Dans ce cas, on déterminera la valeur qu'il convient de prendre pour Θ par des approximations successives.

Nous avons mesuré comparativement un grand nombre de vitesses initiales, d'une part par la méthode indiquée ci-dessus et, d'autre part, au moyen d'un chronographe à diapason; nous avons constaté ainsi que la méthode du recul peut donner une précision au moins égale à celle que l'on peut obtenir avec les meilleurs chronographes. La méthode du recul offre toutefois cet inconvénient que la détermination de la vitesse du recul nécessite des mesures et des calculs assez longs. Elle nécessite également un matériel qui permette de tarer assez fréquemment et avec exactitude les diapasons qui servent à mesurer la vitesse du recul. Le tarage doit être fait à nouveau toutes les fois que l'on a remplacé une plume brisée.

La détermination des vitesses initiales par la méthode du recul offre une réelle et très grande supériorité sur la méthode chronographique lorsqu'il s'agit de projectiles très légers, perdant rapidement leur vitesse dans l'air, et tels que le petit plomb de chasse.

Les chronographes ne peuvent en effet fournir que la valeur de la vitesse restante à une certaine distance de la bouche. Pour en déduire la vitesse initiale, il y a lieu d'augmenter la vitesse fournie par le chronographe de la perte de vitesse causée au projectile par la résistance de l'air jusqu'à la distance correspondant à la vitesse mesurée. Cette correction est d'autant plus incertaine que les projectiles sont plus petits. Son incertitude est notable lorsqu'il s'agit du plomb de chasse de faible grosseur.

Lorsqu'on cherche à déterminer la vitesse initiale en partant de la vitesse du recul, il y a lieu de peser avec le plus d'exaetitude

possible la poudre, le plomb et les bourres, ainsi que le fusil garni de ses accessoires, de l'étui et des ficelles. L'exactitude des résultats obtenus pour la vitesse est en rapport direct avec l'exactitude de ces pesées.

5. Recul pendant le parcours du projectile dans le canon. — Le fusil recule *aussitôt* que le projectile se met en mouvement; on peut le prouver expérimentalement.

Les quantités dont le fusil a reculé et celles dont la charge a avancé sont à chaque instant proportionnelles ⁽¹⁾ à leurs poids.

Un fusil du poids de 3^k₂₀ ayant un canon de 0^m, 72 de long et qui tire 38^{gr}, 5 de plomb et de bourres, avec 3^{gr}, 30 de poudre, a reculé de 8^{mm}, 57 au moment où l'arrière de la bourre sort du canon.

Nous avons imaginé un appareil qui permet d'enregistrer exactement la quantité dont une arme a reculé au moment où la bourre arrière sort du canon et de vérifier l'exactitude des principes et des faits dont il vient d'être question.

La vitesse du recul n'a pas encore atteint son maximum au moment où le plomb sort du canon. Cette vitesse s'accroît d'une façon sensible avec les fusils de chasse pendant un temps de 0^s, 01 après la sortie du projectile. Cet accroissement de la vitesse du recul après la sortie du canon paraît dû à la détente des gaz de la poudre qui se trouvent dans le canon après la sortie du projectile.

6. Vitesses comparatives du recul avec les canons choke bored et les canons cylindriques. — La vitesse du recul fournie par une *même espèce de cartouches* est un peu moindre dans un canon choke bored que dans un canon cylindrique.

Nous avons ainsi obtenu avec un fusil double calibre 12 :

(1) Si l'on désigne par r la quantité dont le fusil a reculé et par u la quantité dont le projectile a avancé, on a, à chaque instant du parcours dans le canon et au moment de la sortie, la relation suivante :

$$(38) \quad Pr = \left(p_1 + \frac{p_2}{2} \right) u.$$

il se contracte involontairement avant le départ du coup, et finalement il tire mal.

Un tireur absorbé par l'intérêt de la chasse sent beaucoup moins le recul de son fusil que lorsqu'il tire à la cible. De même on se fait parfois à la chasse de fortes écorchures dont on ne s'aperçoit pas au moment même, tandis que tout le monde sait que la moindre piqûre faite lorsqu'on s'y attend produit de la douleur.

En raison de cette moindre sensibilité du tireur à la chasse, il est sans inconvénient d'avoir, pour les fusils de chasse, un recul plus violent que celui que l'on peut admettre pour des armes destinées à des tirs précis et au posé. Lorsqu'on ne doit tirer avec une arme que quelques coups dans la journée, on peut également admettre un recul plus violent que lorsqu'on doit tirer un grand nombre de coups.

Les chasseurs de force moyenne et moyennement exercés n'aiment pas avoir un recul dont la force vive dépasse 4^{kgm}.

Les chasseurs robustes et exercés supportent jusqu'à 6^{kgm}.

Il y a bien peu de tireurs qui puissent se servir avec avantage d'une arme donnant plus de 8^{kgm} de recul.

En général, lorsque le recul d'une arme est trouvé pénible, il vaut mieux, au point de vue des résultats probables du tir, s'arranger de façon à amoindrir le recul, soit en diminuant la puissance des cartouches, soit en prenant un fusil moins puissant. On tirera mieux, et, en fin de compte, on obtiendra de meilleurs résultats avec un fusil dont le recul sera jugé supportable qu'avec le fusil puissant, mais à recul trop pénible.

2. Préjugés concernant le recul. — Il règne, au sujet du recul, une foule de préjugés auxquels nous opposerons, dans ce qui suit, le résultat d'expériences nombreuses, faites au moyen de méthodes exactes.

1° Bien des tireurs accusent certains fusils d'avoir un recul extraordinaire et différent de celui d'une arme de même poids tirant les mêmes munitions. Ces tireurs sont presque toujours des tireurs novices ou épaulant mal.

Nous avons eu l'occasion de tirer au moins une centaine de fusils de chasse et plusieurs milliers de fusils de guerre de tous modèles; dans ce nombre, nous n'en avons jamais rencontré

un seul dont le recul ne fût pas en rapport avec le poids du fusil, celui du plomb et de la poudre, et avec la vitesse initiale.

Nous avons constaté, par des expériences précises, que le recul de *tous les fusils de chasse, quels que soient leur forme ou leur calibre et la poudre employée*, dépend des mêmes éléments et suit les mêmes lois que celui des fusils de guerre, des pistolets et des pièces d'artillerie de tous calibres et de tous modèles.

2° Des variations très notables dans le forçement peuvent influencer sur le mode de combustion de la poudre et entraîner des variations de la vitesse initiale; mais, suivant la nature, le poids de la charge de la poudre et l'énergie du forçement, la variation de vitesse peut être tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Un accroissement du forçement peut donc amener tantôt une diminution, tantôt un accroissement du recul.

L'excès de pression que doit développer la poudre pour vaincre le forçement du projectile, qui se traduit par un excès d'effort sur la culasse, est exactement compensé, au point de vue du mouvement du recul du canon, par le frottement du projectile sur les parois du canon.

3° Contrairement à ce que l'on a souvent écrit, une poudre vive donne lieu à une impression de recul moins forte qu'une poudre lente, lorsque les charges de ces poudres sont réglées de telle sorte que les vitesses initiales soient égales. En effet, le poids de la poudre intervient notablement dans la force vive du recul, et il faut moins de poudre vive que de poudre lente pour obtenir la même vitesse.

Si l'on objecte que l'action de la poudre vive est plus brusque que celle de la poudre lente, nous répondrons que la différence d'accélération qui en résulte pour le fusil se produit entièrement avant que celui-ci ait reculé de 0^{mm},5, et qu'en raison de l'élasticité de l'épaule cette différence d'accélération n'est pas appréciable par des impressions physiologiques.

4° On attribue souvent aux poudres pyroxylées un recul insignifiant comparé à celui des poudres noires.

Le Tableau donné page 174 fait voir qu'à vitesse égale la force vive du recul fournie par la poudre pyroxylée est $\frac{1}{4}$ environ moins forte que celle fournie par la poudre noire. La différence tient *uniquement au moindre poids de la charge de poudre*.

Cette dernière affirmation repose sur des mesures très précises faites dans plusieurs fusils de calibres différents, avec plusieurs espèces de poudre pyroxylée françaises et d'autres espèces de provenance anglaise.

5° Le centre de gravité de tous les fusils se trouve à quelques centimètres au-dessous de l'axe du canon ; il en résulte, au moment du recul, un pivotement du fusil élevant la bouche, qui se fait autour du centre de gravité lorsque la crosse n'est pas appuyée contre un point fixe, et qui se fait autour de l'épaule lorsque la crosse y est fortement appuyée. L'épaule étant élastique, le pivotement commence toujours, en pratique, par se faire autour du centre de gravité et finit autour de l'épaule, lorsque la crosse y est appuyée.

Un fusil calibre 12 du poids de 3^{kg}, 18, à canon de 0^m, 75, dont la crosse est pentée dans des conditions moyennes, prend, par suite du recul et du tir de cartouches contenant 2^{gr}, 88 de poudre S₂ et 37^{gr} de plomb, un mouvement de pivotement dont la force vive de rotation est de 0^{kgm}, 124 et un mouvement de translation en arrière dont la force vive est 4^{kgm}, 25. La force vive de rotation n'est donc que les 0,029 de la force vive de translation.

Dans les limites où peut varier pratiquement la forme et la pente de la crosse du fusil, la force vive de rotation ne peut varier que d'une faible quantité, et, en tout cas, les variations de pente de la crosse ne peuvent pas modifier d'une façon sensible l'intensité du recul, quoique le contraire soit écrit dans presque tous les traités d'armurerie et de chasse.

Ce qui a fait croire qu'une diminution de la pente de la crosse accroît le recul, c'est qu'avec une crosse trop droite le tireur doit appliquer le haut de la joue contre la crosse. Au moment du tir, il reçoit un choc sur le haut de la joue et, de plus, si la tête est penchée en avant, le pouce de la main droite vient choquer le nez. L'ensemble de ces deux sensations parfois très désagréables fait trouver le recul pénible ; on attribue la douleur ressentie à un accroissement mécanique du recul, tandis qu'en réalité la valeur mécanique du choc est la même, mais elle se trouve appliquée en des points du corps plus sensibles au choc.

6° Nous avons lu, dans une brochure sur les armes de chasse, qu'un fusil tiré à proximité des murs donnait plus de recul que

le même fusil tiré en plein champ. L'auteur de la brochure a confondu l'ébranlement nerveux produit sur son oreille par le bruit avec le choc du fusil sur son épaule. Il vaudrait autant dire qu'une capsule tirée dans une chambre y a plus de force qu'en plein air parce qu'elle y fait plus de bruit.



CHAPITRE V.

DISPERSION DU TIR A PLOMBS.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA DISPERSION.

1. **Utilité d'une gerbe ouverte.** — Le tireur parfait (il n'existe qu'en théorie) aurait avantage à tirer toute espèce de gibier à balle avec une arme rayée d'une grande précision et d'un calibre approprié à la grosseur du gibier.

Avec un fusil ayant la précision du fusil modèle 1886 et réglé pour le tir aux petites distances, ce chasseur idéal, qui ne manquerait jamais par sa propre faute, manquerait rarement par la faute de son fusil une perdrix à 100^m et un lièvre à 200^m.

En réalité, les tireurs ont toujours des écarts personnels assez considérables causés par la maladresse humaine. Pour un même tireur, ces écarts personnels sont d'autant plus grands que le temps de visée est moindre (lorsque ce temps est inférieur à deux secondes); ils sont également d'autant plus grands que le déplacement perspectif du but est plus rapide et plus irrégulier.

On arrive à compenser l'inhabileté du tireur à saisir le moment propice pour faire partir le coup, en lançant, sous la forme d'une gerbe assez ouverte, un grand nombre de grains de plomb.

Le fusil qui convient le mieux à un tireur d'adresse déterminée est celui qui fournit une gerbe d'une ouverture égale à celle de la gerbe idéale formée par les écarts personnels du tireur.

Les écarts du tireur étant soumis aux lois habituelles de la probabilité, autrement dit, la probabilité d'un écart étant d'autant plus grande que cet écart est plus petit, il est à désirer, au point de vue des effets probables, que les plombs se répartissent dans la gerbe suivant la même loi et non uniformément dans l'intérieur

de la gerbe, comme le désirent à tort beaucoup d'armuriers et de chasseurs. Nous verrons plus loin que notre *desideratum* est réalisé par les fusils lisses tirant du plomb de chasse.

Avec les fusils de chasse actuels, l'angle au sommet du cône formé par la portion efficace de la gerbe est d'environ 1°. Cette ouverture est assez convenable pour les chasseurs moyennement adroits, tirant en pays moyennement couvert.

Pour la chasse de certains gibiers, tels que le lapin, la bécassine, etc., qui laissent rarement le temps de bien viser et qui, de plus, peuvent se tirer habituellement de près, les chasseurs d'adresse moyenne auraient intérêt à avoir des fusils ayant une gerbe plus ouverte que celle des fusils actuels. De pareils fusils pourraient encore être utilisés par les tireurs peu adroits pour les chasses des autres gibiers, quitte pour eux à savoir que la portée efficace d'un fusil est d'autant moindre que sa dispersion est plus grande.

Pour la chasse de certains animaux très sauvages, tels que le canard, l'oie, les outardes, et encore pour la chasse de la perdrix et du lièvre dans les pays très découverts, où le gibier devient très sauvage après l'ouverture de la chasse, on aurait intérêt à avoir des fusils donnant un tir plus serré et portant plus loin que les fusils de chasse actuels. Il n'est pas de chasseur qui n'ait rêvé aux hécatombes qu'il aurait pu faire dans certaines circonstances, s'il avait eu à sa disposition un fusil portant bien et efficacement à 100^m ou 150^m.

Nous nous occuperons, dans ce qui suit, de déterminer la valeur de la dispersion des fusils actuels et les causes qui influent sur cette dispersion.

Nous indiquerons à la fin du présent Chapitre, et principalement en parlant du tir à plombs dans les armes rayées, quels sont les moyens d'ouvrir notablement la gerbe de plombs.

Dans le Chapitre VII, nous indiquerons les principes au moyen desquels on pourrait arriver à organiser des armes de chasse à tir très serré et à très longue portée.

2. Forme du groupement. — Lorsqu'une charge de plomb est lancée dans de bonnes conditions par un canon non rayé sur une

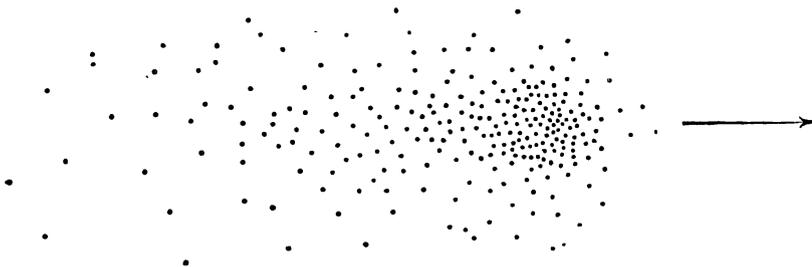
cible verticale suffisamment grande pour recueillir tous les plombs, elle y forme un groupement circulaire dans lequel les empreintes se trouvent réparties suivant les lois habituelles de la probabilité.

Il semble parfois, surtout lorsque le nombre de grains est restreint, que le tir ait une tendance à garnir certaines régions du groupement plus ou moins que ne le comporte leur position par rapport au centre du groupement. Ces anomalies sont dues au hasard lorsqu'on tire des cartouches dont le fonctionnement est normal. Avec certains modes de chargement défectueux on peut cependant avoir des portions de la gerbe plus ou moins garnies qu'elles ne devraient l'être.

3. Forme de la gerbe. — Nous avons dit précédemment que les différents grains d'une charge de plombs subissent dans l'air des pertes inégales de vitesse dues à leurs différences de poids, de diamètre et de déformations.

Une charge de plombs en mouvement vue par côté à une certaine distance de la bouche a la disposition représentée *fig.* 86. L'allon-

Fig. 86.



gement relatif de la gerbe est d'autant plus grand que la portée est plus grande.

On a pu faire des photographies de gerbes de plombs en mouvement sur lesquelles on voit d'une façon indiscutable la forme de la gerbe.

La *fig.* 87 reproduit une photographie obtenue par M. Boys, savant anglais.

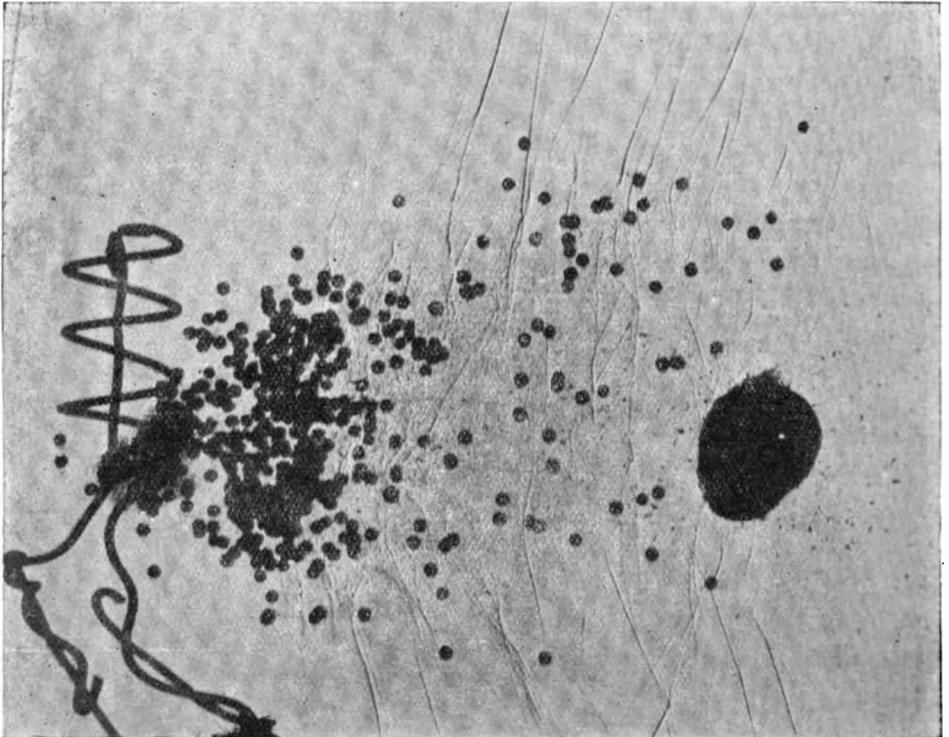
Le procédé opératoire employé pour obtenir ces photographies

se trouve décrit dans le numéro du 15 octobre 1892 de la *Revue générale des Sciences* dirigée par M. Olivier.

La gerbe de la *fig. 87* a été prise à 2^m de la bouche d'un canon très légèrement choke. D'autres photographies faites dans les

Fig. 87.

Photographie instantanée d'une gerbe de plombs vue par côté à 2^m de la bouche du fusil.



← Sens de la marche.

Les fils tordus en hélixe qui se trouvent en avant de la gerbe sont des fils de plomb qui servent à produire l'étincelle électrique dont l'éclair impressionne la plaque photographique. En arrière de la gerbe on voit la bourre et des grains de poudre. On voit également les ondes produites dans l'air par le mouvement de la charge de plombs.

mêmes conditions avec des canons à choke fort montrent des gerbes un peu plus allongées et ayant moins de dispersion latérale que celle de la *fig. 87*.

La gerbe de la *fig.* 87 avait une vitesse d'environ 353^m au moment où elle a été photographiée (1).

On peut constater, sur cette photographie, que les images des plombs et des ondes animées de cette vitesse n'ont pas $\frac{1}{3}$ de millimètre de flou dans la direction du mouvement; on peut en conclure que la durée de la pose et de l'éclairement par l'étincelle a été inférieure à $\frac{1}{1000000}$ de seconde.

II. — MÉTHODES DE MESURE DE LA DISPERSION DU TIR A PLOMBS.

1. Cibles pour le tir à plombs. — Lorsqu'on veut pouvoir apprécier avec exactitude la dispersion d'une gerbe de plombs, il est indispensable de tirer sur une cible assez grande pour recueillir tous les plombs. Les cibles qui satisfont à ces conditions doivent avoir au moins 0^m,5 de côté ou de diamètre à la portée de 10^m, 3^m à la portée de 50^m et 8^m à 10^m à la portée de 80^m.

Des tirs faits, relativement de loin, sur des cibles dans lesquelles on ne recueille que moins de moitié des plombs, ne peuvent renseigner que fort imparfaitement sur la dispersion du tir d'un fusil, surtout lorsqu'on n'est pas certain, ce qui est le cas général, que le centre de la surface visée est atteint par le centre de la gerbe.

On peut employer, pour le tir du plomb de chasse, des cibles en fer assez épaisses pour ne pas être traversées, ou encore des cibles en papier. Les cibles en fer sont d'un usage commode, parce qu'on y efface facilement et rapidement avec de la peinture blanche les traces d'un coup dont on a relevé les résultats.

Les cibles en papier fournissent toutefois des renseignements

(1) Cette vitesse a été déduite de l'angle au sommet des ondes aériennes que l'on voit sur la photographie; cet angle est d'environ 148°. Si l'on admet que la vitesse du son était 340^m dans le lieu où l'on a fait la photographie, la vitesse V du plomb doit être

$$V = \frac{340}{\sin \frac{148}{2}} = 353^m.$$

Cette méthode de mesure des vitesses, indiquée par M. Mach, est très exacte lorsque le tir se fait à balles, cas auquel les ondes aériennes sont nettes et ne se brouillent pas les unes les autres comme c'est le cas dans le tir à plombs.

plus complets sur le tir, lorsqu'elles sont faites en papier épais et bien tendu. Les trous qu'y font les plombs peuvent y être assez nets pour que l'on puisse observer la proportion de grains déformés dans le canon; on peut également apprécier, avec des grains de faible diamètre, à partir des distances de 30^m à 50^m, la proportion des grains qui arrivent à la cible avec une très forte perte de vitesse, qui sont incapables de la traverser et n'ont fait que se loger dans l'épaisseur des papiers. Les cibles qui conviennent le mieux pour ce genre d'observations sont faites de plusieurs épaisseurs de papier collées l'une sur l'autre et bien sèches. Lorsque les papiers de la face antérieure sont humides, en raison de la colle qui a servi à les fixer, les trous faits par les plombs sont baveux et sans netteté, surtout si le papier est mince. Les cibles faites d'une seule feuille de papier de journal sont entièrement déchirées lorsque le groupement est très serré, par exemple dans le cas du tir des canons choke à la distance de 10^m; de plus, les trous n'y sont jamais à contours nets, on ne peut y constater ni la déformation des grains, ni l'existence de grappes de plombs.

Lorsqu'on veut mesurer avec exactitude la dispersion d'un coup à plombs, il est utile de mesurer la charge de plombs à mettre dans la cartouche au moyen d'un compte-plombs, qui donne automatiquement et facilement le même nombre de plombs (cet appareil consiste en une plaque dans l'épaisseur de laquelle sont creusées autant de petites cavités séparées qu'il doit y avoir de grains de plombs).

Lorsqu'on se contente de peser la charge de plombs, le nombre de grains varie notablement d'une fois à l'autre. Ainsi 31^{gr},9 de plombs, n° 6 anglais, qui normalement contiennent 338 grains, peuvent, d'après Greener, en contenir de 330 à 350.

2. Unités de mesure de la dispersion du tir à plombs. — Dans tous les pays on définit actuellement la dispersion des tirs à balles ou à boulets par l'écart probable, ou par la largeur de la bande contenant 50 pour 100 des coups, qui est le double de l'écart probable, ou encore par l'écart moyen, qui a une relation fixe et connue avec l'écart probable.

Il en résulte cet avantage qu'une mesure de la dispersion obtenue quelque part est facilement comparable à un résultat ana-

logue obtenu dans un autre pays ou par d'autres expérimentateurs.

Jusqu'à présent, ceux qui se sont occupés de la dispersion du tir à plombs ne se sont pas entendus pour adopter une unité de mesure pour ce genre de tir. Les unités employées par les diverses personnes qui se sont occupées de cette question sont très variables, ce qui rend difficile la comparaison des résultats.

La dispersion du plomb de chasse tiré dans les fusils lisses se fait suivant les lois habituelles de la probabilité. La densité des empreintes sur une cible est maximum au centre de figure du groupement et va en diminuant à mesure qu'on se rapproche des bords du groupement.

Lorsque le plomb de chasse est tiré dans des fusils rayés, ou avec des cartouches rayées, ou encore avec des artifices de chargement tels que le croisillon, la dispersion se fait suivant une loi différente dont il sera parlé à la fin du présent Chapitre.

Sauf dans le cas particulier ci-dessus, les méthodes qui sont usitées pour calculer les écarts des observations de toute nature, soumises aux lois habituelles de la probabilité, conviennent également pour définir les écarts et la dispersion d'un tir à plombs.

La dispersion des plombs, de même que celle de la plupart des genres de tir et des observations physiques, peut être caractérisée plus ou moins avantageusement par les unités ou les méthodes ci-après :

- 1° Par les écarts probables du groupement ;
- 2° Par le rayon ou le diamètre du cercle contenant 50 pour 100 des plombs ou encore une autre fraction des plombs ;
- 3° Par le pour cent ou encore par le nombre absolu de plombs contenus dans un cercle de rayon déterminé et constant ;
- 4° Par le nombre moyen de plombs par décimètre carré au centre du groupement.

Nous allons donner dans ce qui suit quelques indications sur le mode de détermination, sur l'emploi, sur les avantages, sur les inconvénients des unités ci-dessus et sur les relations numériques qui permettent de passer d'une de ces unités à l'autre.

3. Écart probable. — L'écart probable est égal à la moitié de la

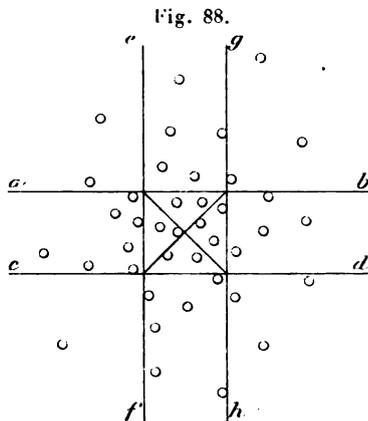
largeur de la bande indéfinie, soit en hauteur, soit en largeur, qui contient la moitié des coups au centre du groupement.

Lorsque le groupement est recueilli sur une cible verticale, on distingue l'écart probable vertical et l'écart probable horizontal.

Dans le tir du plomb de chasse, l'écart probable vertical diffère en général très peu de l'écart probable horizontal, au moins jusqu'à la portée de 50^m.

Toutes les fois que nous définirons la dispersion d'un tir à plombs par la simple indication *écart probable*, il doit être entendu qu'il s'agit de la moyenne de l'écart probable vertical et de l'écart probable horizontal.

Le procédé le plus direct pour déterminer l'écart probable est le suivant : Soit, par exemple, un groupement de 40 grains de plomb (*fig. 88*) ; on trace la ligne horizontale *ab* qui laisse au-dessus d'elle $\frac{1}{4}$ du nombre total des grains, soit 10 dans le cas présent.



On trace ensuite la ligne *cd*, qui laisse 10 grains au-dessous d'elle. La bande *abcd* contient évidemment 50 pour 100 des grains. La moitié de la hauteur de cette bande est égale à l'écart probable *vertical*. De même la moitié de la largeur de la bande verticale *efgh*, qui contient également 50 pour 100 des plombs, est égale à l'écart probable *horizontal*.

Le point de croisement des diagonales du rectangle formé par la partie commune aux deux bandes de 50 pour 100 coïncide sensiblement avec le centre ou point moyen du groupement.

Lorsque le nombre de grains est considérable, le procédé de détermination de l'écart probable décrit ci-dessus est long. Dans ce cas on peut simplifier la détermination de l'écart probable en opérant de la façon suivante. On trace deux lignes horizontales qui éliminent en haut et en bas du groupement un même nombre restreint des plombs les plus écartés du centre du groupement; on fait de même à droite et à gauche. Les nombres de grains à éliminer, qui facilitent le plus les calculs, sont 5 ou 10.

On détermine ainsi des bandes qui contiennent une fraction assez forte du groupement total. Au moyen de la Table de probabilités donnée ci-après on détermine l'écart probable en fonction de la largeur de ces bandes et du pour cent de leur contenance.

Table du pour cent contenu dans des bandes, au centre du groupement, en fonction de la largeur l de ces bandes exprimée en écart probable E_p.

$\frac{l}{E_p}$	POUR CENT.						
0,1	2,69	2,1	52,10	4,1	83,30	6,1	96,03
0,2	5,38	2,2	54,19	4,2	84,33	6,2	96,35
0,3	8,06	2,3	56,18	4,3	85,28	6,3	96,64
0,4	10,73	2,4	58,17	4,4	86,22	6,4	96,91
0,5	13,39	2,5	60,06	4,5	87,17	6,5	97,16
0,6	16,04	2,6	61,94	4,6	87,92	6,6	97,40
0,7	18,66	2,7	63,72	4,7	88,69	6,7	97,61
0,8	21,27	2,8	65,50	4,8	89,45	6,8	97,82
0,9	23,84	2,9	67,17	4,9	90,14	6,9	98,00
1,0	26,41	3,0	68,83	5,0	90,82	7,0	98,18
1,1	28,92	3,1	70,39	5,1	91,44	7,2	98,48
1,2	31,43	3,2	71,95	5,2	92,05	7,4	98,74
1,3	33,88	3,3	73,40	5,3	92,60	7,6	98,96
1,4	36,32	3,4	74,85	5,4	93,14	7,8	99,15
1,5	38,69	3,5	76,19	5,5	93,62	8,0	99,30
1,6	41,05	3,6	77,53	5,6	94,10	8,5	99,56
1,7	43,34	3,7	78,77	5,7	94,53	9,0	99,76
1,8	45,62	3,8	80,00	5,8	94,95	9,5	99,86
1,9	47,81	3,9	81,14	5,9	95,33	10,0	99,93
2,0	50,00	4,0	82,27	6,0	95,70		

Pour fixer les idées sur l'emploi de la méthode indiquée ci-dessus, supposons un groupement de 270 grains de plomb. Élimi-

nous les 5 grains les plus distants du centre en haut, en bas, à droite et enfin à gauche.

Les deux bandes ainsi formées contiennent chacune

$$270 - 2 \times 5 = 260 \text{ grains,}$$

soit encore $\frac{260}{270} = 96,3$ pour 100 du groupement. La Table qui précède indique que la valeur $\frac{\text{largeur}}{\text{écart probable}}$ correspondant à 96,3 pour 100 est 6,2. Si la bande verticale tracée sur le groupement a 0^m,87 de large, l'écart probable sera

$$\frac{0^m,87}{6,2} = 0^m,14.$$

En déterminant d'autres bandes par l'élimination d'un autre nombre de grains tel que 10, par exemple, 'on aurait le moyen de faire une nouvelle détermination de l'écart probable indépendante de la première. Cette nouvelle valeur peut différer quelque peu de la première, et, lorsqu'on a fait plusieurs déterminations de ce genre, il convient d'adopter pour valeur définitive la moyenne des diverses valeurs ainsi obtenues.

Lorsqu'on connaît l'écart probable, on peut calculer, au moyen de la Table de probabilités donnée précédemment, quel est le pour cent ou le nombre absolu d'empreintes dans une surface carrée, rectangulaire ou circulaire, de dimensions quelconques au centre ou en dehors du centre du groupement. Nous ne pensons pas devoir exposer ici ces problèmes, que l'on trouvera expliqués en détail dans les traités récents sur les effets du tir des fusils de guerre ou des canons.

La bande qui contient tous les coups a une hauteur ou largeur égale à :

1,67 fois l'écart probable dans les séries de	2 coups
4,00 " " "	5 "
4,50 " " "	8 "
5,00 " " "	12 "
5,53 " " "	20 "
6,00 " " "	30 "
7,25 " " "	100 "
8,00 fois l'écart probable dans les séries de plus de 100	"

Ces relations permettent de déduire avec exactitude l'écart

probable de la hauteur de la bande totale lorsque le nombre de coups n'est pas supérieur à 20. Ce procédé de détermination est d'autant plus exact que le nombre de coups est moindre.

4. Rayon du cercle contenant 50 pour 100 des coups. — Le rayon ou le diamètre du cercle contenant 50 pour 100 des coups est une unité qui définit fort bien la dispersion lorsque les écarts en hauteur et en largeur sont égaux, ce qui est le cas du plomb de chasse.

Le rayon des 50 pour 100 donne même une idée plus facilement compréhensible de la dispersion que l'écart probable. Le seul inconvénient de cette unité est que sa détermination directe est fort longue lorsqu'il s'agit du tir d'un grand nombre de plombs.

Pour déterminer directement le rayon du cercle contenant 50 pour 100 des plombs, il faut d'abord marquer le centre du groupement. La position de ce point peut être prise à vue; mais, si l'on veut la déterminer avec exactitude, il faut tracer la ligne horizontale qui laisse au-dessus d'elle la moitié des coups et la ligne verticale qui laisse à sa droite ou à sa gauche également la moitié des coups. Le point de croisement de ces deux lignes est le centre ou *point moyen* du groupement.

Il faudra ensuite tracer un premier cercle ayant le point moyen comme centre et contenant à *vue* la moitié des empreintes. On comptera le nombre d'empreintes effectivement contenu dans ce premier cercle; s'il y en a plus de 50 pour 100, on tracera un cercle plus petit, puis on comptera de nouveau le nombre d'empreintes qui y sont contenues, et ainsi de suite. Ce procédé est, on le voit, d'une longueur rebutante.

On peut déterminer le rayon des 50 pour 100 par une méthode plus simple et analogue à celle que nous avons indiquée pour déterminer l'écart probable du groupement d'un grand nombre de plombs. On opérera alors de la façon suivante : on tracera un cercle contenant une fraction quelconque du groupement et ayant le point moyen comme centre. On comptera le nombre d'empreintes contenues dans ce cercle et, au moyen de la Table de probabilités qui suit, on déterminera le rayon des 50 pour 100 (R_{50}) en fonction du pour cent contenu dans le cercle tracé et du rayon r du cercle qui a été tracé.

Table du pour cent contenu dans des cercles ayant leur centre au point moyen, en fonction du rapport du rayon r de ces cercles au rayon R_{50} du cercle contenant 50 pour 100 des coups.

$\frac{r}{R_{50}}$	POUR CENT.										
0,02	0,03	0,34	7,70	0,66	26,06	0,98	48,61	1,30	69,01	1,80	89,42
0,04	0,11	0,36	8,59	0,63	27,42	1,00	50,00	1,32	70,11	1,85	90,67
0,06	0,25	0,38	9,53	0,70	28,80	1,02	51,38	1,34	71,19	1,90	91,81
0,08	0,44	0,40	10,50	0,72	30,18	1,04	52,75	1,36	72,25	1,95	92,83
0,10	0,69	0,42	11,51	0,74	31,58	1,06	54,11	1,38	73,29	2,00	93,75
0,12	0,99	0,44	12,55	0,76	32,99	1,08	55,45	1,40	74,30	2,10	95,30
0,14	1,35	0,46	13,64	0,78	34,40	1,10	56,77	1,42	75,29	2,20	96,51
0,16	1,76	0,48	14,76	0,80	35,83	1,12	58,08	1,44	76,24	2,30	97,44
0,18	2,22	0,50	15,91	0,82	37,25	1,14	59,37	1,46	77,18	2,40	98,16
0,20	2,73	0,52	17,09	0,84	38,68	1,16	60,65	1,48	78,09	2,50	98,69
0,22	3,30	0,54	18,29	0,86	40,11	1,18	61,90	1,50	78,98	2,60	99,08
0,24	3,91	0,56	19,54	0,88	41,54	1,20	63,14	1,55	81,09	2,70	99,36
0,26	4,58	0,58	20,80	0,90	42,96	1,22	64,36	1,60	83,04	2,80	99,56
0,28	5,29	0,60	22,08	0,92	44,38	1,24	65,55	1,65	84,85	2,90	99,71
0,30	6,05	0,62	23,39	0,94	45,80	1,26	66,73	1,70	86,51	3,00	99,80
0,32	6,85	0,64	24,72	0,96	47,21	1,28	67,88	1,75	88,03	3,50	99,98

Pour fixer les idées sur l'emploi de la méthode indiquée ci-dessus, supposons que dans un groupement de 303 grains on ait tracé un cercle de rayon égal à $0^m,12$ pris au hasard et qui se trouve contenir 67 empreintes, soit 22,08 pour 100 du total. La Table ci-dessus indique que le rapport $\frac{0,12}{R_{50}}$ qui correspond à 22,08 pour 100 est 0,60.

Le rayon R_{50} du cercle contenant 50 pour 100 des grains est donc $\frac{0^m,12}{0,6} = 0^m,20$.

Lorsqu'on connaît le rayon R_{50} , on peut calculer, au moyen de la Table ci-dessus, le pour cent ou encore le nombre absolu d'empreintes dans un cercle de rayon quelconque ayant le point moyen pour centre. Ce problème est l'inverse du précédent.

L'écart probable E_p et le rayon R_{50} du cercle contenant 50 pour 100 des coups sont liés, dans les groupements circulaires, par les relations

$$R_{50} = 1,745 E_p,$$

$$E_p = 0,573 R_{50}.$$

5. **Rayon du cercle contenant une fraction quelconque des coups.** — Quelques-unes des personnes qui se sont occupées du tir de chasse ont pris pour mesure de la dispersion le rayon contenant 25 pour 100, d'autres 75 pour 100 des coups. Ces rayons conviennent moins bien que celui des 50 pour 100 pour définir la dispersion, car on peut prouver que les variations probables de la contenance des cercles, imputables au hasard de la répartition, sont, relativement au pour cent, deux fois plus grandes dans les cercles de 25 et de 75 pour 100 que dans celui de 50 pour 100.

Le rayon R_{25} des 25 pour 100, le rayon R_{75} des 75 pour 100, le rayon R_{50} et l'écart probable E_p ont entre eux les relations ci-après :

$$\begin{aligned} R_{25} &= 0,644 R_{50} = 1,124 E_p, \\ R_{75} &= 1,415 R_{50} = 2,470 E_p, \\ R_{98} &= 2,373 R_{50} = 4,141 E_p. \end{aligned}$$

6. **Nombre et pour cent de grains contenus dans un cercle de rayon déterminé et constant.** — En Angleterre, il est d'usage général, depuis 1875, d'apprécier la dispersion du tir du plomb de chasse, par le nombre de grains de plombs n°6 (1 grain pèse 0^{gr},105; diamètre 2^{mm},6) qui atteignent un cercle de 30 pouces (0^m,762) de diamètre. Le plus souvent les tirs se font à 40 yards (36^m,6) et les charges employées sont de 32^{gr}, soit 304 grains de plomb dans le calibre 12, de 28^{gr},35, soit 270 grains, dans le calibre 16, et de 23^{gr},9, soit 236 grains, dans le calibre 20.

Le *nombre absolu* de grains mis dans un cercle offre cet inconvénient, comme mesure de la dispersion, que les nombres ne sont pas directement comparables d'un calibre ou d'une charge à l'autre.

On a des nombres comparables pour tous les calibres, pour toutes les charges et même pour les différents numéros de plomb lorsque, au lieu du *nombre absolu*, on en donne le *pour cent*.

La méthode de mesure de la dispersion par le pour cent contenu dans un cercle de rayon déterminé est très rationnelle et à l'abri de toute critique, lorsque le rayon du cercle est choisi de telle sorte qu'il reçoive *en moyenne* à peu près 50 pour 100 des empreintes. Dans ce cas, la méthode du pour cent est à fort peu près l'analogie de celle qui consiste à déterminer le rayon des 50 pour 100 et elle a la même précision.

Les chasseurs du continent copient volontiers sans les discuter

les habitudes sportives anglaises; toutefois, ce culte pour les méthodes anglaises ne va pas jusqu'à l'abandon du système métrique. En France, en Belgique et en Allemagne on apprécie souvent, maintenant, la dispersion du tir à plombs en mesurant le nombre de grains mis dans un cercle de $0^m,75$ à la distance de 35^m , ce qui se rapproche beaucoup de la méthode anglaise.

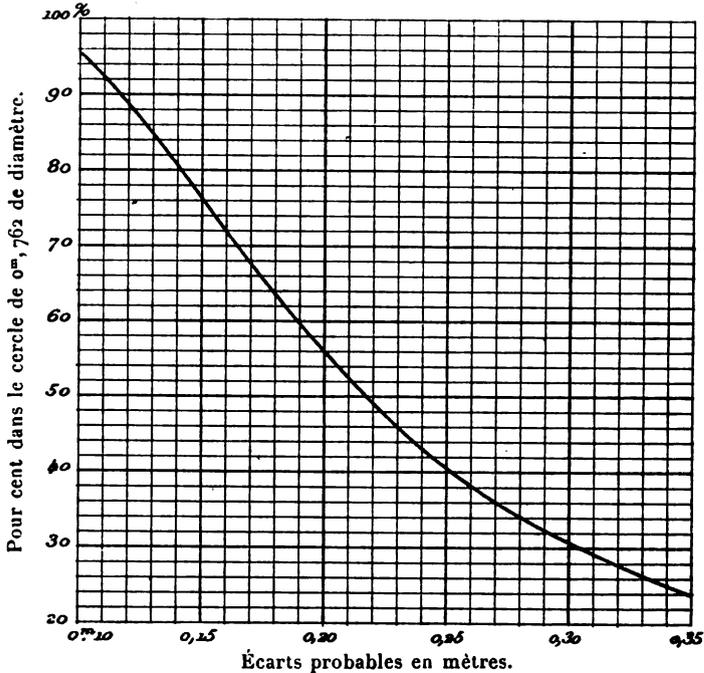
Nous donnons dans la *fig.* 89 une courbe qui permet de passer

Fig. 89.

Courbe donnant les écarts probables en fonction du pour cent des grains mis dans le cercle ayant $0^m,762$ de diamètre (30 inch).

Surface du cercle de 30 inch = $0^m^2,45664$.

Côté du carré équivalent = $0^m,6753$.



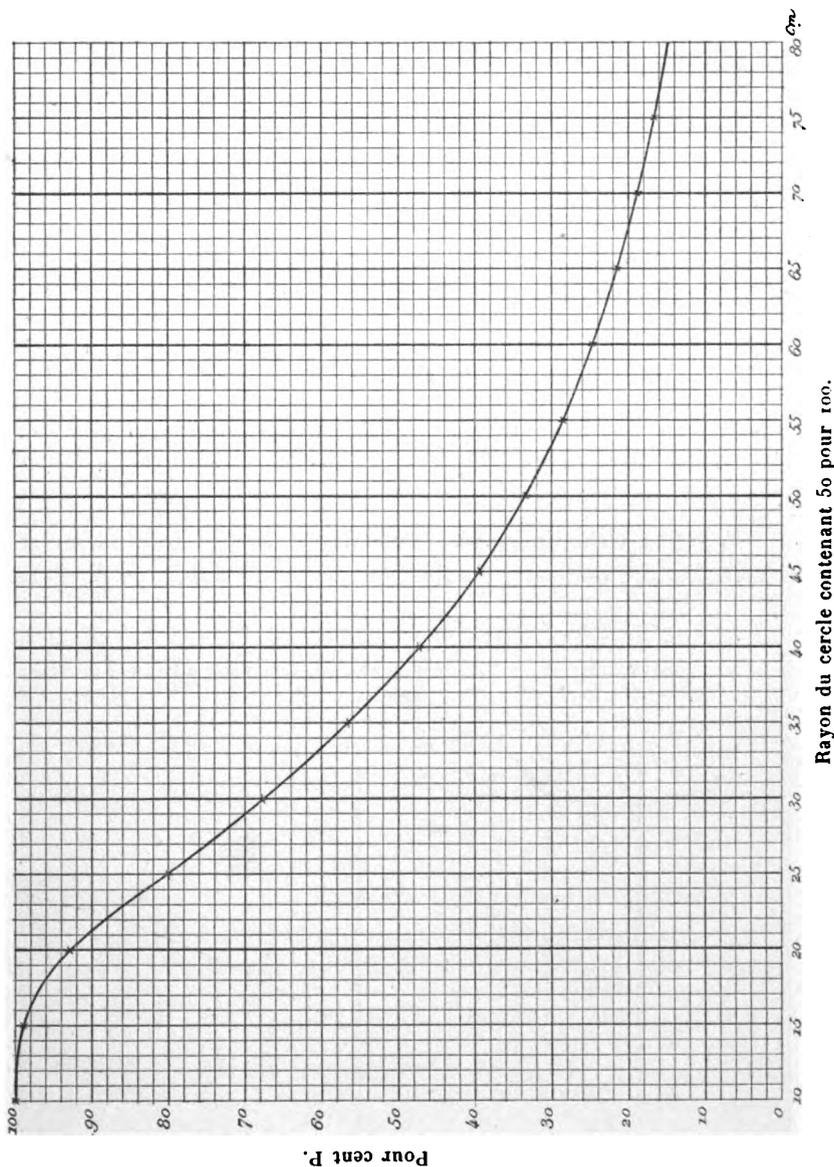
du pour cent des plombs, mis en tir réglé dans le cercle de $0^m,762$ de diamètre, à l'écart probable, et réciproquement.

La *fig.* 90 permet de passer du pour cent dans le cercle de $0^m,762$ au rayon du cercle contenant 50 pour 100 des plombs, et réciproquement.

Les diagrammes des *fig.* 89 et 90 permettent de trouver l'écart

probable ou le rayon de 50 pour 100 correspondant au pour cent

Fig. 90.
Rayon du cercle contenant 50 pour 100 des plombs en fonction du pour cent P des plombs mis dans un cercle de $0^m,762$ de diamètre.



des plombs mis dans un cercle de rayon quelconque et autre que 30 inch ($0^m,762$). Pour trouver, par exemple, l'écart probable

J.

ou le R_{30} correspondant au pour cent dans un cercle de 36 inch, on cherchera l'écart probable ou le R_{30} correspondant au même pour cent dans le cercle de 30 inch et l'on multipliera cet écart par

$$\frac{36}{30} = 1,2.$$

Dans les concours de fusil de chasse qui ont eu lieu en Angleterre depuis 1896, on tirait sur une cible circulaire sur laquelle étaient tracés six cercles formant un cercle central et cinq couronnes circulaires qui toutes avaient la même superficie (1140cm^2 , 1) que le cercle central.

Le diamètre du 1 ^{er} cercle était	15 ^{inch}	=	0,381 ^m
» 2 ^e »	21,22	=	0,539
» 3 ^e »	26,00	=	0,661
» 4 ^e »	30,00	=	0,762
» 5 ^e »	33,55	=	0,852
» 6 ^e »	36,79	=	0,734

Voici, à titre d'exemple, le résultat d'un tir tel qu'il a été relevé dans un des concours de fusil de chasse organisés en Angleterre.

Tir à la distance de 40 yards (36^m,6) canon droit.

Fusil calibre 12, n° 5446. Poids 2^{ks},650. Longueur du canon 0^m,762.
2^{sr},45 de poudre pyroxylée. 28^{sr}.35 de plomb n° 6 (210 grains). Pression 217^{ks}:cm².

NUMEROS des coups.	NOMBRE DE GRAINS dans la zone n°						TOTAL dans le cercle de 0 ^m ,762.	EN DEHORS du cercle de 0 ^m ,762.	VITESSE V ₄₇ .	RECU. kg.m
	1.	2.	3.	4.	5.	6.				
1.....	31	30	27	27	22	27	115	155	349 ^m	3,72
2.....	43	35	29	22	18	14	129	141	353	3,76
3.....	40	31	36	20	15	9	127	143	343	3,69
4.....	28	27	31	29	20	25	115	155	350	3,84
5.....	41	33	24	26	18	16	124	146	349	3,73
6.....	50	40	29	21	26	8	140	130	345	3,69
7.....	22	25	25	23	29	23	95	175	356	3,77
8.....	37	28	28	26	20	27	119	151	352	3,78
9.....	45	41	22	25	19	13	133	137	357	3,84
10.....	35	38	29	34	27	14	136	131	357	3,85
Moyennes.	37	33	28	25	21	18	123	147	351,5	3,77

Les personnes qui ont été chargées de l'exposé de ces résultats ne les ont pas autrement résumés qu'en faisant la moyenne des dix résultats partiels obtenus avec chaque canon. Il en résulte que la dispersion du tir d'un seul canon, avec une seule espèce de cartouches, se trouve définie par huit nombres qui ne sont pas comparables entre eux à simple vue.

La comparaison de la dispersion de divers fusils ou de diverses espèces de cartouches devient ainsi impossible à faire, en raison même de l'abondance des résultats que l'on a recueillis.

Pour rendre possibles ces comparaisons, il aurait fallu condenser en un seul chiffre tout ce qui est contenu de renseignements dans les huit moyennes qui ont été données. Il aurait suffi pour cela de faire servir chacune de ces moyennes à la détermination d'une même unité, qui pouvait être, soit le rayon du cercle contenant 50 pour 100 des plombs, soit les écarts probables, soit encore le pour cent dans un cercle ou rectangle de dimensions déterminées.

A titre d'exemple, nous avons déduit du Tableau ci-dessus le rayon du cercle contenant 50 pour 100 des grains. Nous avons trouvé ainsi

$R_{50} = 0,414$	déduit de la contenance dans le cercle n°	1
= 0,401	" "	2
= 0,409	" "	3
= 0,408	" "	4
= 0,406	" "	5
= 0,405	" "	6
<hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/>		
= 0,407	en moyenne.	

La valeur $R_{50} = 0^m,407$ résume d'une façon complète les 8 chiffres et les 8 moyennes qui ont été donnés dans le Tableau relevé en Angleterre pour définir la dispersion du tir de la cartouche et du fusil employés.

7. Nombre de grains par décimètre carré. — La mesure de la dispersion par le nombre de grains contenus dans un décimètre carré au centre du groupement est à recommander lorsqu'il s'agit du tir du plomb de chasse dans un fusil ou des cartouches rayées. Dans ce dernier genre de tir, la dispersion se fait tout autrement que dans le tir normal des fusils lisses. La densité des empreintes

ne va plus en décroissant du centre à la périphérie du groupement suivant les lois habituelles de la probabilité. La rayure du fusil ou de la cartouche destinée au tir du plomb agit de telle sorte que la densité des empreintes soit sensiblement uniforme dans presque tout le groupement.

La mesure de la dispersion par le nombre de grains contenus dans un décimètre carré n'est pas à recommander pour le cas du tir normal des fusils lisses, parce que la densité des empreintes diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre du groupement. Pour mesurer directement la dispersion des fusils lisses par ce procédé, il faudrait ne mesurer la densité que sur une surface restreinte au centre du groupement. Il faudrait donc tirer un assez grand nombre de coups pour avoir le nombre cherché avec une approximation suffisante. Si l'on faisait porter les mesures sur plus du $\frac{1}{100}$ de la surface couverte par le groupement, on obtiendrait des chiffres d'autant plus faibles pour la densité que la fraction du groupement relevé serait plus grande.

Lorsqu'on connaît l'écart probable ou le rayon de 50 pour 100, on peut calculer au moyen de la Table de probabilités le nombre probable de plombs par décimètre carré qui doivent se trouver dans une partie quelconque du groupement d'un fusil non rayé.

8. Incertitude des mesures de la dispersion. — Quels que soient le soin et la régularité avec lesquels on charge les cartouches à plombs, quel que soit le fusil et quelles que soient les précautions que l'on prenne, le tir d'une même espèce de cartouches dans un même fusil donne lieu à une dispersion assez variable d'un coup à l'autre.

Les mesures de la dispersion qui comportent le moins d'incertitude, quand le nombre de grains est considérable, sont celles qui consistent à déterminer le rayon du cercle ou les bandes qui contiennent la moitié des grains, ou encore le nombre de grains mis dans un cercle ou des bandes que l'on sait devoir contenir *en moyenne* la moitié du groupement.

Dans un concours de fusils de chasse organisé par le *Field* en 1866, on a tiré 32 fusils calibre 12 à canons cylindriques provenant des meilleurs armuriers anglais.

Le tir de chaque canon comportait 12 cartouches, soit 24 par fusil. Chaque cartouche avait 32^{gr} de plomb comprenant 316 grains.

Pour apprécier la dispersion, on relevait le nombre de plombs mis dans une cible circulaire de 0^m,762 de diamètre à la distance de 36^m,6.

Nous avons groupé les résultats obtenus par les fusils qui ont été classés les vingt premiers dans ce concours et nous en avons déduit ce qui suit.

Le nombre moyen de plombs mis dans la cible a été 106,6.

Le meilleur coup de chaque série de 10 cartouches avait en moyenne 134 plombs dans la cible et le moins bon 76. Il y a donc eu une différence moyenne de 27 plombs, soit 25,4 pour 100, entre le meilleur coup et la moyenne de la série de 10 coups, et une différence de 31 plombs soit 27,7 pour 100 entre la moyenne et le coup le moins bon. La différence totale a été en moyenne de 58 plombs, soit 54,5 pour 100.

Dans un autre concours fait en 1896, on a tiré 12 fusils à canons choke bored. Le tir comportait 10 cartouches par canon, soit 20 par fusil, à chacune des distances de 18^m,3, 27^m,4 et 36^m,6; le total des cartouches tirées a été de 3600. Le nombre de grains de plomb de chaque cartouche était en moyenne de 259. On relevait le nombre de grains mis dans la cible de 0^m,762 de diamètre.

Voici les résultats obtenus :

DISTANCE du tir.	POUR CENT des plombs mis dans la cible de 0 ^m ,762.	DIFFÉRENCE entre la moyenne et le coup		DIFFÉRENCE extrême.
		le meilleur.	le moins bon.	
^m 36,6	pour 100 56	pour 100 16	pour 100 26	pour 100 42
27,4	65	14	26	40
18,3	81	12	17	29
Moyenne.....	67,5	13	21	37

Les résultats qui précèdent prouvent que les causes de variation de la dispersion influent davantage sur le tir des canons cylindriques que sur celui des canons choke bored.

Lorsqu'on tire dans un fusil calibre 12 à canon choke des cartouches contenant 343 grains de plomb n° 6 (36^{gr}), on met en moyenne, sur un très grand nombre de coups, 218 grains dans une cible circulaire à la distance de 35^m. Lorsqu'on tire seulement 2 séries de 10 coups, il y a une chance sur deux pour que les nombres moyens de grains en cible, dans chacune de ces séries de 10 coups, diffèrent de 5 grains.

En tirant 12 séries de 10 coups, il y aura probablement une différence de 34 grains entre la meilleure et la moins bonne série de 10 coups. Dans chaque série de 10 coups, la différence entre le meilleur et le moins bon coup sera en moyenne de 89 grains.

Ce qui précède fait voir que, pour déterminer avec quelque exactitude le nombre de plombs mis par un fusil dans une cible d'un diamètre déterminé, il ne faut pas se borner à un tir de quelques cartouches et qu'il ne faut pas attribuer une grande importance à une différence de quelques plombs mis en cible par divers fusils dans lesquels on n'a tiré qu'une dizaine de coups.

9. Division des causes de la dispersion du plomb. — La dispersion des grains de plomb d'une même charge est attribuable à des causes multiples.

L'action de plusieurs de ces causes se produit au moment où le plomb sort du canon, et elle cesse dès que le plomb se trouve à une petite distance de la bouche. Nous désignerons les déviations qui résultent de ces causes sous le nom de *déviations initiales*.

Pendant leur trajet dans l'air, les plombs se trouvent soumis d'une façon continue à la résistance de l'air qui cause des déviations variables pour chaque plomb. Nous désignerons les déviations attribuables à cette cause sous le nom de *déviations postérieures à la sortie*.

Si les causes de déviations initiales agissaient seules pour produire la dispersion du plomb, les écarts seraient proportionnels à la portée.

Si les causes de déviations postérieures à la sortie agissaient seules, les déviations mesurées angulairement seraient nulles à la bouche et très faibles aux petites distances.

En réalité, ces causes de déviations agissent toutes les deux et successivement. L'écart des grains à une distance déterminée peut

donc être considéré comme étant la résultante des écarts dus aux causes de déviations initiales et de ceux dus aux causes de déviations postérieures à la sortie.

III. — DISPERSION DU PLOMB DE CHASSE AUX DIFFÉRENTES DISTANCES.

1. **Valeur des écarts.** — Le Tableau ci-après donne les écarts probables, les rayons du cercle contenant 50 pour 100 des plombs et les diamètres du cercle contenant 98 pour 100 des plombs de 4 grosseurs aux distances de 10^m à 80^m.

Les chiffres relatifs au plomb n° 1 résultent de nombreuses expériences que nous avons faites. Ceux relatifs au plomb n° 41 sont le résultat de tirs moins nombreux, et enfin ceux relatifs aux chevrotines ne résultent que d'un assez petit nombre d'expériences.

Les fusils dont nous nous sommes servis ont varié du calibre 6 au calibre 32; ils étaient de bonne qualité moyenne.

Les chiffres relatifs au plomb n° 6 chilled-shot ont été déduits des résultats de tirs faits en Angleterre avec deux fusils calibre 12 et qui ont été publiés par le *Field* du 17 novembre 1888.

Dans le Tableau ci-après, l'écart probable est désigné par E_p ;

Le rayon des 50 pour 100 est désigné par R_{50} ;

Le diamètre des 98 pour 100 est désigné par D_{98} .

Dispersion du tir à plombs dans de bons fusils de chasse.

PLOMB.	Mou.			Chilled shot.			Durci.			Durci.		
	Dureté.....	Numéro.....	Diamètre.....	Poids du grain.	6 (anglais).	2 ^{mm} , 6.	0 ^{sr} , 105.	1.	3 ^{mm} , 9.	0 ^{sr} , 375.	Chevrotines.	5 ^{mm} à 7 ^{mm}
PORTÉES.	E _p .	R ₅₀ .	D ₉₈ .	E _p .	R ₅₀ .	D ₉₈ .	E _p .	R ₅₀ .	D ₉₈ .	E _p .	R ₅₀ .	D ₉₈ .
<i>Canons choke bored ordinaires.</i>												
m	cm	cm	m	cm	cm	m	cm	cm	m	cm	cm	m
10.....	4,3	7,5	0,36	4,1	7,2	0,34	3,0	5,3	0,25	3,2	5,6	0,26
20.....	11	19,2	0,91	9,1	15,9	0,75	7,7	13,5	0,64	6,8	12	0,56
30.....	22	38,4	1,8	14,7	25,6	1,2	13	22,7	1,1	11	19	0,91
35.....	29,5	51,5	2,5	18,0	31,4	1,5	16,2	28,3	1,3	13	22,7	1,1
40.....	38	66	3,1	21,5	37,6	1,8	19,5	34,0	1,6	15,5	27	1,3
50.....	61	107	5,1	29,7	51,8	2,5	27,2	47,5	2,3	21,5	38	1,8
60.....	85	148	7,0	39,4	68,5	3,3	36	63	3,0	28,5	50	2,4
70.....	"	"	"	52,5	92	4,4	47	82	3,9	36	63	3,0
80.....	"	"	"	"	"	"	63	110	5,2	45	79	3,7
<i>Canons cylindriques.</i>												
10.....	6,7	11,7	0,55	6,6	11,7	0,55	5,5	9,6	0,46	4,5	7,9	0,37
30.....	15	26,2	1,2	13,7	24,0	1,1	11,6	20,3	0,96	9	16	0,75
35.....	26	45,5	2,2	21,2	37,0	1,8	19,0	33,2	1,6	14	24	1,2
40.....	33,7	59,0	2,8	25,0	43,7	2,1	22,8	40,1	1,9	17	30	1,4
50.....	42	73	3,5	29,3	51,1	2,4	27,0	47	2,2	20	35	1,7
60.....	67	117	5,6	38,1	66,5	3,2	35,5	62	3,0	27	47	2,2
70.....	102	178	8,5	47,6	83	4,0	44,5	78	3,7	34	59	2,8
80.....	"	"	"	58,5	102	4,9	54	94	4,5	42	73	3,5
80.....	"	"	"	"	"	"	65	114	5,4	50	87	4,1
<i>Canons choke bored donnant le tir le plus serré.</i>												
20.....	"	"	"	7,9	13,8	0,66	"	"	"	"	"	"
25.....	"	"	"	10,1	17,7	0,84	"	"	"	"	"	"
30.....	"	"	"	12,5	21,8	1,04	"	"	"	"	"	"
35.....	"	"	"	15,1	26,3	1,25	"	"	"	"	"	"
40.....	"	"	"	17,9	31,3	1,48	"	"	"	"	"	"
45.....	"	"	"	21,2	37	1,76	"	"	"	"	"	"

2. Pour cent et nombre absolu de grains dans des cercles de 0^m,75 et de 0^m,762. — Les écarts ci-dessus nous ont permis de calculer le nombre de grains mis par les différents fusils et les charges de plomb qui y sont habituellement tirées, dans les cibles de 0^m,75 de diamètre usitées sur le continent et dans celles de 0^m,762 usitées en Angleterre.

Pour cent et nombre N absolu de grains mis dans une cible circulaire de 0^m,75 de diamètre en tirant du plomb durci dont le grain a 2^{mm},6 et pèse 0^{sr},105.

CANONS											
LECKE FORT.				CHÔKE MOYEN.				CYLINDRIQUES.			
POURCENT.	R ₅₀ .	N.		POURCENT.	R ₅₀ .	N.		POURCENT.	R ₅₀ .	N.	
		24 ^{sr}	30 ^{sr}			24 ^{sr}	30 ^{sr}			24 ^{sr}	30 ^{sr}
Poids du plomb.....		24 ^{sr}	30 ^{sr}			24 ^{sr}	30 ^{sr}			24 ^{sr}	30 ^{sr}
Nombre de grains.....		229	286			229	286			229	286
PORTÉES.											
	R ₅₀ .										
25 ^m	17,7	219	273	206	257	206	257	30,6	149	187	223
30.....	21,8	200	249	177	221	177	221	37,0	117	146	175
35.....	26,3	173	216	146	182	146	182	43,8	91	114	137
40.....	31,3	144	180	114	143	114	143	51,1	72	98	112

RÉSULTATS DES TIRS AVEC LES UNITÉS ADOPTÉES EN ANGLETERRE.

Pour cent et nombre N absolu de grains mis dans la cible de 0^m,762 (30 inch) de diamètre en tirant du plomb n° 6 durci dont le grain a 2^{mm},6 et pèse 0,57, 105.

PORTÉES.		CANONS														
		CHOKÉ FORT.		CHOKÉ MOYEN.		CYLINDRIQUES.										
Yards.	Mètres.	R ₃₀ .	POUR CENT.	N.	N.	R ₃₀ .	POUR CENT.	N.	N.							
20	18,3	12,6	100	236	279	304	11,5	99,38	234	268	302	22,0	87,45	206	236	266
30	27,4	19,7	92,5	218	250	281	23,0	84,98	201	229	258	33,6	59,02	139	159	179
40	36,6	27,9 (1)	72,4 (1)	171 (1)	195 (1)	220 (1)	32,7	60,91	144	165	188	46,0	37,90	89	102	115
50	45,7	37,8	54,76	129	148	166	43,7	38,33	91	104	116	60,0	24,50	58	66	75
60	54,9	"	"	"	"	"	59,5	31,84	59	67	75	74,3	16,77	40	45	51

(1) Ce résultat est considéré comme ne pouvant être atteint que par les fusils qui donnent le tir le plus serré.

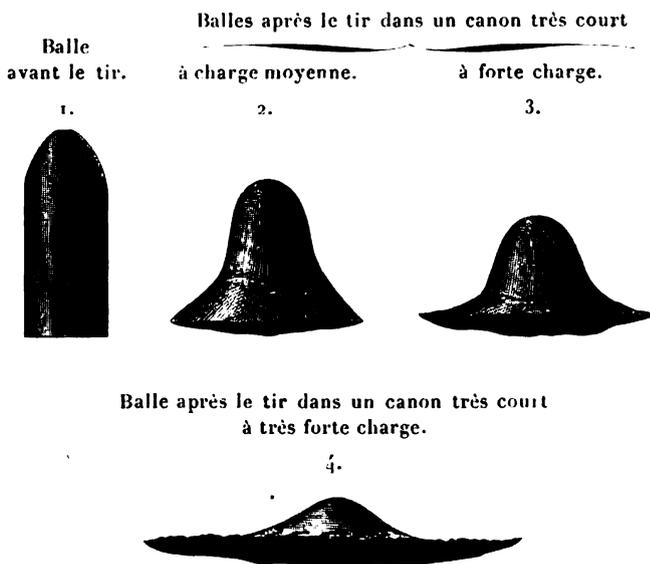
Les écarts, les pour cent et le nombre de grains mis dans les cibles sont pratiquement indépendants du calibre du fusil. Les résultats qui précèdent s'appliquent donc au tir de tous les fusils de chasse lisses.

IV. -- ÉTUDE DES CAUSES DE DISPERSION DU PLOMB DANS LES FUSILS LISSES.

A. — INFLUENCE DU FUSIL.

1. Cause de la dispersion initiale dans les canons cylindriques.
— Quand on tire des balles allongées en plomb, telles que les balles modèle 1874, dans un fusil coupé de telle sorte que ces balles n'aient à y parcourir qu'une très faible longueur (1 à 5 calibres), on observe des phénomènes curieux qui ont leurs analogues dans le tir des fusils de chasse.

Fig. 91.



Les balles tirées dans les conditions qui viennent d'être énoncées ont l'arrière d'autant plus étalé que la pression sur l'arrière,

au moment de la sortie, a été plus forte et que le métal est plus mou. Lorsque la pression sur l'arrière de la balle dépasse une certaine limite, le métal de celle-ci se trouve écrasé; les parois du canon maintiennent la balle tant qu'elle se trouve dans le canon; mais, au moment de la sortie, l'étalement se produit comme l'indique la *fig. 91*.

Une charge de plombs de chasse se trouve, au moment de la sortie du canon, pressée, d'une part, par les gaz de la poudre qui tendent à vaincre l'inertie de la masse et, d'autre part, comprimée par la résistance de l'air dont l'action s'exerce en sens inverse de celle des gaz de la poudre. La charge de plombs n'ayant aucune cohésion s'étale sur elle-même sous l'effort des forces que nous venons d'indiquer. Le schéma des mouvements qui se produisent à la sortie du canon est indiqué par la *fig. 92*.

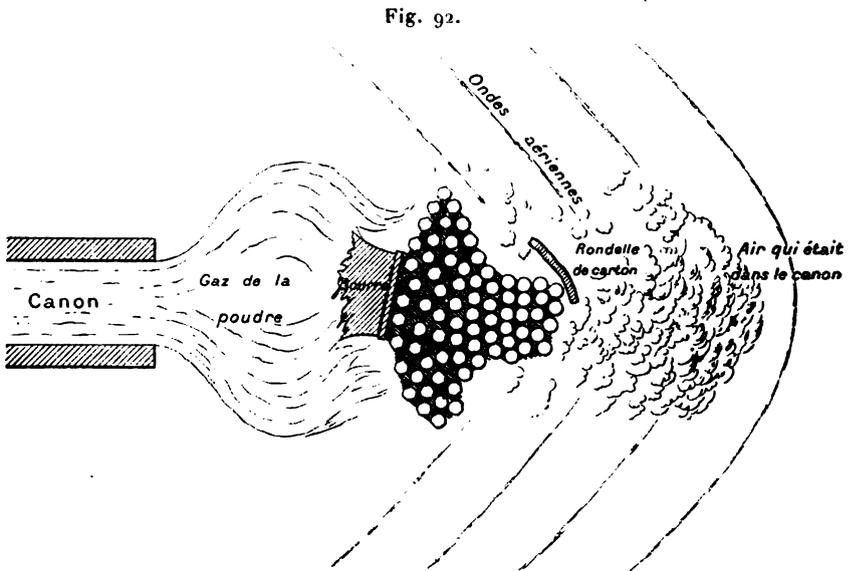


Schéma de la dispersion d'une charge de plomb sortant d'un canon cylindrique, d'après des photographies instantanées.

Ce sont les plombs situés à l'arrière et sur les bords qui reçoivent les directions les plus divergentes.

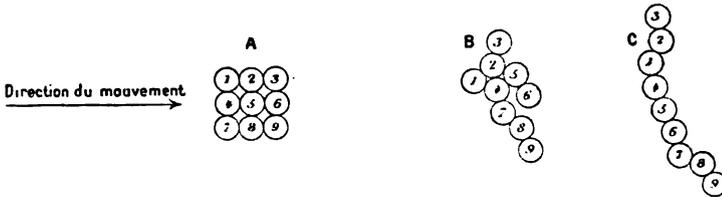
L'observation suivante vient à l'appui de cette assertion.

Lorsqu'on examine les empreintes faites par du plomb de

chasse sur des cibles en papier fort ou en bois tendre, on constate que, vers la périphérie du groupement, les grains déformés ou de l'arrière de la charge sont dans la proportion de $\frac{2}{3}$ contre $\frac{1}{3}$ de grains sphériques ou très peu déformés. Au contraire, aux environs du centre du groupement la proportion est de $\frac{2}{3}$ de grains sphériques contre $\frac{1}{3}$ de grains déformés. Ce sont donc bien les couches de grains situés à l'arrière qui subissent les plus fortes déviations initiales.

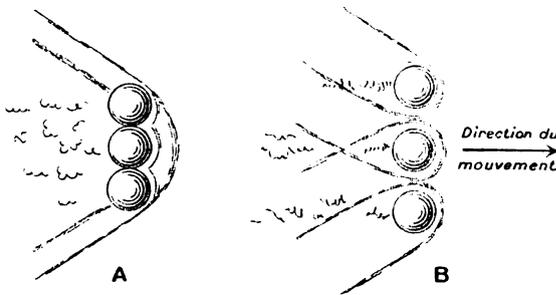
Considérons maintenant un groupe de grains qui sortent du canon accolés l'un à l'autre et que, pour simplifier, nous limiterons à 9 (*fig. 93*).

Fig. 93.



Tant qu'ils sont groupés comme en A, la résistance de l'air s'exerce à peu près exclusivement sur les grains de l'avant. En raison de cette résistance les grains de l'avant tendent à rouler ou

Fig. 94.



à basculer sur ceux de l'arrière; le phénomène de basculement dû à cette cause se poursuit comme l'indique la *fig. 93* en B et C jusqu'à ce que les grains soient à peu près tous en ligne.

Une nouvelle cause de dispersion intervient sur les grains ainsi disposés. Par suite du mouvement des projectiles, l'air se condense

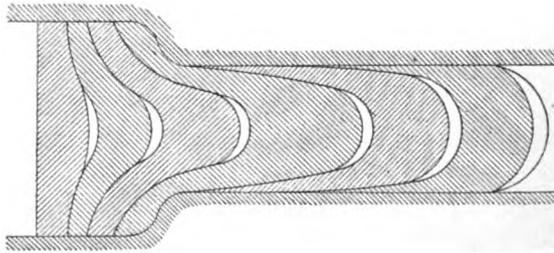
dans les intervalles des grains et agit pour les séparer (*fig. 94*). Les grains lancés en paquet serré sont donc forcés de se disperser et de s'écarter l'un de l'autre pendant leur mouvement.

Les causes que nous venons de décrire sont celles qui produisent la déviation initiale des grains. Ces causes subsisteront toujours tant qu'on lancera la charge de plombs en un seul paquet, et la dispersion ne pourra être sérieusement diminuée que lorsqu'on lancera les grains *successivement* avec une certaine distance entre chaque grain.

Nous verrons, dans le Chapitre VII, quels seraient les moyens à employer pour obtenir ce résultat.

2. Influence d'un étranglement à la bouche du canon sur la dispersion. — Tresca a fait, au Conservatoire des Arts et Métiers, des expériences pour étudier la disposition que prennent des corps qui sont forcés par pression de traverser un étranglement. Il a fait ces expériences avec des substances très variées, des lames de plomb, de fer, de cuivre, du plomb de chasse, etc., principalement dans le but d'étudier les effets du poinçonnage. Il se trouve que ces expériences nous aideront à comprendre ce qui se passe dans un canon choke bored au moment du passage du plomb.

Fig. 95.



La *fig. 95* représente une coupe longitudinale des matières forcées de passer par un étranglement dans les expériences de Tresca.

Lorsqu'une charge de plomb de chasse arrive dans la partie étranglée qui se trouve à la bouche d'un canon choke bored, la charge de plomb prend, en passant à travers la partie choke, la disposition qui est représentée *fig. 96*.

Nous avons fait voir, en traitant de l'influence du choke sur la

vitesse, que le choke a pour effet d'espacer les couches de plombs de la charge en donnant plus de vitesse aux plombs de l'avant qu'à ceux de l'arrière. Il en résulte que le bousculement et le carambolage des plombs qui se produisent au sortir des canons cylindriques

Fig. 96.

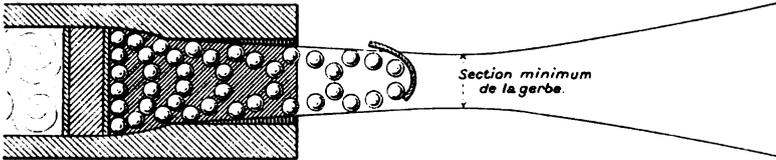


Schéma du mouvement d'une charge de plomb sortant d'un canon choke bored.

driques et qui sont représentés *fig. 92* n'ont pas lieu avec les canons choke.

La dispersion initiale d'une charge de plomb de moyenne grosseur (2^{mm},5 à 3^{mm}) tirée dans un canon choke n'est que les 0,65 de ce qu'elle est dans les canons cylindriques.

L'effet du choke diminue lorsque la grosseur des plombs augmente. Dans un fusil calibre 12 la dispersion du choke est les 0,76 de celle du canon cylindrique pour les plombs n° 1 (3^{mm},9); elle en est les 0,95 pour les plombs n° 00 (4^{mm},7); elle en est les 0,9 pour les chevrotines par lits de 7 ($\alpha = 6^{\text{mm}}, 15$). Elle est égale dans les deux sortes de canons pour les chevrotines par lits de 4 ou de 3 ($\alpha = 6^{\text{mm}}, 8$ à $8^{\text{mm}}, 5$). En résumé le choke n'a d'influence sérieuse sur la dispersion que lorsqu'on y tire du plomb dont le diamètre est inférieur au $\frac{1}{5}$ de celui du canon (¹).

Nous avons fait des tirs dans un fusil calibre 13^{mm},6 au bout duquel on pouvait fixer des parties choke à étranglement plus ou moins prononcé. Dans une première série d'expériences la longueur de la partie cylindrique au delà de l'étranglement était relativement grande et de 44^{mm}. Cette partie cylindrique a été réduite pour une deuxième série de tirs à la longueur d'environ 25^{mm} et pour une troisième série à la longueur de 13^{mm}.

(¹) On fait des canons choke spécialement destinés au tir du gros plomb et des chevrotines. Dans ces canons la pente du raccordement du choke est relativement douce, elle est sans ressaut. Nous manquons de renseignements précis sur la façon dont ces fusils groupent comparativement les gros et les petits plombs.

Nous avons déjà donné (p. 164) les vitesses observées avec ces canons. Les résultats de la dispersion du tir sont donnés ci-après.

Tir à 10^m du fusil calibre 32 (13^{mm},6) avec ou sans choke.

DIAMÈTRE de la bouche.	ÉTRAN- GLEMENT.	LONGUEUR de la partie cylindrique au delà de l'étranglement.	POUDRE.		POIDS de plomb n° 1.	V ₀ dans le canon cylindrique.	NOMBRE de coups.	ÉCART probable à 10 ^m .
			Nature.	Poids.				
13,6 <small>mm</small>	0 <small>mm</small>	» <small>mm</small>	forte n°3	2,5	21	362	5	5,3 <small>cm</small>
12,6	1,0	44					10	3,8
12,2	1,4	44					10	4,2
11,8	1,8	44					10	3,4
10,6	3,0	43					10	4,2
13,6	0	»	forte n°4	2,5	21	396	5	5,8
12,6	1,0	25					10	4,5
12,2	1,4	26					10	4,0
11,9	1,7	30					10	3,5
10,8	2,8	28					10	5,2
13,6	0	»	forte n°4	2,5	21	378	10	6,4
12,6	1,0	13					10	6,0
12,2	1,4	13					5	5,5
12,0	1,6	13					5	5,4
11,0	2,6	11					5	7,4

Il semble résulter de cette série d'expériences que la moindre dispersion est obtenue avec une partie cylindrique d'autant plus longue au delà de l'étranglement que la valeur de cet étranglement est plus grande.

La pente du cône formant l'étranglement a paru pouvoir varier dans de grandes limites sans que la dispersion varie. Mais le métal du canon fatigue d'autant plus que l'étranglement est plus fort et que sa pente est plus prononcée. Dans les expériences relatées ci-dessus, nous avons eu plusieurs fois des éclatements ou des fentes de la partie étranglée, lorsque l'étranglement dépassait 2^{mm}, quoique l'épaisseur du métal y fût supérieure à 1^{cm}.

Nous avons tiré des balles modèle 1879, en plomb pur, calibre 11^{mm}, dans un fusil modèle 1874 au bout duquel on pouvait fixer une partie choke dont la partie étranglée avait le calibre de 8^{mm}.

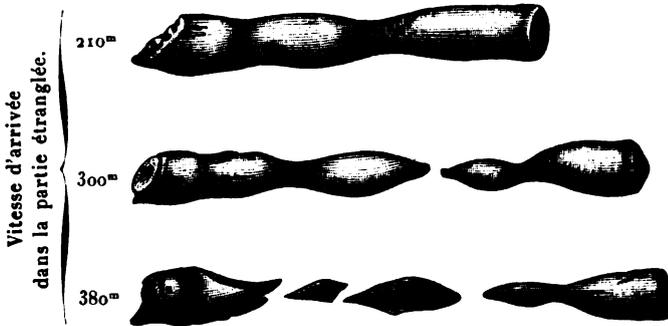
Les balles tirées dans ce fusil prenaient l'aspect représenté sur la *fig. 97*.

Fig. 97.

Balle sortant du canon calibre 11^{mm}, 0.



Balles après le passage dans la partie étranglée calibre 8^{mm}, 0.



Cette expérience fait voir que des balles en plomb subissent, en traversant une partie fortement étranglée, des phénomènes de contraction rythmée analogues à ceux que présentent les filets d'eau sortant d'un orifice relativement étroit (*fig. 98*).

Fig. 98.



Aspect d'un filet d'eau d'après des photographies instantanées.

On peut remarquer aussi que la forme du bout des lances de pompes à incendie et de celles des jets d'eau est à peu près semblable à celle du bout des canons choke, sauf que l'étranglement des lances à eau est plus fort que celui des canons destinés au tir du plomb de chasse.

L'analogie déjà constatée entre les phénomènes que présente une gerbe de plombs sortant d'un canon choke et ceux que présente une veine liquide sortant d'un ajutage, tel que celui

d'une seringue, s'étend encore à la forme de la trajectoire, à l'ouverture croissante de la gerbe et à l'espacement progressif avec la portée des grosses gouttes et des petites.

Les expériences de contraction rythmée des balles sous l'influence du passage dans un étranglement ne peuvent être faites qu'avec des canons très épais, très solides et malgré cela sacrifiés d'avance. En essayant de répéter ces expériences avec le canon choke d'un fusil ordinaire de chasse, on produirait peut-être une légère contraction de la balle, mais on produirait sûrement le gonflement ou l'éclatement de la partie étranglée du canon.

L'étude du mécanisme de la dispersion du plomb de chasse aux environs de la bouche pourrait être faite au moyen de la photographie instantanée. Nous l'avons essayée, mais nous n'avons pas réussi à obtenir des photographies de la gerbe de plomb à moins de 1^m,5 de la bouche, avec le matériel dont nous disposions. Nous signalons à ceux qui en auraient le temps et le moyen tout l'intérêt qu'il y aurait à faire une étude complète de cette question.

3. Influence de la grandeur de l'étranglement sur la dispersion.
— Voici le résultat d'expériences faites sur ce sujet, en Angleterre, par M. Griffith.

FUSIL CALIBRE 12. — *Cartouches comprenant 28^r,72 de poudre Schultze et 31^r,9 de plomb n° 6 (2^{mm},6), soit 304 grains. Distance 36^m,60.*

LONGUEUR du canon.	DIAMÈTRE intérieur du canon dans la partie cylindrique.	ÉTRAN- GLEMENT du choke.	V ₀ déduit de V _{12,3} .	V _{12,3} observé.	PLOMBS dans le cercle de 0 ^m ,762.		ÉCART probable du groupement.
					Nombre absolu.	Pour cent.	
76,2 cm	18,85 mm	0,00 mm	353,0 m	249,3 m	120	39,5	25,5 cm
71,1	18,80	0,53	364,3	357,3	155	51,0	21,3
71,1	18,67	0,56	371,6	264,1	183	60,2	18,7
76,2	18,80	0,84	373,2	264,6	209	68,8	16,6
71,1	18,80	0,86	374,8	265,2	212	69,8	16,4
71,1	18,62	0,71	376,2	265,7	217	71,4	16,0
76,2	18,67	0,76	376,2	266,7	218	71,7	15,9
76,2	18,80	0,91	376,7	267	222	73,1	15,6

Expériences sur le même sujet faites en Allemagne à Halensée.

Tir sur une cible circulaire de 0^m, 75 de diamètre à la distance de 35^m.

CANONS.	CALIBRE 12.				CALIBRE 16.																
	Numéro	Diamètre	Poids	Nombre de grains	3	7	3	7													
PLOMBS.	3 ^{mm} , 5	34 ^{er} , 5	136	374	3 ^{mm} , 5	2 ^{mm} , 5	3 ^{mm} , 5	2 ^{mm} , 5													
	34 ^{er} , 5			374	28 ^{er} , 6		28 ^{er} , 6	28 ^{er} , 5													
	309				113		113	309													
CANONS.	Désignation.	Étranglement.		ÉCART probable.	GRAINS en cible.	GRAINS en cible.	ÉCART probable.	GRAINS en cible.	ÉCART probable.												
		Cal. 12.	Cal. 16.							Nombre.	Pour cent.	Nombre.	Pour cent.	Nombre.	Pour cent.						
		mm	mm							cm	cm	cm	cm	cm	cm						
		Cylindrique	0,00							0,00	62 à 69	48	21,6	234 à 149	38	25,5	52 à 57	48	111 à 123	38	25,5
		Cylindrique amélioré.	0,10							0,07	65 à 73	51	20,8	142 à 161	41	24	54 à 61	51	117 à 133	41	24,4
Choke faible.	0,35	0,25	69 à 81	55	19,5	153 à 191	46	22,1	57 à 68	55	126 à 157	46	22,4								
Choke moyen.	0,70	0,55	77 à 91	62	17,6	183 à 224	54	19,8	64 à 76	62	151 à 185	54	19,8								
Choke fort.	1,00	0,85	81 à 95	66	16,8	213 à 239	60	18,2	71 à 79	66	176 à 198	60	18,2								
Choke très fort.	au delà		88 à 96	68	16,5	228 à 237	63	17,4	73 à 80	68	188 à 204	63	17,4								

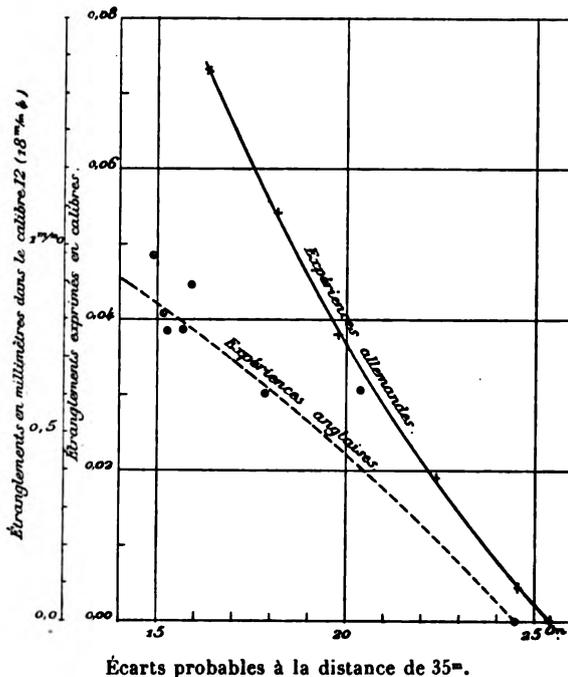
Le Tableau ci-dessus des expériences faites à Halensée n'est certainement pas le résultat brut d'une série d'expériences. Les résultats expérimentaux ont été certainement régularisés; toutefois, cette régularisation paraît avoir été faite d'une façon judicieuse.

Pour rendre ces deux séries d'expériences comparables, nous avons ramené les écarts observés en Angleterre à la distance de 36^m,6 à ce qu'ils auraient été à la distance de 35^m. De plus,

Fig. 99.

Variation de l'écart probable avec l'étranglement.

+ Expériences allemandes avec plombs de 2^{mm},5.
 ○ » anglaises » de 2^{mm},6.



nous avons exprimé les étranglements en fraction du calibre. Nous avons reporté les résultats ainsi modifiés sur la *fig. 99*.

Dans les expériences relatées ci-dessus et dans toutes celles que nous relaterons ultérieurement sur la dispersion des canons choke,

les expérimentateurs n'ont fourni aucun renseignement sur la forme de la partie choke et en particulier sur la pente du raccordement du canon à la partie étranglée. Si d'autres expériences étaient faites sur le même sujet, il serait fort utile de faire connaître la forme exacte de cette partie.

Le moyen le plus pratique pour déterminer cette forme consisterait à en faire un moulage en soufre, lequel permettrait d'en donner une coupe cotée.

Une série d'expériences ainsi faites ferait connaître quelle est la meilleure forme à donner au choke. Ce dernier point est encore mal connu.

4. Influence du calibre sur la dispersion d'un même numéro de plombs de chasse. — Nous avons constaté, dans les expériences que nous avons faites, qu'un même numéro de plombs a sensiblement la même dispersion dans les fusils des divers calibres. Nous ne donnerons pas le détail de nos expériences, parce qu'elles sont loin d'avoir eu l'ampleur de celles que nous allons relater dans ce qui suit et qui ont été faites en Angleterre.

Nous avons trouvé de nombreux documents sur ce sujet dans le résultat des concours de fusils de chasse organisés en 1896 par le *Field* et publiés par ce journal.

Les fusils expérimentés dans ces concours comprenaient la série ci-après :

CALIBRES.	POIDS DES FUSILS		LONGUEURS des canons.		NOMBRE DE CANONS			ÉTUIS.
	le plus léger.	le plus lourd.	le plus court.	le plus long.	cylindriques.	demi-choke.	choke.	
12.....	kgr 2,212	kgr 3,653	cm 61	cm 71	5	3	4	carton
16.....	2,433	2,720	66	74	4	3	5	»
20.....	2,390	2,710	66	76	7	7	4	»
21.....	2,298		61		»	»	2	»
24.....	1,952		61		»	»	2	1 carton, 1 laiton (cal. 28)
28.....	2,240		71		»	»	1	carton
29.....	1,388		56		»	»	2	laiton (cal. 32)

La distinction entre les canons cylindriques, demi-choke et choke a été faite, non pas d'après le résultat de mesures prises sur l'âme des canons, mais d'après les résultats du tir.

Chaque canon a été tiré aux distances de 18^m, 3, 27^m, 4 et 36^m, 6 à raison de 10 coups par canon et par distance. On a relevé le résultat dans la cible à 6 zones, décrite page 194.

On a employé, pour tous les tirs, le plomb anglais chilled shot n° 6 (2^{mm}, 6) dont il y a 270 grains dans une charge de 28^{gr}, 35 (une once). La charge de poudre de toutes les cartouches a été réglée de façon à donner à très peu près : $V_{4,6} = 354^m$, soit $V_0 = 366^m$. La poudre employée était une poudre pyroxylée.

Nous avons résumé, dans le Tableau ci-après, tous les résultats obtenus dans ce concours.

Écarts probables du plomb n° 6 dans les fusils de divers calibres.

CALIBRE NOMINAL.	POIDS du plomb.	CANONS cylindriques. — Portées.			CANONS DEMI-CHOKE. — Portées.			CANONS CHOKE. — Portées.		
		18 ^m , 3.	27 ^m , 4.	36 ^m , 6.	18 ^m , 3.	27 ^m , 4.	36 ^m , 6.	18 ^m , 3.	27 ^m , 4.	36 ^m , 6.
		gr	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
12.....	28,35	13,8	18,2	25,4	12,8	16,6	22,2	13,0	15,2	19,8
16.....	28,35	14,0	19,8	25,4	12,3	18,4	33,0	12,4	15,2	19,3
20.....	28,35	13,6	19,7	26,6	12,3	18,0	22,8	11,0	14,2	19,8
21.....	"	"	"	"	"	"	"	12,0	16,7	24,7
24.....	"	"	"	"	"	"	"	10,1	14,2	22,3
28.....	17,7	"	"	"	12,0	19,2	26,1	11,2	16,0	19,2
29.....	21,3	"	"	"	"	"	"	10,3 (1)	13,3 (1)	22,1 (1)
Moyenne générale...		13,8	19,2	25,8	12,4	18,0	23,0	11,4	15,0	21,0

(1) Plomb n° 5 ($p = 06^r, 1305$; $a = 2^m, 85$).

Nombre de grains de plomb n° 6 mis dans un cercle de 76^{cm}, 2 pour une charge de plomb de 28^{gr}, 35 (270 grains de plomb).

CALIBRE NOMINAL.	CANONS cylindriques. — Portées.			CANONS DEMI-CHOKE — Portées.			CANONS CHOKE. — Portées.		
	18", 2.	27", 4.	36", 6.	18", 3.	27", 4.	36", 6.	18", 3.	27", 4.	36", 6.
	12	220	168	107	240	186	130	229	203
16	219	152	107	236	166	124	235	203	157
20	221	153	100	236	184	125	250	214	149

Il résulte de cette série d'expériences, qui a porté sur 1500 coups de fusil, que pratiquement le plomb n° 6 a eu la même dispersion dans les fusils des calibres 12 à 29.

Toutefois, la dispersion paraît être *un peu* plus faible vers 20^m avec les petits calibres qu'avec les gros; c'est le contraire vers 40^m.

L'examen des résultats partiels n'a fait ressortir aucune influence résultant de la longueur du canon dans les limites où elle a varié (de 56^{cm} à 76^{cm}).

Les fusils extralégers ont, en général, donné des résultats inférieurs à ceux des fusils dont le poids se rapprochait du poids normal. L'infériorité de leur tir a paru devoir être attribuée à ce que leur réglage était en général fort médiocre, ce qui avait pour résultat de mettre le centre du groupement assez loin du centre du but; cette infériorité tenait aussi à ce que leur recul était pénible à supporter, ce qui rendait les visées difficiles à faire régulièrement.

5. Variations du diamètre intérieur des divers fusils de même calibre nominal. — Nous avons fait voir, dans le Chapitre I, que les divers fusils de même calibre nominal que l'on trouve dans le commerce peuvent avoir des canons dont les diamètres intérieurs diffèrent de plus de 0^{mm}, 5. Ces différences ne paraissent pas avoir d'influence sensible sur la dispersion.

Dans les expériences que nous avons faites, nous avons constaté :

1° Que des cartouches calibre 16, d'une même espèce, tirées dans deux canons dont l'un avait exactement $17^{\text{mm}},0$ de diamètre intérieur et l'autre $17^{\text{mm}},20$, donnaient la même dispersion.

2° Que des cartouches calibre 32, d'une même espèce, tirées dans deux canons cylindriques dont l'un avait exactement $12^{\text{mm}},9$ de diamètre intérieur et l'autre $13^{\text{mm}},6$, donnaient également la même dispersion.

6. Raccordement de la chambre et du canon. — Le diamètre de l'âme des fusils de chasse se chargeant par la culasse, et destinés au tir du plomb, doit être égal au diamètre intérieur de l'étui. La chambre doit avoir un diamètre égal à celui du canon, augmenté de la double épaisseur des parois de l'étui, qui est $1^{\text{mm}},4$ pour les calibres moyens tirant des étuis en carton, et augmenté aussi du jeu de l'étui dans la chambre, qui est $0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},4$. Le diamètre de la chambre des calibres usuels doit donc être $1^{\text{mm}},6$ à $1^{\text{mm}},8$ plus grand, près de l'extrémité de la cartouche, que celui de l'âme cylindrique.

La chambre est raccordée à l'âme par une portion de tronc de cône dont la hauteur varie suivant les armes depuis $0^{\text{cm}},5$ jusqu'à 7^{cm} à 8^{cm} . Ce sont les raccords courts, et d'environ $1^{\text{cm}},2$ dans le calibre 12, qui donnent les meilleurs résultats. Il est très important que le cône commence juste à l'extrémité de l'étui et que les étuis soient de longueur très régulière.

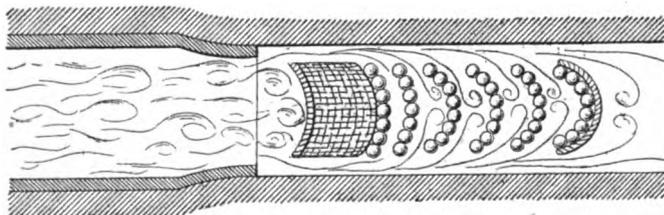
Nous avons dit qu'on peut, sans difficulté, introduire, dans une chambre de 65^{mm} de long, une cartouche dont l'étui a 70^{mm} et même 75^{mm} de long et qui a été sertie suffisamment pour que l'étui soit réduit à la longueur de 65^{mm} . Au moment du tir, le mouvement en avant du plomb déplie le sertissage et applique la portion dépliée dans le raccordement et même dans le canon. Il se forme alors à l'entrée du canon une partie étranglée, analogue au choke, par laquelle doit passer la charge.

Lorsqu'on tire, dans un fusil calibre 12, avec un étui qui, déplié, atteint la partie cylindrique du canon, la charge normale de plomb, qui a une longueur de $21^{\text{mm}},2$, doit prendre une longueur de 25^{mm} pour traverser entièrement l'étranglement formé par l'étui.

La bourre ayant à franchir la partie étranglée se met au diamètre

de celle-ci. Lorsque la bourre a dépassé l'extrémité de l'étui, elle n'obture plus; les gaz de la poudre passent par-dessus la bourre et viennent à pénétrer au milieu du plomb (*fig. 100*).

Fig. 100.



Étui trop long et chambre trop courte.

La bourre n'est plus à ce moment en contact avec l'ensemble de la charge. Elle éprouve peu de résistance sur l'avant. Son expansion latérale, qui ne peut être mise en jeu que par la compression exercée sur la face arrière par la poudre et sur la face avant par la résistance des plombs au mouvement en avant, ne s'opère que lorsqu'elle a rattrapé le gros de la charge de plombs, dispersée en avant d'elle.

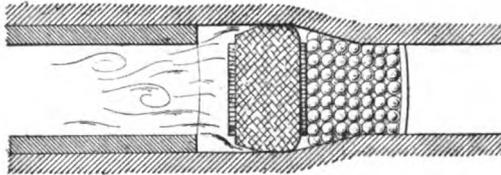
Lorsqu'on tire des cartouches en poudre noire dans ces conditions, il est facile de constater, en examinant l'âme du canon, que la bourre n'a pas rempli son rôle d'obturateur pendant un parcours de 10^{cm} à 20^{cm} après avoir franchi l'étranglement formé par la cartouche. La portion du canon qui suit immédiatement l'étui est fortement encrassée sur un parcours de 10^{cm} à 20^{cm} . Plus loin, le canon reprend son aspect normal, ce qui prouve que la bourre s'est épanouie de nouveau au diamètre de l'âme cylindrique.

Lorsque les gaz de la poudre parviennent à pénétrer au milieu du plomb pour la cause indiquée ci-dessus ou pour toute autre cause, la dispersion des plombs est fortement augmentée, la répartition des plombs dans la gerbe devient irrégulière; de plus, il se forme des grappes de plombs soudés les uns aux autres. Lorsque le tir a lieu dans des canons cylindriques, il peut même arriver que toute la charge fasse balle.

Lorsque l'étui est plus court que la chambre et lorsque la bourre est épaisse et bien plastique, elle se gonfle brusquement au sortir

de l'étui, comme le fait le bouchon d'une bouteille de champagne qu'on débouche. L'obturation des gaz se fait malgré le ressaut du bord de l'étui (*fig. 101*).

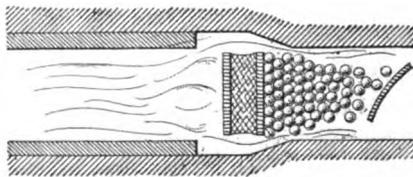
Fig. 101.



Chambre trop longue ou étui trop court.
Bourre plastique et épaisse.

Lorsque la bourre n'est pas plastique, elle peut, dans une chambre plus longue que l'étui, laisser passer en avant quelque peu des gaz de la poudre, pendant le parcours qui s'étend de la tranche avant de l'étui à la fin du raccordement (*fig. 102*).

Fig. 102.



Chambre trop longue ou étui trop court.
Bourre peu plastique.

On voit, par ce qui précède, qu'il y a grand intérêt à avoir des étuis dont la longueur soit exactement celle de la chambre.

7. Influence de la longueur du canon. — Nous avons expérimenté l'influence de la longueur du canon sur la dispersion avec des fusils cylindriques du calibre 32 dont nous avons fait varier la longueur du canon, par degrés, depuis 1^m,62 jusqu'à 0^m,510. Les longueurs ont donc varié plus que du simple au triple et ont dépassé de beaucoup, en dessus et un peu en dessous, les longueurs des armes de chasse les plus longues et les plus courtes. La disper-

sion a été identiquement la même dans tous ces canons que nous avons tirés avec des cartouches à charges fort variées.

M. Verney-Caron, armurier à Saint-Étienne, a relaté une série d'expériences faites avec un fusil calibre 12 à un coup dont le canon est formé de 8 morceaux s'ajustant les uns aux autres et permettant de faire varier la longueur totale du canon tout en conservant la même partie choke bored à l'extrémité.

Voici les résultats obtenus avec ce fusil :

POUDRE NOIRE.			POUDRE PYROXYLÉE.		
Douille de 70 ^{mm} , 54 ^{gr} ,25 poudre ordinaire n° 2, Bourres, épaisseur totale 21 ^{mm} , 354 ^{gr} de plombs n° 6 (Newcastle), 372 grains, Carton lisse sur le plomb.			Douille de 70 ^{mm} , 24 ^{gr} ,70 poudre M, Bourres, épaisseur totale 21 ^{mm} , 354 ^{gr} de plombs n° 6 (Newcastle), 372 grains, Carton lisse sur le plomb.		
LONGUEUR du canon.	POUR CENT DES PLOMBS dans un cercle de 0 ^m ,75		POUR CENT DES PLOMBS dans un cercle de 0 ^m ,75		
	à 30 ^m .	à 35 ^m .	à 30 ^m .	à 35 ^m .	
0,60 ^m	75	61	85	78	
0,65	76	66	86	79	
0,70	77	67	85	79	
0,75	80	68	86	80	
0,85	86	74	85	79	
1,00	90	77	86	79	

Dans cette série d'expériences, la longueur du canon a eu une influence sensible dans le tir avec la poudre noire et elle n'a pas eu d'influence dans les tirs avec la poudre pyroxylée M. Cette différence est probablement attribuable à la forme du choke employé. Il eût été intéressant de la faire connaître.

Le *Field* a publié les résultats de plusieurs concours de fusils de chasse dans lesquels la longueur des canons a varié de 0^m,56 à 0^m,76. Dans ces concours, la longueur des canons n'a eu aucune influence propre sur la dispersion du tir.

Nous avons constaté qu'il faut qu'un canon descende à la longueur de 0^m,16, qui est celle des anciens pistolets d'arçon, lisses, se chargeant par la bouche, pour que la dispersion du plomb de

chasse s'accroisse d'environ moitié par le fait du raccourcissement du canon.

Les fusils les plus courts que l'on fasse actuellement ont des canons de 0^m,50 et les canardières portatives les plus longues ont des canons qui ne dépassent que rarement 1^m,50. Dans ces limites, la longueur du canon n'a pas d'influence sensible sur la dispersion du plomb.

8. Influence de l'épaisseur du canon. — L'épaisseur des parois du canon est sans influence appréciable sur la dispersion du tir à plombs.

Nous disposions, pour les expériences que nous avons faites, de plusieurs canons à parois très épaisses (5^{mm} à 15^{mm}) sur toute la longueur du canon. Ces canons ont donné exactement la même dispersion que les canons de fusils de chasse ayant l'épaisseur ordinaire (1^{mm} à 1^{mm},5 à l'avant) et ayant les mêmes dispositions intérieures que nous avons tirés comparativement.

9. Influence du métal du canon. — La nature du métal, fer, damas ou acier, n'a *aucune* influence sur la dispersion du plomb de chasse.

10. Influence des vibrations. — Nous verrons, en parlant du réglage des fusils, que le tir cause aux canons de fusils des vibrations *transversales* semblables à celles d'une tige flexible que l'on agite; ces vibrations ont une forte influence sur le *rég*lage du tir, mais elles sont *sans aucune influence sur la dispersion des plombs dans la gerbe*.

La grandeur des vibrations diamétrales dépend de la relation qui existe entre la pression de la poudre et la résistance du canon. L'étendue de ces vibrations ne dépasse habituellement pas 0^{mm},05 dans les canons de chasse des calibres moyens. Ces vibrations *diamétrales* sont *sans influence* sur la dispersion.

Les vibrations *longitudinales* du canon, dues à l'allongement du canon causé par la pression, sont également *sans influence* sur la dispersion.

11. Influence de l'état intérieur des canons. — Il n'y a pas

une différence bien notable de dispersion lorsqu'on tire une même espèce de cartouches, d'une part dans un canon en parfait état de polissage et, d'autre part, dans un canon semblable mais rouillé, dépoli et légèrement cabossé.

Toutefois, un canon bien poli déforme moins les plombs, s'emplombe moins, s'encrasse moins vite qu'un canon rugueux, et donne *en moyenne* un tir un peu moins dispersé, surtout si le tir est prolongé.

Le dressage du canon a de l'influence sur le réglage du tir, mais il n'a aucune influence sur la dispersion et la densité du groupement. Nous avons deux fusils dont nous avons courbé intentionnellement les canons pour les régler. La flèche de cette courbe est d'environ 7^{mm}. La dispersion est restée la même, depuis qu'ils sont courbés, que lorsqu'ils étaient droits.

B. — INFLUENCE DES ÉLÉMENTS DE LA CARTOUCHE SUR LA DISPERSION.

B₁. — *Influence de l'amorce.*

La force des amorces a une influence notable sur la pression et la vitesse, surtout lorsqu'on tire de la poudre pyroxylée. Elle a une légère action sur la dispersion, en raison de cette influence, et cela dans une mesure qu'on indiquera en traitant de l'influence de la pression et de la vitesse sur la dispersion.

B₂. — *Influence de l'étui.*

Quand un étui en carton se fissure longitudinalement, il se produit dans le carton un canal trop étroit et trop profond pour être obturé par la bourre, et par lequel les gaz de la poudre pénètrent dans le plomb. On observe, dans ce cas, une dispersion du tir qui, à 10^m, est généralement moitié plus grande que celle que donne un étui non fendu.

Lorsque le sertissage est très faible, il peut en résulter une combustion très lente et de très faibles pressions pendant quelques instants après le début de l'inflammation des poudres pyroxylées lentes. Si, dans ce cas, les bourres sont d'un diamètre un peu faible, si elles sont sans serrage dans l'étui et si elles sont peu plastiques, elles ne s'épanouissent pas de suite sous la faible pression des gaz du début; des filets gazeux pénètrent dans le

plomb, forment des grappes de plomb et accroissent beaucoup la dispersion.

Il y a avantage à bien sertir, mais l'opération du sertissage ne doit pas être poussée jusqu'à amener une forte compression de la poudre.

B₃. -- *Influence de la poudre sur la dispersion.*

1. **Influence de la pression.** — La déformation des grains de plomb dépend de la pression maximum exercée par la poudre. Les déviations postérieures à la sortie, ainsi que les pertes de vitesse des plombs dépendent, dans une large mesure, des déformations des grains. Il y a donc intérêt, tant au point de vue de la dispersion que du nombre de grains capables de produire un effet meurtrier suffisant, à avoir des pressions modérées et des grains de plomb aussi durs que possible. Lorsqu'on dépasse la pression de 500^{kg}, la dispersion augmente sensiblement et le nombre des grains qui conservent bien leur vitesse diminue.

Le *Field* du 8 janvier 1886 a relaté une expérience faite avec un fusil calibre 12 et des cartouches comprenant 2^{gr},72 de poudre EC et 31^{gr},9 de plomb n° 6 (304 grains). Dans une partie des cartouches, la poudre et la bourre n'avaient été comprimées que très légèrement avec un tassement de 1^{mm},6, tandis que dans une autre partie des cartouches la poudre avait été fortement comprimée avec un tassement de 4^{mm},8. Les cartouches non comprimées donnaient la pression normale, les cartouches comprimées donnaient un fort excès de pression.

On a expérimenté ainsi quatre sortes différentes de poudre EC.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

	Pression modérée sur la poudre.	Pression très forte sur la poudre.
Nombre de plombs dans le cercle de 0 ^m ,762 à la distance de 36 ^m ,6.	230	185
Puissance de choc des plombs...	2,16	1,84
V _{18,3}	177 ^m	151 ^m

Dans une autre série d'expériences faites avec trois espèces de cartouches ayant une même charge de plombs et une même charge de poudre EC à divers degrés de tassement, on a obtenu les résultats ci-après :

	Pression		
	modérée.	assez forte.	très forte.
Tassage de la poudre....	1 ^{mm} , 6.	3 ^{mm} , 2.	4 ^{mm} , 8.
Nombre de plombs dans le cercle de 0 ^m , 762 à la distance de 36 ^m , 6.	229	203	145
Puissance de choc des plombs...	2, 15	1, 94	1, 89
V _{18,3}	177 ^m	159 ^m	155 ^m

2. Influence de la vitesse sur la dispersion. — Pour faire ressortir l'influence de la vitesse sur la dispersion, nous donnons ci-après les résultats que nous avons obtenus dans divers fusils avec divers types de poudre noire et la poudre pyroxylée ancien type.

Variation de la dispersion avec la vitesse. Tir à 10^m.

CALIBRE.	CANON.	ÉTRANGLEMENT du choke.	NUMÉRO DU PLOMB.	VITESSES												
				inférieures à 250 ^m .		de 250 ^m à 300 ^m .		de 300 ^m à 350 ^m .		de 350 ^m à 400 ^m .		de 400 ^m à 450 ^m .		supérieures à 500 ^m .		
				Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.	
<i>Poudres noires diverses.</i>																
8	choke	1,75	4	5	3,9	"	"	20	5,2	5	4,0	5	3,8	5	5,1	
10	choke	0,95	4	"	"	"	"	"	"	10	5,3	5	4,7	5	5,9	
12	choke	0,46	2	"	"	"	"	18	3,12	24	3,17	5	3,3	"	"	
12	choke	0,6	8	"	"	"	"	10	4,4	30	4,10	15	4,13	"	"	
16	choke	1,0	2	"	"	20	3,01	60	3,07	50	3,08	"	"	"	"	
16	cylindrique	0	2	10	5,4	50	5,42	20	5,87	25	5,69	"	"	30	5,69	
32	cylindrique	0	2	20	4,82	5	4,8	10	5,3	10	5,3	30	5,34	10	5,60	
<i>Poudre pyroxylée ancien type.</i>																
10	choke	1,40	4	"	"	"	"	"	"	5	4,2	5	4,2	"	"	
10	choke	0,95	4	"	"	"	"	"	"	5	3,9	5	3,9	"	"	
12	choke	0,6	2	5	3,1	5	4,0	10	3,6	5	3,8	"	"	"	"	
16	choke	1,0	2	15	4,0	20	3,17	12	3,18	"	"	"	"	"	"	
16	cylindrique	0	2	5	4,5	10	4,8	"	"	"	"	"	"	"	"	
32	cylindrique	0	2	"	"	5	5,0	5	4,7	5	4,7	"	"	"	"	
Moyennes générales				{	choke.....		3,7	3,4		3,86		3,95		4,04		5,5
dans les canons					cylindriques.		4,9	5,0		5,3		5,2		5,34		5,64

La grenaille employée était soit en plomb pur, soit en plomb assez peu durci.

L'examen du Tableau qui précède montre que la dispersion croît avec la vitesse; cette croissance devient relativement très rapide lorsqu'on dépasse la vitesse de 450^m.

Lorsqu'on tire aux vitesses inférieures à 250^m, la dispersion est souvent relativement grande, ce qui est attribuable au défaut de fonctionnement des bourres sous les faibles pressions qui correspondent à ces vitesses.

3. Dispersion comparée des tirs avec les poudres noires et les poudres pyroxyllées. — Nous avons fait la moyenne générale des tirs relatés dans le Tableau qui précède, sans tenir compte de la vitesse :

- 1° Pour l'ensemble des poudres noires;
- 2° Pour la poudre pyroxyllée ancien type.

*Dispersion comparée du tir avec les poudres noires
et les poudres pyroxyllées.*

CALIBRE.	CANON.	ÉTRAN- GLEMENT.	NUMÉRO du plomb.	POUDRES NOIRES.		POUDRE PYROXYLLÉE.	
				Nombre de coups.	Écart probable.	Nombre de coups.	Écart probable.
8	choke	mm 1,75	4	10	cm 4,4	10	cm 3,3
8	id.	1,70	4	10	4,9	10	3,4
10	id.	1,40	4	10	4,1	10	4,2
10	id.	0,95	4	10	5,35	10	3,05
12	id.	0,6	1	47	3,17	25	3,60
16	id.	1,00	2	130	3,07	47	3,44
16	cylindrique	0,0	2	135	5,60	15	4,70
32	id.	0,0	2	95	5,25	15	4,82

Dans ces expériences, la poudre pyroxyllée a donné un peu plus de dispersion que la poudre noire dans les canons choke bored calibres 16 et 12 employés. Les raccordements du choke de ces canons sont des troncs de cône droits et à pente douce. Dans ces

fusils, on tirait de la grenaille de plomb pur avec des étuis en carton. La poudre pyroxylée a donné notablement moins de dispersion que la poudre noire dans les canons choke bored calibres 8 et 10 employés. Les étranglements de ces canons sont relativement forts; leurs raccords sont de forme parabolique avec pente finale assez forte. Dans ces fusils, on tirait de la grenaille de plomb durci avec des étuis entièrement en laiton.

La poudre pyroxylée a donné moins de dispersion que la poudre noire avec les deux canons cylindriques calibres 16 et 32.

Dans un concours de fusils de chasse organisé par le *Field* en 1878, on a expérimenté trois espèces de poudre noire et la poudre Schultze; chacune a été essayée à des charges différentes dans six fusils calibres 12 à canon choke bored et six fusils du même calibre à canons cylindriques. Ces fusils avaient tous des canons de 0^m,76 de long.

Chaque genre de charge a donné lieu à un tir de 25 coups dans chaque fusil, soit 300 coups par genre de charge.

En voici les résultats :

FUSILS CALIBRE 12. — 32^{gr} de plomb, 304 grains.

NATURE de la poudre.	CHARGE de poudre.	ÉCART PROBABLE A 36 ^m , 60.	
		Canons choke bored.	Canons cylindriques.
Noire.....	gr 6,20	cm "	cm 24,4
	6,00	20,8	"
	5,76	18,1	25,0
	5,55	"	23,9
	5,32	17,0	26,0
	3,37	18,9	"
Schultze.....	3,24	17,6	"
	3,20	20,0	"
	3,05	17,6	25,3
	2,72	18,7	24,9
	2,60	"	26,0
	2,47	"	24,8

Il semble résulter de cette expérience que, pour les canons choke bored, des charges relativement modérées de poudre noire donnent

moins de dispersion que de fortes charges, mais que, pour les mêmes canons, le poids de poudre Schultze n'a pas d'influence sensible sur la dispersion.

Pour les canons cylindriques, l'influence du poids et de la nature de la poudre sur la dispersion n'a pas été sensible.

Dans une autre série d'expériences faites en Angleterre et dont les résultats ont été publiés par le *Field* en 1894, on a tiré trois fusils, respectivement des calibres 12, 16 et 20. Les fusils calibres 12 et 20 étaient à choke fort, le fusil calibre 16 était à choke moyen.

On a employé dans tous les tirs le plomb n° 6 anglais comprenant :

304 grains et 31,9 ^{gr}	»	31,9	»	12
270	»	28,35	»	16
236	»	24,8	»	20

Les charges de poudre avaient été réglées de façon à donner avec toutes les poudres et avec tous les fusils $V_{18,3} = 260^m$, ce qui correspond à peu près à $V_0 = 370^m$.

CALIBRES.	ÉTUIS.	POUDRES.		POUR CENT des grains dans le cercle de 0 ^m ,762 à 36 ^m ,6.
		Nature.	Poids.	
12	Eley ordinaires	n° 4 Curtis et Harvey	5,2 ^{gr}	54,0
16	»	lente	5,0	51,8
20	»	»	5,05	53,0
				Moyenne : 52,9
12	»	n° 2 Curtis et Harvey	4,53	57,3
16	»	vive	4,53	49,6
20	»	»	4,27	55,6
				Moyenne : 54,2
12	»	Schultze	2,79	66,8
16	»	»	2,46	57,8
20	»	»	2,79	65,0
				Moyenne : 63,3

IV. — ÉTUDE DES CAUSES DE DISPERSION DU PLOMB, ETC. 227

CALIBRES.	ÉTUIS.	POUDRES.		POUR CENT des grains dans le cercle de 0", 762 à 36", 6.
		Nature.	Poids.	
12	Eley	EC	gr 2,98	61,5
16	"	"	2,59	56,0
20	"	"	2,79	60,1
				Moyenne : 59,2
12	Joyce	EC	3,11	61,9
12	Eley	EC	2,66	61,4
16	"	"	2,46	57,0
20	"	"	2,59	61,5
				Moyenne : 60,0
12	Joyce	SS	2,72	64,1
12	Eley	Ambérite	2,59	63,3
16	"	"	2,40	55,2
20	"	"	2,27	68,6
				Moyenne : 62,5
12	Joyce	Ambérite	2,85	62,5
12	Eley	Cooppal	2,92	58,5
16	"	"	2,59	54,8
20	"	"	2,85	52,2
				Moyenne : 55,2
12	Eley, étuis n° 1	Walsrode	2,14	64,8
12	Joyce	"	2,07	67,4
12	Bachmann	Walsrode	2,33	62,1
16	"	"	2,20	54,5
20	"	"	2,14	62,1
				Moyenne : 59,6
12	Eley	Von Forster	2,14	59,2
16	"	"	1,95	56,0
20	"	"	2,27	56,9
				Moyenne : 57,4

Les pour cent moyens pour les poudres noires et pour les poudres pyroxyllées sont donnés ci-après :

	Calibres.		
	12.	16.	20.
	<i>Pour cent.</i>		
Poudre noire.....	55,6	50,7	54,3
Poudre pyroxylée.....	62,6	55,9	61,0
	<i>Écarts probables à 36^m,6.</i>		
Poudre noire.....	20 ^{cm} ,0	21 ^{cm} ,4	20 ^{cm} ,3
Poudre pyroxylée.....	18 ^{cm} ,1	19 ^{cm} ,9	18 ^{cm} ,5

Les écarts du pour cent entre les différentes poudres pyroxylées n'ont pas été supérieurs à ceux qui seraient résultés du hasard en tirant plusieurs séries avec une même espèce de poudre. On ne peut donc pas affirmer qu'une de ces poudres pyroxylées ait la propriété de donner sûrement moins de dispersion qu'une autre.

Les écarts du pour cent des poudres noires comparés au pour cent des poudres pyroxylées sont tels qu'on peut affirmer que ces dernières poudres doivent, *en moyenne*, donner moins de dispersion que les poudres noires avec les fusils employés.

La dispersion a été indépendante de la pression dans les limites où elle a varié, savoir de 180^{kg} à 500^{kg} (tarage anglais).

Les différences de dispersion entre la poudre noire et la poudre pyroxylée paraissent dépendre beaucoup de la forme des choke bored. On ne connaît pas encore la forme qui convient le mieux à chaque espèce de poudre, parce que, dans les expériences qui ont été faites, on n'a pas comparé la forme des choke aux résultats obtenus.

B₁. — Influence de la bourre.

Nous avons vu qu'une bourre compressible, quoique assez ferme, adoucit la poussée de la poudre. Elle diminue par conséquent la déformation des plombs. Une bourre incompressible augmente la pression et, par suite, la déformation des plombs. L'élasticité de la bourre influe par cela même sur les déviations postérieures à la sortie.

Quand la bourre obture mal et laisse passer une partie des gaz

dans le plomb, la dispersion s'accroît beaucoup, et plus encore avec les canons cylindriques qu'avec les canons choke bored.

Quand la bourre est placée obliquement dans la cartouche, la gerbe de plomb se trouve sensiblement rejetée du côté où la partie supérieure de la bourre fait face.

Lorsque la bourre nettoie mal le canon, la dispersion croît avec l'encrassement du canon. A ce point de vue, les bourres grasses donnent moins de dispersion que les bourres sèches, surtout lorsqu'on tire de la poudre noire. L'importance du nettoyage du canon par la bourre est d'autant plus grande que la poudre est plus encrassante, que l'air est plus sec et que le tir des coups successifs est plus rapide et plus répété.

B₅. — Influence du plomb sur la dispersion.

1. Influence de la grosseur des grains. — La dispersion du plomb est d'autant moindre que le diamètre des plombs est plus grand, tant que ce diamètre reste inférieur au quart du diamètre intérieur du fusil.

Aux différentes portées, les plombs d'une même grosseur ont des écarts qui sont à peu près proportionnels à leur durée de trajet (1).

La dispersion des différents numéros de plombs croît d'autant plus vite avec la portée que leur diamètre est moindre.

2. Influence du poids du plomb. — Nous avons fait les tirs ci-après pour déterminer l'influence du poids du plomb sur la dispersion. Chaque série a été de 5 coups.

(1) Si l'on désigne par E_p l'écart probable et par t la durée du trajet, on a

$$\begin{aligned} E_p &= 0,65 t^{1,3} \text{ pour le plomb n}^\circ 1, \\ &= 0,72 t^{1,3} \quad \text{»} \quad \text{n}^\circ 10. \end{aligned}$$

Tir avec des charges variables de plomb n° 1 à la distance de 10^m.

CALIBRE.	CANON.	POUDRE NOIRE.		POIDS du plomb.	V ₀ .	ÉCART probable.	OBSERVATIONS.
		Poids	Type.				
16	cylindrique	4 ^{gr} 4,0	forte n° 4	10 ^{gr}	526 ^m	5,3 ^{cm}	Bourre de feutre sur le plomb, pas de ser- tissage.
				20	421	5,9	
				30	353	6,0	
				40	300	5,6	
				60	250	5,9	
				80	206	6,6	
		5,0 »	ordinaire n° 1 »	30	327	5,6	
				55	292	6,2	
12	choke	4,50	forte n° 2	10	473	6,7 ⁽¹⁾	(1) Mauvais fonction- nement de la bourre.
				20	453	3,6	
				30	387	3,7	
				40	349	3,5	
				48	315	3,4	
10	choke	8,0	forte n° 2	30	456	5,8	Étuis en laiton un peu trop longs pour la chambre.
				45	395	4,7	
				60	352	4,5	
8	choke	12	ordinaire n° 2	30	518	5,1	Étuis en laiton.
				60	430	3,8	
				90	376	4,0	

Il résulte de l'expérience ci-dessus que la dispersion peut être considérée comme indépendante du poids du plomb lorsque celui-ci varie de moitié en plus ou en moins autour du poids normal.

On voit également une confirmation de ce que nous avons déjà dit au sujet de l'influence de la pression et de la vitesse sur la dispersion.

Le tir de 80^{gr} de plomb avec 4^{gr} de poudre forte n° 4 dans le calibre 16, qui donne lieu à une pression d'environ 1000^{kg}, fournit une assez forte dispersion.

Le tir à toutes les vitesses supérieures à 450^m a été également relativement plus dispersé que celui aux vitesses moindres.

Les expériences ci-contre, qui ont été faites en Angleterre et

Tir de divers fusils avec diverses charges de plomb n° 6 chilled shot (2 mm, 6).

FUSILS.	PLOMB.		CANONS					
	Poids.	Nombre de grains.	cylindriques.		demi-choke.		choke.	
			Écart probable.	Portée.	Écart probable.	Portée.	Écart probable.	Portée.
			18", 3.	27", 4.	18", 3.	27", 4.	18", 3.	27", 4.
	gr		cm	cm	cm	cm	cm	cm
Calibre 12, poids 35r, 170.....	32	304	12,9	18,5	0	0	9,4	13,5
			11,8	18,7	0	0	9,6	13,5
Calibre 12, très léger.....	28,35	270	13,7	18,2	3	3	12,9	17,7
" 16.....	"	"	13,9	19,9	3	3	12,4	15,1
" 20.....	"	"	13,7	19,3	7	7	11,1	15,1
Moyenne pour la charge de 28r, 35			13,3	19,0	25,3	22,7	11,5	14,2
Calibre 12, très léger.....	24,8	236	13,5	18,4	3	3	11,0	14,4
" 16.....	"	"	13,1	18,1	3	3	11,9	14,2
" 20.....	"	"	12,8	18,7	7	7	11,2	16,7
Moyenne pour la charge de 24r, 8.			13,1	18,4	24,3	21,7	11,4	15,1

dont les résultats ont été publiés par le *Field*, sont intéressantes, quoique ayant été faites dans des limites beaucoup moins étendues que celles que nous avons faites et qui sont relatées plus haut.

Les 25 fusils des calibres 12, 16, 20, dont il a été déjà question page 213, ont été tirés avec deux charges de plomb.

Chaque canon a été tiré à trois distances à raison de 10 coups par distance et par charge de plomb, ce qui représente un total de 3000 coups de fusil.

Les charges de poudre avaient été réglées de façon à donner $V_0 = 366$. La poudre employée était une poudre pyroxylée.

La comparaison des résultats obtenus fait voir que la charge de 24^{gr},8 a eu une dispersion un peu moindre que celle de 28^{gr},35 dans les trois calibres. Toutefois la différence est très faible et pratiquement négligeable.

Une autre expérience sur le même sujet, relatée par le *Field* du 21 mars 1896, a donné les résultats ci-après :

Tir de deux fusils calibre 12 très légers.

POIDS du fusil.	LONGUEUR du canon.	POIDS de poudre pyroxylée.	PLOMB N° 6.		V_0 .	ÉCARTS PROBABLES					
			Poids.	Nombre de grains.		du canon droit.			du canon gauche.		
						Portées.			Portées.		
			18 ^m ,3.	27 ^m ,6.		36 ^m ,6.	18 ^m ,3.	27 ^m ,6.	36 ^m ,6.		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					
kg 2,210 2,283	m 0,61 0,61	gr 2,59	28,35	270	353	13,2 14,4	19,0 19,2	25,6 25,1	13,0 13,3	14,2 14,4	18,0 21,1
			Moyennes.....			13,8	19,1	25,3	12,6	14,3	19,5
2,210 2,383	0,61 0,61	2,46	24,8	236	354	12,4 12,8	18,9 19,2	25,1 23,5	12,1 12,4	14,6 15,4	19,0 21,0
			Moyennes.....			12,6	19,0	24,3	12,2	15,0	20,0

Dans cette série, d'expériences la charge la moins forte a eu moins de dispersion dans le canon droit cylindrique que la charge la plus forte; cela a été le contraire dans le canon gauche choke.

Dans les deux cas, la différence de dispersion des deux charges a été très faible.

Il résulte de toutes les expériences qui précèdent que, pratiquement, la dispersion du plomb de chasse d'un même numéro est indépendante du poids de la charge de plomb; en conséquence, le nombre de grains qui peuvent atteindre un but de grandeur quelconque est proportionnel au poids de la charge de plomb; ce nombre est, de plus, indépendant du calibre du fusil.

3. Plomb pur et plomb durci. — Les déviations comparatives de la grenaille en plomb pur et de celle en plomb durci ont fait l'objet de très nombreuses expériences en Angleterre. Nous nous y rapporterons, car elles sont beaucoup plus complètes que celles que nous avons pu faire sur le même sujet.

Dans un concours de fusils de chasse organisé en 1878 par le *Field*, trois fusils calibre 12 ont été chacun soumis au tir de 2500 cartouches contenant 32^{es} de plomb chilled shot durci, et de 48 cartouches contenant un même poids de plomb mou.

Les résultats de ces tirs sont donnés ci-dessous :

FUSIL CALIBRE 12. — 32^{es} de plomb, 304 grains.

	Nombre de grains dans la cible de 0 ^m ,762 à 36 ^m ,6.	Écart probable à 36 ^m ,6.
Chilled shot.....	176	19 ^{cm} ,4
Plomb mou.....	138	23 ^{cm} ,2

Dans une autre série d'expériences, on a eu les résultats suivants :

FUSIL CALIBRE 12. — Cartouches à 32^{es} de plomb (304 grains).

Écart probable dans le tir à 36^m,6.

	Canons	
	choke.	cylindriques.
Grenaille de plomb mou.....	16,9 ^{cm}	26,2 ^{cm}
» plomb durci.....	16,7	25,4
» chilled shot.....	16,5	25,4

Dans une autre série d'expériences, on a obtenu les résultats suivants :

FUSILS CALIBRE 12.

Cartouches à 2^{gr},72 de poudre Schultze et 3^{gr} de plomb (304 grains de 2^{mm},6).
Distance 36^m,60.

Moyenne de dix coups de chaque espèce.

	CANON CHOKE.		CANON CYLINDRIQUE.	
	α (culasse)..... 18 ^{mm} ,8	α (bouche)..... 17 ^{mm} ,93	α = 18 ^{mm} ,65.	
	Étranglement... 0 ^{mm} ,87			
	Pour cent dans le cercle de 0 ^m ,762.	Écart probable.	Pour cent dans le cercle de 0 ^m ,762.	Écart probable.
Plomb mou.....	67,7	16,9 ^{cm}	38,8	25,8 ^{cm}
Différence de la moyenne avec le coup le moins bon.....	25		36	
Plomb durci.....	68,5	15,5	39,8	25,3
Différence de la moyenne avec le coup le moins bon.....	22		34	
Chilled shot.....	69,5	15,3	39,8	25,3
Différence de la moyenne avec le coup le moins bon.....	20		33	

Il résulte de toutes ces expériences que le plomb durci donne moins de dispersion et plus de régularité que le plomb mou. Cet avantage est surtout sensible avec les canons choke.

V. — TIR DU PLOMB DE CHASSE DANS LES ARMES RAYÉES.

1. Action de la rayure sur le plomb. — Lorsqu'on tire du plomb de chasse dans une arme rayée comme le sont les armes de guerre modernes, la pression force le paquet à se mouler dans les rayures et à tourner, guidé par elles, dans toute la longueur de l'âme. A la bouche, les grains se séparent, chacun d'eux poursuivant sa route sur sa dernière direction, c'est-à-dire sur la tangente au dernier élément de l'hélice qu'il a parcourue dans le canon.

Les grains proches de l'axe continuent à cheminer dans une

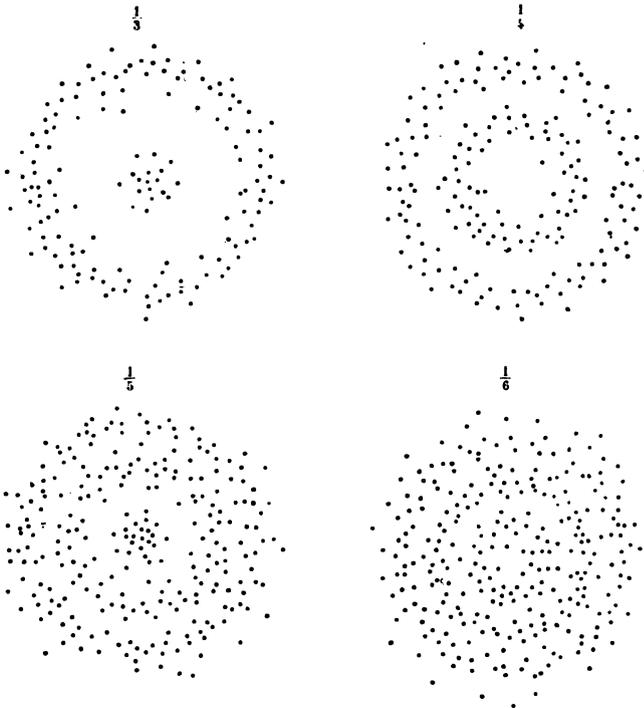
direction voisine de celui-ci, tandis que les grains extérieurs divergent et tracent une sorte de cône-enveloppe renfermant l'ensemble des autres trajectoires individuelles.

Ce cône-enveloppe détermine et mesure la dispersion : son ouverture est commandée par le pas de rayure, les pas les plus courts fournissant les cônes les plus ouverts et par suite les plus grandes dispersions.

Si l'on dirige le tir sur une cible perpendiculaire à la direction

Fig. 103.

Disposition des grains dans le groupement,
le rapport du diamètre des grains au calibre étant



du coup, les grains situés à la périphérie de la charge forment sur cette cible un groupement en couronne; les grains situés entre l'axe et la périphérie forment également des groupements en couronnes concentriques à la couronne formée par les grains périphé-

riques. Les plombs situés sur l'axe de la charge portent au centre du groupement général.

Un fusil rayé qui tire des plombs dont le diamètre est le $\frac{1}{3}$, le $\frac{1}{4}$, le $\frac{1}{5}$ ou le $\frac{1}{6}$ de son calibre donne des groupements de la forme représentée par la *fig.* 103. La répartition devient de plus en plus uniforme à mesure que décroît le diamètre des grains.

Lorsque le diamètre des grains est égal ou inférieur au $\frac{1}{5}$ du calibre du fusil, la répartition des grains dans l'intérieur de la gerbe est, à peu de chose près, uniforme, surtout si le rapport du calibre du fusil au diamètre des grains est un nombre impair, car, dans ce cas, le centre est garni par la colonne des grains situés dans l'axe de la charge.

Les coups successifs d'un canon rayé sont aussi plus semblables les uns aux autres que ne le sont ceux d'un fusil lisse : avec des cartouches uniformes, le diamètre de la gerbe ne varie pas au delà de la proportion de 7 à 8.

2. Applications. — Les renseignements donnés par notre première édition étaient exclusivement puisés dans des expériences faites avec des armes construites en vue du tir à balles. En vue du tir à plombs, nous avons conseillé, sans d'ailleurs avoir pu l'essayer, un fusil rayé au pas de 100 calibres, et, de préférence, au profil elliptique Lancaster, ceci au point de vue de la facilité de l'entretien.

Cette idée a été reprise par M. de Metz-Noblat, et ses études ont abouti à la construction d'un certain nombre de fusils qui, en des mains et dans des régions très diverses, ont donné, sur le terrain de chasse, des résultats nettement favorables.

La suite des expériences n'a pas beaucoup modifié ce que pouvait faire prévoir le calcul; elle a démontré (1) :

1° Qu'il n'y a pas d'intérêt à porter le pas de la rayure des fusils calibre 12 à une longueur supérieure à 1^m,65 (celle-ci inférieure aux 100 calibres originairement prévus); au delà, l'ouverture de la gerbe reste sensiblement la même;

(1) Voir au *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy*, t. XIV, fasc. xxx. p. 89 : *Application de la rayure à l'accroissement de l'efficacité pratique du tir de chasse.*

2° Qu'en deçà du pas de 1^m,65, l'ouverture de la gerbe croît assez rapidement; avec le pas de 1^m,33 la gerbe est à peu près aussi ouverte (1^m,55 à la distance de 20^m pour le calibre 12) qu'on peut le désirer dans la pratique;

3° Que si la forme générale et le nombre des rayures sont indifférents au point de vue du résultat, c'est à la condition que la profondeur en soit accrue avec les pas courts; il suffit de 0^{mm},25 pour le pas de 1^m,65, mais 0^{mm},4 sont nécessaires pour le pas de 1^m,33, faute de quoi la charge prend mal ou ne prend pas le mouvement de rotation qui doit commander la dispersion.

Les fusils rayés au pas de 1^m,65 peuvent rendre de bons services, non seulement dans les chasses sous bois où l'on a occasion de tirer de près sans pouvoir viser avec soin, mais encore en plaine, à l'ouverture, lorsque le gibier n'est pas encore devenu trop fuyard.

En calibre 12, un tel fusil donne, à la distance de 20^m, une gerbe de 1^m,35 de diamètre, et, s'il est chargé en n° 3, on peut, à cette portée, compter sur un garni uniforme d'un grain environ par décimètre carré (dans les mêmes conditions, la *partie centrale* du groupement d'un fusil cylindrique lisse donnerait un garni d'à peu près 5 grains); on obtient naturellement un garni supérieur en descendant du numéro adopté simplement ici comme unité de calcul (1) aux petits plombs appropriés au tir du gibier à plume et à poil.

Les fusils rayés à un pas plus court doivent être réservés à des chasses où l'on tire à très courte distance, telles que la battue aux lapins, la requête à la bécasse, etc.

Il va de soi que les armes de petit calibre, d'une part, et les gros plombs, de l'autre, ne se prêtent pas à cette nouvelle application de la rayure; ils ne peuvent fournir qu'un garni insuffisant. Il ne faut point davantage, et pour la même raison, espérer d'un canon rayé une portée efficace étendue, et il y a lieu d'établir cylindrique, lisse, ou bien choke bored, le second canon de l'arme, afin de pouvoir éventuellement faire face à la nécessité de tirer à plus grande distance.

(1) Les tirs de M. Metz-Noblat ont été exécutés avec du n° 4 de Paris ($\alpha = 3^{\text{mm}}$, 4) et d'autres numéros de la même série.

3. **Essais de perfectionnements.** — 1° On a fait tuber choke, après coup, un fusil calibre 12 rayé au pas de 2^m. Cette modification a eu son effet habituel, celui de resserrer l'ouverture de la gerbe : de 1^m,35 le diamètre de celle-ci est descendu à 1^m,05, toujours à la distance de 20^m. La dispersion s'est ainsi trouvée intermédiaire entre celle du fusil rayé et celle du fusil cylindrique lisse, tout en conservant la répartition uniforme caractéristique du tir de la grenaille dans une arme rayée.

2° M. le général Faure-Biguet, disposant d'un fusil court, rayé au pas de 1^m,50, et en obtenant une dispersion trop forte à son gré, a imaginé d'en faire raser la rayure en commençant par la bouche. Le fusil a été tiré après que l'opération eut été effectuée jusqu'à la moitié de la longueur de l'âme. Puis l'opération a été reprise, et la rayure a été rasée à la suite, à l'exception d'une réserve de 10^{cm} de longueur à partir de la chambre ; le canon s'est donc trouvé alors constitué d'un tronçon de 10^{cm} rayé au pas de 1^m,50, et d'une âme lisse partant de ce tronçon pour finir à la bouche.

Voici les résultats fournis par ce canon (calibre 12) dans ses tirs successifs :

Longueur de la partie rayée à partir du raccordement de la chambre.	Diamètre de la gerbe obtenue à la distance de 20 ^m (plomb n° 6; $\alpha = 2^{\text{m}}, 8$).
0,52..... ^m	1,60 ^m
0,26.....	1,40
0,10.....	1,20

La dispersion a donc décréu au fur et à mesure que l'extrémité de la partie rayée était reculée par rapport à la bouche.

Ce resserrement des éléments de la gerbe doit s'expliquer ainsi :

« Le mouvement en hélice peut être considéré comme résultant de la combinaison de deux mouvements : la rotation autour de l'axe et la propulsion parallèle à cet axe.

» Dans le canon rayé en hélice dans toute sa longueur, ces deux mouvements s'accélèrent ensemble ; l'hélice demeure constante, et la vitesse de rotation, au moment de la sortie, a pour expression (en nombre de tours à la seconde) le quotient de la vitesse initiale V_0 par le pas h de la rayure, soit $\frac{V_0}{h}$.

» Lorsque la partie rayée se termine en un point n en deçà de la bouche, la vitesse de rotation, qui a dès lors pour expression $\frac{V_n}{h}$, cesse de s'accroître, puisque la cause qui la détermine cesse d'agir, tandis que la vitesse de propulsion continue à s'accélérer dans l'âme sous l'action des gaz de la poudre. Il en résulte que l'hélice décrite se déforme en s'allongeant jusqu'à la bouche.

» Soit h' le pas de son dernier élément, celui dont la tangente commande la dispersion : si l'on admet que la vitesse de rotation soit demeurée constante à partir du point n , on a $\frac{V_0}{h'} = \frac{V_n}{h}$, relation dont résulte nécessairement $h' > h$, puisque $V_0 > V_n$.

» A plus forte raison en est-il ainsi si l'on admet que la vitesse de rotation ait décréu à partir du point n à la bouche, en raison du frottement des grains de la charge contre les parois du canon.

» A cet allongement de l'hélice correspond une moindre divergence de la dernière tangente et, en conséquence, la diminution de l'ouverture de la gerbe (1). »

M. Galand, fabricant d'armes à Paris, dans les ateliers de qui avait été construit, puis modifié, le fusil dont il vient d'être question, l'a reproduit à neuf, sous le nom de canon *épervier*. Avec certaines variantes relatives au pas, à la longueur et au profil des rayures, c'est essentiellement un canon ayant un tronçon rayé dans la partie voisine de la chambre, et lisse de ce tronçon à la bouche.

La dispersion d'un tel canon dépend du pas de la rayure et de la position du point où elle cesse (2).

La cartouche rayée et le tube *épervier*, dont il sera question à la page suivante, reposent sur le même principe et fonctionnent selon les mêmes lois.

(1) *Bulletin des séances de la Société des Sciences de Nancy*, année 1898, n° 1; Communication de M. de Metz-Noblat.

(2) Nous avons fait des essais avec deux canons de ce genre, fort différents d'ailleurs quant au profil et au pas de la rayure, et quant à la longueur de la partie rayée.

Les groupements ont été irréguliers, et surtout dissemblables entre eux : certains coups se comportaient comme si la charge ne prenait pas la rayure, d'autres comme si le pas de la rayure avait été trop court. Le centre du groupement était alors dégarni.

Nous en concluons que les canons partiellement rayés sont inférieurs aux canons rayés de bout en bout à un pas convenable.

VI. — ARTIFICES MODIFIANT LA DISPERSION.

1. But à atteindre. — S'il est avantageux, pour tirer de près, de disposer d'un fusil qui disperse, et, pour tirer de loin, d'un fusil qui rassemble, il serait plus séduisant encore de pouvoir à volonté charger la même arme de manière à obtenir, selon les circonstances, l'un ou l'autre résultat. A chaque terrain ou à chaque genre de chasse, et même à chaque poste, dans une même chasse, conviendrait alors une série de cartouches appropriées.

Du très naturel désir de réaliser cette avantageuse combinaison sont nés un certain nombre d'artifices de chargement dont nous allons passer en revue les principaux et apprécier les mérites respectifs.

2. Cartouches rayées et tubes rayés. — Dès que nous avons eu connaissance des résultats fournis par le fusil partiellement rayé de M. le général Faure-Biguet, nous avons recherché si les nervures en hélice de la cartouche Courtier (1) suffiraient à imprimer à la charge de plombs une rotation et à assurer sa répartition uniforme dans la section de la gerbe.

Cet essai nous a démontré, d'une part, que le pas (28^{cm} environ) de ces nervures était trop court, d'où une dispersion exagérée (87^{cm} à la distance de 10^m, correspondant à un diamètre de 1^m,75 à la distance de 20^m); et, d'autre part, que, tout comme dans le tir à balles de la même cartouche, la réaction, contre-partie de l'action exercée par les nervures sur le paquet de plombs, se traduisait par une torsion et une adhérence rendant très difficile l'extraction de la douille tirée.

A peu près en même temps, M. Galand faisait la même expérience et arrivait à la même conclusion au point de vue de la dispersion. Il faisait mettre en fabrication, sous le nom de cartouche *épervier*, deux modèles de cartouches rayées aux pas de 32^{cm} et

(1) Cette cartouche, établie en vue du tir à balles, brevetée à l'origine et actuellement tombée dans le domaine public, est extérieurement semblable à une cartouche ordinaire, mais elle est renforcée d'une feuille de clinquant roulée, qui porte elle-même trois nervures en hélice faisant saillie à l'intérieur de l'étui. Voir ci-après : *Tir à balles des armes de chasse*.

65^{cm}, pour lesquelles il prenait un brevet d'invention à la date du 22 février 1898.

L'allongement du pas ne pouvait remédier à l'adhérence résultant de la torsion. Cet inconvénient a déterminé M. Galand à modifier l'artifice, et à substituer à la douille complète un simple tube de dimensions telles que, logé dans une cartouche ordinaire, il coiffe la poudre, contienne la bourre et le plomb, et laisse libre en avant la hauteur nécessaire pour sertir.

Le tube (1) lui-même est formé d'une feuille de clinquant roulée en cylindre, revêtue extérieurement de papier et portant intérieurement les mêmes nervures que la cartouche originaire; les bords de la feuille sont rapprochés, sans être reliés; le tube a donc une fente longitudinale qui lui permet de se dilater sous la pression, et de prendre adhérence, non pas aux parois de la chambre, mais à la douille qui le loge. Si celle-ci est de bonne qualité, l'extraction ne souffre pas de difficulté.

La réaction dont il a été question plus haut ne s'en exerce pas moins sur les nervures en hélice qui impriment la rotation, mais elle produit ici un autre résultat. Elle tend à redresser les nervures parallèlement à l'axe, et ce redressement se traduit par le déplacement du tube, qui s'enroule alors obliquement à sa position première, à peu près comme la bande d'un mirliton. La fente se place en hélice, ses deux bords chevauchent l'un par rapport à l'autre, en même temps que le tube accroît son diamètre jusqu'à la limite du jeu qu'il a dans la cartouche. Le redressement des nervures varie donc avec ce jeu, ainsi que le pas sous lequel elles agissent définitivement.

Cet inconvénient a été constaté au cours de tirs d'expériences effectués par M. de Metz-Noblat avec des tubes et des cartouches gracieusement mis à sa disposition par M. Galand. A la suite de ces tirs, M. de Metz-Noblat a proposé de contrarier le redressement des nervures et la déformation des tubes en entaillant en dents de scie (convenablement orientées) les bords de la fente

(1) La couleur du papier dont les tubes sont revêtus en indique la destination : le bleu pour le tir aux courtes distances (pas de 0^m,65) et le rose pour les très courtes distances (pas de 0^m,32). L'artifice a été mis en vente sous le nom de *tube épervier*.

longitudinale de ceux-ci. M. Galand a accepté cette idée et l'essai a été favorable; les tubes dentelés ne se mirlitonnent pas, l'inclinaison des nervures reste constante et le tir demeure suffisamment régulier.

Du tube rose (pas de $0^m,32$) ainsi modifié, on peut attendre, avec un fusil calibre 12, une gerbe de $1^m,45$ environ à la distance de 20^m et un garni sensiblement uniforme d'un peu moins d'un grain de n° 3 ou d'un peu plus de trois grains de n° 8 par décimètre carré.

La gerbe que donne, dans les mêmes conditions, le tube bleu (pas de $0^m,65$) est voisine de $0^m,90$, à peine supérieure à celle du fusil cylindrique lisse: comme avec celui-ci, il se produit un groupement central, moins accentué toutefois, ce qui ne peut être considéré comme un inconvénient sérieux.

Le tube bleu, dont l'action est peu prononcée, peut être avantageusement utilisé pour obtenir, à un moment donné, une dispersion supérieure à celle que donne tel ou tel fusil, lisse ou choke bored, avec le mode habituel de chargement: l'effet de la rotation l'emporte sur celui du forage.

Les deux modèles de tubes, désormais dentelés, sont fabriqués par la *Société française des munitions*.

L'emploi en nécessite certaines précautions.

Il faut que la charge de poudre soit coiffée par la partie inférieure du tube. S'il en est autrement, celui-ci ne se dilate pas assez tôt pour prendre adhérence, il est expulsé, et il manque son effet. Cet inconvénient se manifeste avec celles des poudres pyroxylées dont la charge normale occupe un volume relativement faible; on n'y est point exposé avec les poudres J_1 et J_2 , ni avec les poudres noires, si on les emploie à la charge convenable.

Il va de soi que les tubes rayés comportent l'usage de bourres plastiques, en raison de la nécessité de racheter la différence de calibre du tube et du canon: si les bourres remplissent bien leur rôle, il n'y a pas de sensible déperdition de gaz.

3. Croisillons. — La Manufacture française d'armes de Saint-Étienne met en vente, sous le nom de *croisillon*, un artifice destiné à rejeter sur les bords de la gerbe les grains qui se groupent normalement aux environs de son axe.

Le croisillon est constitué par deux cloisons de carton dur, s'emboîtant perpendiculairement l'une à l'autre, et qui, une fois mises en place et à fond sur la bourre, divisent l'étui en quatre secteurs égaux; les plombs qu'on y verse ensuite, et qu'il faut soigneusement tasser, remplissent d'abord ces quarts de cylindre, et le surplus surmonte l'artifice en s'empilant en vrac, comme dans le chargement habituel des cartouches. La charge est donc divisée en cinq fractions, dont quatre sont nécessairement égales entre elles, et dont la cinquième est susceptible de varier. De la proportion de cette fraction aux autres dépend principalement la valeur du groupement central.

L'artifice ne semble pas accroître l'ouverture normale de la gerbe : il en garnit les bords et il arrive fréquemment qu'il en dégarnisse à l'excès la portion centrale.

4. **Bourres faibles, bourres percées.** — On a préconisé, pour accroître la dispersion, l'emploi de bourres faibles, de bourres fendues ou percées, etc., qui livrent passage aux gaz, de telle sorte que le souffle de ceux-ci éparpille les grains en pénétrant leur masse dans l'intérieur même du canon.

Les *mauvaises bourres* (on a employé cette expression) fournissent, il est vrai, habituellement ce résultat, mais sans régularité et au détriment de la vitesse comme de la puissance meurtrière.

Elles en fournissent aussi quelquefois un autre : il arrive que la haute température des gaz détermine la fusion partielle et la soudure d'un plus ou moins grand nombre de plombs; les grappes qui en résultent nuisent à la régularité du tir et sont capables de causer des accidents.

A aucun point de vue donc le procédé n'est recommandable.

5. **Cartouches sectionnées.** — Les effets produits sont très différents suivant que la cartouche est sectionnée en avant ou en arrière de la bourre.

Cartouches sectionnées en arrière de la bourre. — Lorsque l'étui est de bonne qualité et n'est pas brisé à la sortie du canon, le paquet de plombs reste contenu dans la portion d'étui détachée et le coup fait balle à toutes les distances.

En dirigeant le tir de façon à frapper le sol un peu en début, la portion d'étui contenant le plomb crève généralement rencontrant le sol, surtout si celui-ci est dur; dans ce cas le plomb se disperse au moment de la rupture comme le font les éclats d'un obus à balles percutant et à très faible charge supérieure. On peut ainsi obtenir à une portée quelconque, l'objectif placé un peu au delà du point de chute du paquet, une gerbe d'autant plus serrée que l'intervalle entre le point de chute et le but est moindre. La dispersion des plombs est assez régulière lorsque le sol sur lequel se brise l'étui est dur et régulier, comme l'est celui d'une route; la dispersion est toutefois plus grande en hauteur qu'en largeur. Nous avons pu ainsi obtenir, avec un fusil de chasse ordinaire, à des distances de 50^m à 100^m, des groupements dont les dimensions totales sur le but ne dépassaient pas quelques décimètres.

Cette méthode de tir est curieuse, mais n'est nullement recommandable pour la chasse. Le tir du paquet formé par la portion d'étui et le plomb a un trajet fort irrégulier dans l'air, étant tiré dans un fusil lisse. Il n'est, par suite, pas possible de frapper sûrement le sol au point convenable pour produire de l'effet sur le but à atteindre. Pour que le tir de ce paquet fût régulier, il faudrait le tirer dans un fusil rayé; mais, avec ces armes, la force centrifuge ferait déchirer le carton de la portion d'étui contenant le plomb dès sa sortie du canon, comme elle fait déchirer les enveloppes en zinc des boîtes à mitrailles tirées dans les pièces d'artillerie rayées. Pour résister à cette action centrifuge, il faudrait mettre le plomb dans une enveloppe en tôle métallique et faire alors un véritable obus à parois résistantes. Il faudrait ensuite organiser cet obus pour le faire éclater soit en l'air, soit au point de chute, de façon à permettre soit le tir fusant, soit le tir percutant. Nous reviendrons plus loin sur cette idée.

Cartouches sectionnées en avant de la bourre. — Lorsque la cartouche est sectionnée en avant de la bourre, la plus grande partie du plomb quitte généralement l'étui peu après la sortie du canon et se disperse comme l'eût fait une charge ordinaire. Toutefois la sortie du plomb peut, dans certains cas, ne se faire que petit à petit, et l'on obtient parfois, avec des cartouches ainsi

sectionnées, des groupements remarquablement serrés à de grandes distances.

Les effets de ce tir sont essentiellement irréguliers. On pourra, faute de mieux, en essayer les effets sur des animaux trop farouches pour pouvoir être atteints avec le tir ordinaire. On pourra quelquefois avoir ainsi des coups de hasard heureux.

6. Charges grillagées. — Nous avons expérimenté des charges grillagées provenant de la *Société française des munitions*. Ces charges comportent un grillage en fil de fer à mailles de 4^{mm} environ, fermé d'un côté et complètement ouvert de l'autre. Ce grillage est entouré d'un papier fort. Le plomb est versé dans ce grillage, et les interstices en sont garnis avec de la poussière d'os.

Les charges grillagées doivent être placées dans la cartouche, l'ouverture du grillage en dessus; un numéro, placé sur la charge, indique le côté de l'ouverture. Une bourre de feutre mince se trouve en avant de la charge de plomb, une autre en arrière.

Tir à 10^m. Cartouches calibre 16, chargées à 4^{es} de poudre forte n° 3. Sur la poudre, bourre en laine feutrée, comprise entre deux cartons. Charge grillagée (31^{es},4 de plomb n° 6, 203 grains).

		Écart probable		
		vertical.	horizontal.	
Ouverture du grillage en avant.	canon cylindrique.	5,2	5,0	} Les coups font parfois balle ou presque balle.
	canon choke-bored.	4,2	4,7	
Ouverture du grillage en arrière.	canon cylindrique.	5,2	5,0	
	canon choke-bored.	4,5	4,1	

Si l'on compare ces résultats à ceux que fournissent les charges non grillagées, l'on constate que les charges grillagées donnent, dans les canons cylindriques, un tir un peu moins dispersé, et dans les canons choke bored, un tir plus dispersé que les charges ordinaires de plombs en vrac.

L'action du grillage s'explique par le fait qu'il s'oppose assez efficacement, avec les canons cylindriques, à l'étalement de l'arrière de la charge de plomb au sortir du canon.

7. Autres empaquetages de la charge. — On a aussi essayé d'empaqueter la charge dans des étuis de carton ou de papier, dans des sachets de peau, de soie, etc.

Le commerce fournit des étuis de ce genre sous le nom de *cartouches Davoust* et de *concentrateurs A. R. D.*

Tous ces artifices ont pour effet de supprimer ou d'atténuer la déformation résultant du frottement des grains extérieurs contre les parois du canon, et de s'opposer à l'étalement de la partie arrière de la charge après qu'elle a franchi la bouche.

Les résultats sont généralement favorables, mais irréguliers. La cause en est dans l'épreuve très dure qu'ont à subir ces artifices, plus encore dans leur passage de la chambre au canon que dans le parcours de celui-ci. Ils ne parviennent à la bouche que plus ou moins avariés, et de leur degré de conservation dépend leur degré d'efficacité. S'ils viennent à sortir intacts, ils emportent la charge avec eux, et le coup fait balle, ce qui est un autre inconvénient.

Ce dernier fait ne se produit pas lorsque l'artifice est réduit à une simple enveloppe cylindrique assez courte, ouverte à ses extrémités : le commerce en fournit un de cette sorte sous le nom de *concentrateur* et sous la forme d'un anneau de carton dont la hauteur est réglée à la moitié environ de celle de la charge de plombs.

On a proposé des concentrateurs métalliques formés d'une feuille de clinquant roulée sur elle-même ; ou d'un mince fil de cuivre enroulé en spires cylindriques ; il n'en existe pas dans le commerce, du moins à notre connaissance.

Aucun des artifices de cette série, pas plus d'ailleurs que la charge grillagée, ne résiste à l'action de la rayure, ni au passage dans l'étranglement d'un canon choke-bored ; ils ne peuvent être utilement employés que dans les canons cylindriques lisses.

8. Agglomération des grains de plomb. — Nous avons fait des cartouches dans lesquelles les plombs une fois en place étaient agglomérés au moyen de différentes substances, telles que de la résine, du soufre fondu, de la stéarine, de la cire mélangée de graisse. Ces cartouches nous ont toujours fourni des résultats médiocres.

Avec certaines substances peu friables, le coup fait balle à toutes les distances. Avec d'autres substances plus friables, la charge se brise dans le canon en un plus ou moins grand nombre de morceaux ; mais, même dans ce cas, la substance agglomérante rest

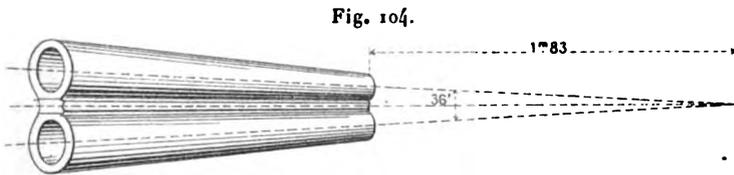
fréquemment collée aux grains, diminue leur vitesse, forme des grappes et donne une dispersion assez forte et peu régulière.

Si la substance adhère assez fortement à l'étui, le corps de celui-ci est emporté et l'on tombe dans le cas des cartouches sectionnées.

9. Substances pulvérulentes. — On peut mettre dans le plomb, pour en combler les vides, des substances pulvérulentes et peu compressibles, telles que de la fécule, du talc, du graphite, etc. Cette pratique a l'avantage de modérer beaucoup la déformation des grains en plomb pur, ce qui a pour résultat de diminuer la dispersion et d'augmenter le nombre des grains efficaces aux grandes distances; son inconvénient est d'accroître un peu la fumée du coup, et aussi le poids de la charge, lorsque la densité réelle des substances employées est relativement grande, comme le sont celle du talc (2,7) et celle du graphite (2,2).

VII. — RÉGLAGE DES FUSILS.

1. Convergence des canons. — Pour que les deux canons d'un fusil double portent dans la même direction, il faut que les deux canons fassent entre eux un certain angle dans le plan horizontal (*fig. 104*). Cet angle s'appelle la *convergence*; sa valeur se détermine par l'expérience.



Vue en dessus des canons d'un fusil de chasse calibre 12.

Pour les fusils doubles, tirant des cartouches à plomb chargées normalement, la convergence ou l'angle que font entre eux les axes des deux canons ayant $0^m,75$ de long, doit être, d'après Greener, de $36'$ et pour le calibre 12 la rencontre des axes des deux canons doit se faire à $1^m,83$ de la bouche, soit à 100 calibres. La convergence doit augmenter lorsque les canons sont plus courts.

Il est fréquent de trouver des fusils ayant un seul canon choke

et dont le canon choke porte sensiblement trop à gauche tandis que le tir du canon droit cylindrique se trouve bien réglé en direction, par rapport à la ligne de visée.

2. **Angle de mire.** — On pointe les armes de chasse en visant par l'arrière de la bande et le sommet du guidon. La ligne ainsi déterminée est à peu près parallèle aux génératrices supérieures des canons. Or, comme les canons sont plus épais au tonnerre qu'à la bouche, la ligne de visée ainsi déterminée fait, dans le plan vertical, un angle abc (*fig.* 105) avec l'axe du canon.

Fig. 105.



L'angle de mire qui convient pour que le tir soit réglé aux petites distances est assez variable suivant les armes. Nous l'avons trouvé de $0^{\circ}50'$ pour deux fusils calibre 16 à fermeture Lefauchaux et de $0^{\circ}17'$ à $0^{\circ}20'$ pour plusieurs fusils calibre 12 et 16 à clef entre les chiens. Dans ces derniers fusils, le fond de la bande à l'arrière du canon, servant de cran de mire, devait être de 4^{mm} à 5^{mm} plus haut au-dessus de l'axe que le centre de la boule du guidon.

Pour qu'un fusil, entre les mains d'un chasseur qui vise correctement, se trouve suffisamment bien réglé pour le tir du plomb de chasse à toutes les distances où celui-ci peut tuer, il faut qu'à la distance de 10^{m} ou de 20^{m} il porte 2^{cm} à 3^{cm} au-dessus du point visé et dans le plan vertical passant par ce point. Beaucoup de chasseurs ont pour habitude de découvrir toute la pièce et visent par conséquent au-dessous d'elle. Ces chasseurs ont intérêt à employer un fusil qui, dans le tir ajusté et au posé, porte à 20^{cm} au-dessus du point visé à la distance de 20^{m} .

3. **Variation du réglage avec la charge de poudre.** — Lorsqu'on tire plusieurs coups dans un fusil de chasse, à une même distance, avec une même charge de poudre et de plomb, le centre de la gerbe de chaque coup se trouve très sensiblement au même point lorsque le fusil a été régulièrement pointé. La position du centre

des gerbes varie d'une façon notable avec la vitesse initiale des plombs. Le réglage du tir d'un fusil varie donc avec la charge de poudre et aussi, mais dans une mesure relativement moindre, avec le poids de la charge de plombs. Ces variations de réglage sont attribuables aux vibrations du fusil ainsi qu'il sera expliqué plus loin.

La *fig. 106* donne les positions relatives des points visés et du centre des gerbes obtenues à 10^m avec trois fusils, différentes charges de poudre, différentes espèces de poudres noires ancien type et une charge constante de plomb, qui était de 30^{gr} dans le calibre 16 et de 36^{gr} dans le calibre 12.

Nous avons expérimenté de la même façon plusieurs autres fusils de chasse à bascule de divers systèmes et un fusil de chasse à répétition, système Spencer. Tous nous ont donné des résultats analogues à ceux reproduits *fig. 106*. *Tous les fusils de chasse à plombs portent, à partir d'une certaine charge, d'autant plus bas que la charge est plus forte.*

Beaucoup de fusils à bascule portent tellement bas à la vitesse initiale normale de 360^m que, lorsqu'on vise exactement un point, toute la partie dense de la gerbe des canons choke bored passe au-dessous de ce point. Ce défaut de réglage est encore plus grand avec les fusils relativement légers qu'il ne l'est avec les fusils de poids normal.

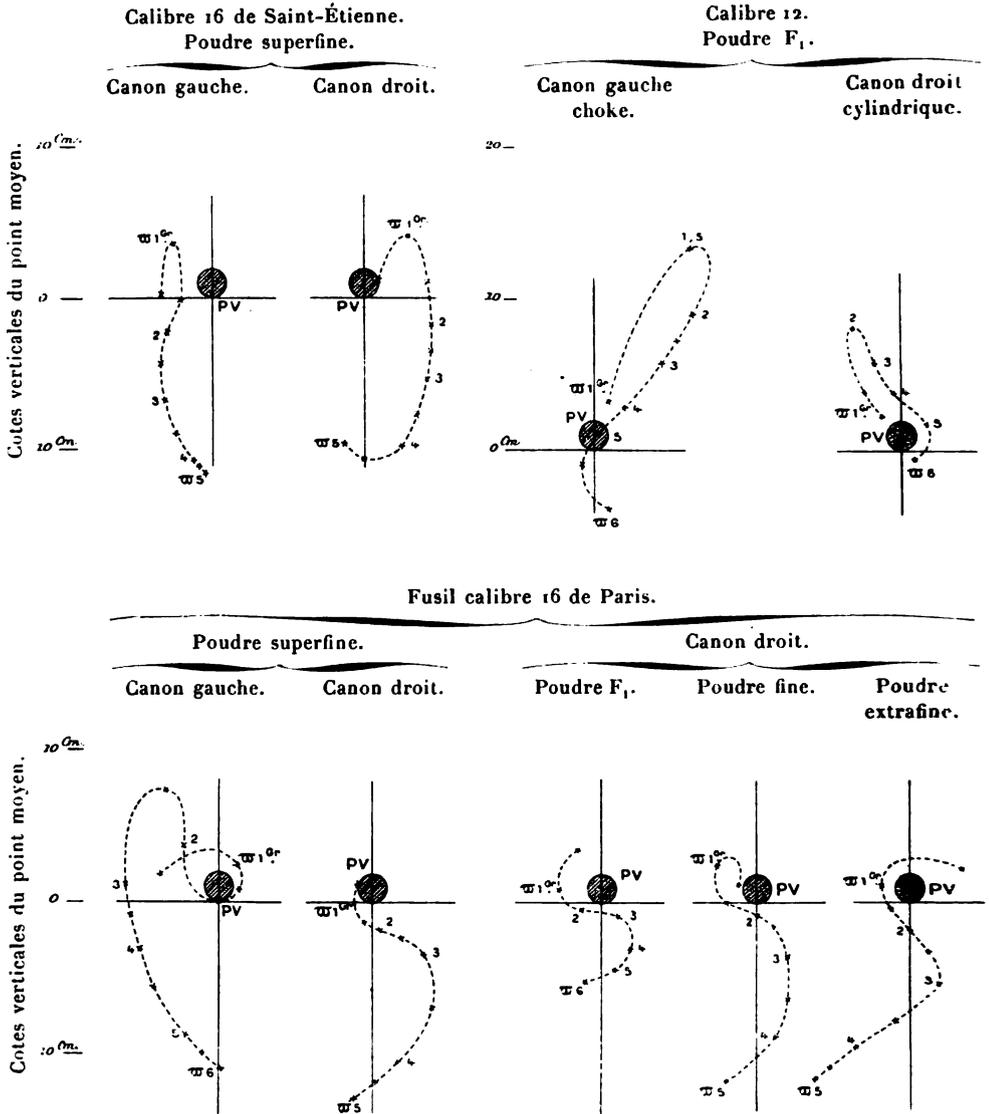
Les armuriers et les chasseurs ont pour habitude d'essayer la façon dont les fusils de chasse groupent leurs plombs, en tirant sur des cibles relativement petites et éloignées qui ne recueillent qu'une faible partie de la gerbe. L'examen du groupement obtenu dans ces conditions ne permet pas de se rendre compte du réglage du tir et du point où se trouve le centre de la gerbe.

Lorsqu'on tire ainsi un fusil qui se trouve mal réglé avec les cartouches employées, on n'atteint la cible qu'avec une partie non centrale et peu garnie de la gerbe.

En essayant des cartouches comportant d'autres charges on peut en trouver qui fournissent un tir mieux réglé et qui, en conséquence, font mettre plus de plombs dans une cible de petite étendue dont on vise correctement le centre. Il n'est pas surprenant qu'à la suite de tirs faits dans ces conditions on ait attribué à un excès de dispersion imputable à la charge de poudre ce qui est

Fig. 106.

Positions relatives des points visés (PV) et des points moyens obtenus dans des tirs à charges variables de poudre à la distance de 10^m.



Échelle $\frac{1}{2}$.

imputable en réalité au mauvais réglage de l'angle de mire ou de la convergence des canons par le constructeur du fusil.

4. Vibrations des armes et influence de ces vibrations sur le réglage. — Dans toutes les armes portatives, le centre de gravité de l'arme est situé en dessous et à une certaine distance de l'axe des canons. Il résulte de cette disposition que, lorsque le coup part, l'arme pivote en même temps qu'elle recule. Ce mouvement de pivotement se produit autour du centre de gravité lorsque la crosse n'est pas appuyée, et se produit autour de l'épaule lorsque le fusil est appuyé à l'épaule. Toutefois, en raison de l'élasticité de l'épaule, le très petit mouvement de recul (5^{mm} en général) et de pivotement qui a lieu avant la sortie du projectile hors du canon se produit, pour une arme appuyée à l'épaule, comme si la crosse n'y était pas appuyée. La réaction de l'épaule ne se fait sentir qu'après que le fusil a reculé d'une certaine quantité et lorsque le projectile est déjà hors du canon. Un bon tireur peut, du reste, constater facilement que, quelle que soit l'intensité de l'appui contre l'épaule, la réaction de l'épaule n'a aucune action appréciable sur le réglage du tir des fusils tirant à plombs ou à balles.

Dans les armes à un seul canon, le centre de gravité de l'arme étant placé dans le plan vertical et au-dessous de l'axe du canon, il ne se produit de pivotement que dans le plan vertical.

Dans les fusils de chasse doubles, à canons accolés dans un même plan horizontal, le centre de gravité de l'arme se trouve en dessous de la génératrice de contact des deux canons. Il se trouve donc en dehors du plan vertical passant par l'axe de chacun des canons. Cette disposition a pour effet de produire un pivotement dans le plan horizontal, qui se compose avec le pivotement dans le plan vertical. La convergence des canons a pour but de remédier à la déviation résultant du pivotement dans le plan horizontal.

En raison de sa brusquerie, le mouvement de pivotement et de recul du fusil a pour effet d'entraîner des flexions assez importantes des différentes parties de l'arme. L'élasticité des pièces tend à les ramener à leur forme primitive, leur fait même dépasser la position d'équilibre et engendre ainsi un mouvement vibratoire qui commence dès que le fusil recule, et se continue encore

quelques centièmes de seconde après la sortie du projectile.

Les flexions dues au pivotement et au recul, ainsi que les vibrations résultantes, ont d'autant plus d'amplitude pour une même arme que la vitesse de recul est plus grande. Pour des armes différentes ayant même vitesse de recul, les vibrations ont d'autant plus d'amplitude que les pièces similaires de l'arme sont moins rigides et que le moment d'inertie des pièces excentriques par rapport à l'axe du canon qui tire est plus grand.

Lors du départ du coup, la fermeture des armes se chargeant par la culasse fléchit plus ou moins sous la pression des gaz de la poudre. Il en résulte une nouvelle cause de flexions. Les vibrations résultant de ces flexions ont d'autant plus d'amplitude que la pression des gaz est plus forte et la fermeture moins rigide. Ajoutons que les vibrations dues aux flexions de la fermeture des armes bien conçues ont beaucoup moins d'amplitude, sont généralement plus rapides et ont moins d'action sur le réglage du tir que celles dues au pivotement.

Un canon, même très mince, mais bien symétrique par rapport à son axe, qui est tiré sans monture et avec une fermeture qui ne fléchit pas, tel que l'est le canon d'un fusil à un coup se chargeant par la bouche, ne vibre pas dans le tir, d'une façon sensible, quelle que soit la charge.

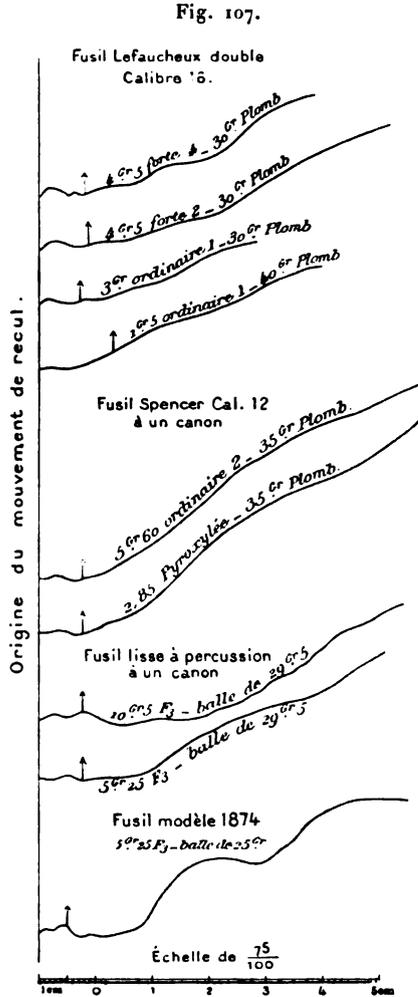
La pression des gaz dans un fusil double allonge le canon où cette pression se produit et elle n'agit pas directement sur l'autre canon. Lorsqu'on tire le canon droit, l'allongement de ce canon a pour résultat de produire une courbure de l'ensemble des deux canons dont la convexité est dirigée à droite. Cette tendance à la courbure est encore accrue par le pivotement dans le plan horizontal dû à l'excentricité des canons (*fig.* 109).

Les vibrations diamétrales et les accroissements de diamètre intérieur d'un canon de fusil calibre 16, produits par la pression des gaz ou le passage d'un projectile forcé, ne sauraient dépasser $0^{\text{mm}},1$ sans que le canon fût gonflé d'une façon permanente. Dans le cas ordinaire, les vibrations diamétrales sont insensibles et sont, dans tous les cas, sans la moindre influence sur le tir.

Nous avons fait l'étude des mouvements vibratoires des armes de chasse en enregistrant les vibrations qui se produisent pendant le tir dans les différentes parties des armes.

Outre ce qui a été déjà signalé, nous avons pu constater les faits suivants :

Les vibrations dues au pivotement dans le plan vertical sont, à



Vibrations dans le plan vertical de divers types de fusils.

peu de chose près, semblables pour tous les fusils de chasse. La *fig. 107* représente la projection sur un plan vertical de la ligne sinueuse qu'a décrite, en reculant, la bouche de divers fusils pris

comme types. Ces tracés vibratoires ont été enregistrés mécaniquement.

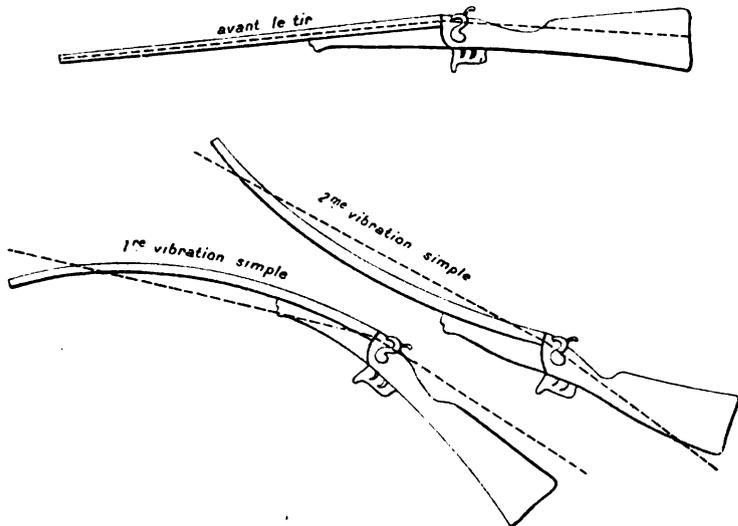
Le canon des fusils était placé horizontalement avant le tir. Le mouvement d'ascension de la bouche indiqué par l'ensemble du mouvement de chacun des fusils est dû au pivotement du fusil et au relèvement de la bouche.

On a indiqué par une flèche le point du tracé correspondant au moment où le projectile sortait du canon.

Dans ces tracés, le mouvement de recul a eu lieu de gauche à droite.

Les sinuosités des courbes de recul sont identiques lorsque les conditions de tir sont identiques; mais, ainsi qu'on le voit par la *fig. 107*, l'amplitude de ces sinuosités croît avec la vitesse et la pression.

Fig. 108.



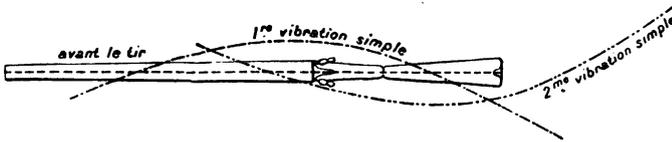
Nous représentons ci-dessus (*fig. 108*), en l'exagérant fortement et à dessein, la nature du mouvement vibratoire dans le plan vertical des diverses parties d'un fusil de chasse.

Dans les fusils de longueur ordinaire, un des nœuds des vibrations dues au pivotement se trouve à environ 30^{cm} de la bouche; l'autre nœud se trouve à peu près à hauteur des gâchettes.

On peut se demander s'il serait possible de placer la bouche à un nœud de vibration en modifiant la longueur du canon. Cela n'est pas réalisable. Quelle que soit la longueur du canon, les nœuds des vibrations ne sont jamais et ne peuvent pas être à la bouche.

La vibration dans le plan horizontal, produite sur un fusil double par le départ du coup droit, est du genre représenté par la *fig. 109*.

Fig. 109.



La durée de la période de tous les mouvements vibratoires d'une arme est indépendante de l'amplitude de ces vibrations. Cette durée ne dépend que de l'élasticité et de la forme des pièces soumises à la flexion.

La durée d'une vibration double due au pivotement dans le plan vertical est à peu près la même pour tous les fusils de chasse et de guerre; elle est d'environ $0^s,01$.

Les vibrations dues à la fermeture sont plus complexes et fort variables suivant les systèmes de fermeture.

Un fusil Lefauchaux, calibre 16, que nous avons étudié, avait de ce fait, dans le sens vertical, plusieurs mouvements vibratoires qui se composaient entre eux. La durée de la période de mouvement vibratoire principal dû à la fermeture était de $0^s,0015$; un autre mouvement vibratoire avait une période de $0^s,00007$. Dans le sens horizontal, le mouvement vibratoire principal de ce fusil avait une période de $0^s,0034$.

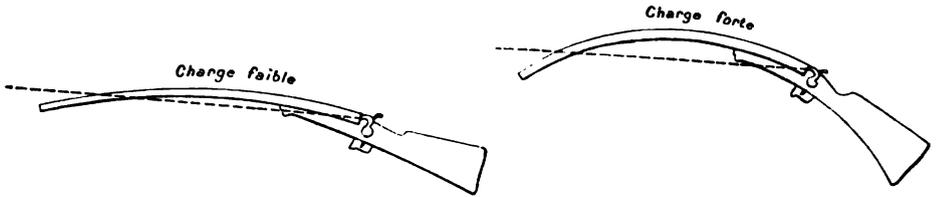
L'amplitude à la bouche des vibrations principales de ce fusil, dans le tir à charge normale, était de 2^{mm} dans le sens vertical et de 1^{mm} dans le sens horizontal.

Au moment où la charge de plombs, poussée par la poudre, sort d'un fusil de chasse, l'arme est généralement en train de terminer la première vibration simple dans le plan vertical.

L'amplitude de cette vibration et l'inclinaison du bout du canon sur sa direction moyenne sont d'autant plus grandes que la vitesse

de recul est plus grande (*fig. 110*). C'est pour cette cause que les fusils de chasse portent, ainsi que nous l'avons dit précédemment, d'autant plus bas que la charge est plus forte.

Fig. 110.



Avec une rigidité du canon très différente de ce qu'elle est en général dans les fusils de chasse, ou encore avec des durées de trajet dans le canon notablement différentes de ce qu'elles sont dans le tir normal de chasse, la sortie du plomb pourrait se faire à un moment différent de la période vibratoire, et il pourrait se faire qu'entre certaines limites de variations de charge le coup portât d'autant plus haut que la charge est plus forte, ou encore ne variât que d'une façon insensible. Ces dernières conditions sont réalisées par beaucoup de types de fusils destinés au tir à balles.

Nous estimons qu'il n'y a pas lieu de nous étendre davantage sur ce sujet, qui, pour être exposé en entier, exigerait de très longs développements.

5. **Hausse corrigeant le défaut de réglage en hauteur.** — Il n'est pas possible de faire un appareil pratique pour corriger les écarts de réglage en direction des fusils de chasse qui sont mal réglés dans ce sens. Il est assez rare, du reste, que ces écarts aient une valeur suffisante pour influencer notablement sur les résultats d'un tir de chasse à plombs.

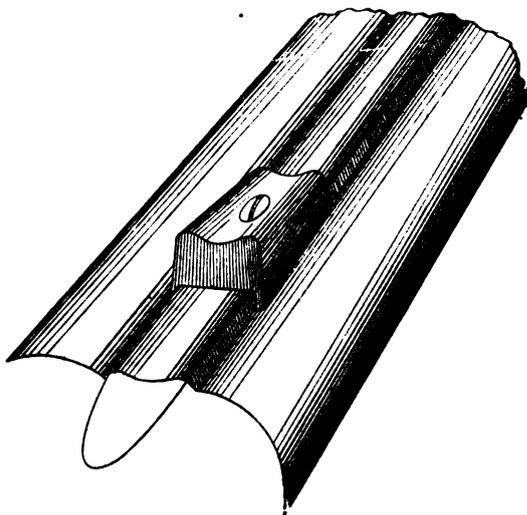
Nous avons dit, par contre, que beaucoup de fusils de chasse sont tellement mal réglés en hauteur que tout coup bien pointé et bien groupé ne peut atteindre le centre du but que par les parties peu garnies de plombs des bords supérieurs de la gerbe.

Quand on aura constaté un défaut pareil dans un fusil, ou lorsque le tireur aura constaté qu'il tire habituellement trop bas à la chasse, on pourra y remédier en adaptant une hausse au fusil. Le modèle représenté ci-contre (*fig. 111*), placé sur plusieurs

fusils de chasse et maintenu sur la bande au moyen d'une vis, a généralement satisfait ceux qui l'ont employé.

Ce type de hausse laisse à la ligne de visée son aspect habituel. Le pointage rapide sur un objet en mouvement est aussi facile avec cette hausse qu'avec un fusil sans hausse.

Fig. 111.



Pour déterminer la hauteur à donner à la hausse, on exécutera un tir à 10^m ou 20^m avec les cartouches que l'on compte employer; on déterminera la position du centre de la gerbe. Une simple proportion fixera la hauteur à donner à la hausse. Cette hauteur s'est trouvée être de 5^{mm} à 10^{mm} pour le tir, avec visée correcte, de la plupart des fusils que nous avons eu à régler.

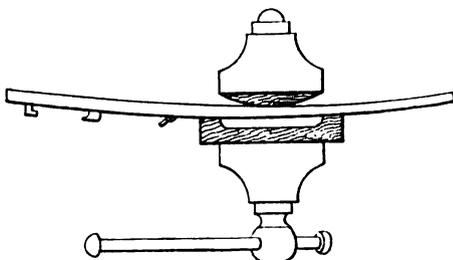
Ce remède est applicable aux fusils déjà construits. Il est évident que les fabricants pourraient parer à ce défaut en surélevant la bande et en donnant plus de hauteur à la culasse. Plusieurs fabricants d'armes sont entrés dans cette voie.

6. **Courbure du canon.** — Il y a un autre moyen de corriger le défaut de réglage d'un fusil qui porte trop bas : ce moyen consiste à courber le canon à *long pli* de façon à donner à l'extrémité du canon une direction plus élevée que celle de l'ensemble de celui-ci.

Pour faire cette opération, le canon est pris dans un étau et appuyé par la pression de l'étau contre une pièce de bois évidée, comme l'indique la *fig. 112*.

En agissant avec ménagement sur les différentes parties du canon, on arrive ainsi à lui donner une courbure permanente et régulière. Il est bon de donner au canon, à l'étau, une courbure un peu plus forte que celle qu'il doit garder, parce que le tir des premières

Fig. 112.



cartouches, après l'opération de la courbure, redresse un peu le canon. Il reste ensuite indéfiniment dans ce nouvel état de courbure.

Nous avons corrigé ainsi le défaut de réglage de plusieurs fusils qui étaient auparavant très mal réglés. La dispersion du tir à plombs n'en a été nullement modifiée, malgré une courbure fortement accentuée.

Beaucoup d'armuriers attribuent à la rectitude des canons une importance qui n'est pas justifiée. Peu importe qu'un canon soit droit ou courbe, pourvu qu'il soit bien réglé.

7. Résumé de l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse.

— Nous résumerons ici en quelques lignes l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse.

Lorsqu'on tire des cartouches bien faites, appropriées à la chambre du fusil et chargées avec une même espèce de plombs dans des fusils de provenance diverses, de systèmes différents, ou de calibres différents, on constate que la dispersion de tous les fusils à canons cylindriques est la même.

Les canons choke bored tirant du petit plomb donnent une

dispersion qui, aux moyennes distances, est plus faible d'un tiers que celle des canons cylindriques ; la différence relative de dispersion de ces deux sortes de canons va en diminuant avec la distance.

La dispersion du tir des canons choke bored dépend de la grandeur de l'étranglement et de la forme du raccordement. Nous avons indiqué quelle est la valeur la plus avantageuse à adopter pour l'étranglement.

Nous avons indiqué également les avantages qu'offraient les canons rayés pour le tir du plomb aux petites distances.

En dehors de cette question de l'étranglement et de la rayure, le fusil n'a pas d'influence propre sur la dispersion lorsque l'état intérieur du canon est passable au point de vue du poli, et lorsque les cartouches sont appropriées à la chambre.

Le mécanisme de fermeture, la longueur et les épaisseurs du canon, la composition de son métal (damas, acier fondu, fer forgé) n'ont aucune influence appréciable sur la dispersion.

Les fusils se chargeant par la bouche et même les fusils à pierre ont une dispersion qui n'est pas sensiblement supérieure à celle des fusils se chargeant par la culasse les plus chers et dont les canons sont cylindriques.

S'il y a peu de différence entre les fusils, au point de vue de la dispersion, il est loin d'en être de même en ce qui concerne le réglage. Le réglage de beaucoup de fusils de chasse est défectueux ; la plupart d'entre eux portent trop bas et sont mal réglés en direction lorsqu'on tire des cartouches chargées normalement.

Au point de vue du tir, c'est donc sur ce point que doit porter l'attention de l'acheteur, abstraction faite des questions de solidité, de facilité de mise en joue et de prix.



CHAPITRE VI.

TIR A BALLES DES ARMES DE CHASSE.

I. — GENRES DIVERS DE CHASSES A TIR A BALLES.

Au point de vue des qualités que doivent posséder les fusils, on peut diviser les chasses à tir à balles en deux catégories :

1° Les chasses sous bois, dans lesquelles le gibier se tire relativement de près. Telle est la chasse au sanglier.

2° Les chasses en pays découverts, dans lesquelles la sauvagerie du gibier ne permet pas de compter pouvoir le tirer à moins d'une centaine de mètres et force le plus souvent à tirer à des distances assez fortes, 200^m à 300^m. Telle est la chasse à la gazelle, au chamois, à certains gros oiseaux, tels que l'oie sauvage, l'aigle, etc.

II. — CLASSIFICATION DES FUSILS EMPLOYÉS POUR LA CHASSE A TIR A BALLES.

Tous les fusils sont susceptibles de tirer à balles et peuvent, en conséquence, être employés avec plus ou moins d'avantages dans les chasses où l'on tire à balles. Le nombre des modèles de fusils existant aujourd'hui est tellement grand qu'il ne peut entrer dans notre esprit de les décrire tous en détail. Nous classerons les fusils qui sont les plus susceptibles d'être employés pour la chasse à tir à balles en catégories ayant des caractères communs, et nous indiquerons les principales propriétés de ces diverses catégories.

1. Classification des fusils au point de vue du mode de chargement. — On peut classer les fusils, au point de vue du mode de chargement, de la façon suivante :

- 1° Les fusils à baguette se chargeant par la bouche ;
- 2° Les fusils de chasse à deux ou trois canons se chargeant par la culasse, dont les types les plus répandus sont à bascule ;
- 3° Les fusils à un canon se chargeant par la culasse, et à simple charge : tels sont les fusils français modèle 1874, appelé aussi fusil Gras, les fusils Martini, Remington, etc. ;
- 4° Les fusils à répétition : tels sont le fusil français modèle 1886, dit aussi fusil Lebel, les fusils Winchester, Mannlicher, Krag, etc.
- 5° Les fusils automatiques, qui se rechargent automatiquement après chaque coup tiré, soit par l'effet du recul, soit par l'action d'une partie des gaz de la poudre.

2. Avantages et inconvénients des divers modes de chargement. — L'infériorité des fusils se chargeant par la bouche comparés aux fusils se chargeant par la culasse, au point de vue de la vitesse du tir et de la précision du tir à balles, est connue de tout le monde. Actuellement, les fusils se chargeant par la bouche ne sont plus employés que par les habitants les moins riches des pays restés à peu près sauvages.

Les fusils doubles continuent à être préférés pour la chasse sous bois aux fusils à répétition et à un canon. Les chasseurs expérimentés estiment que le temps pendant lequel on peut utilement tirer, dans ce genre de chasse, étant très court, il vaut mieux pouvoir tirer deux coups très rapidement que d'avoir à sa disposition plusieurs coups qui ne peuvent être tirés qu'à des intervalles plus grands. Les fusils doubles permettent, en effet, de tirer deux coups en deux secondes, tout en visant quelque peu, tandis que les fusils à répétition ne permettent de tirer au plus qu'un coup par deux ou trois secondes en visant dans les mêmes conditions.

Les fusils à bascule et à trois canons, dont un des canons est généralement rayé, ont l'inconvénient d'être lourds, mal en main, et d'avoir des complications de détente qui les rendent assez peu pratiques.

Il est extrêmement rare que le tir à balles des deux canons d'un fusil double porte en *moyenne* au même point. Le tir de l'un des canons a presque toujours un réglage différent de l'autre canon tant en hauteur qu'en direction. En raison de ce défaut de réglage

concordant des deux canons des fusils doubles, il y a lieu de préférer les bons fusils rayés à un canon aux fusils doubles rayés, pour les chasses où l'on a à tirer de loin.

Il est avantageux que les fusils à simple canon soient à répétition. Le temps nécessaire pour charger et tirer un coup de fusil à répétition n'est que les trois cinquièmes de celui qui est nécessaire avec un fusil à simple charge, tant que l'on n'a pas à réapprovisionner le magasin. *Tous les fusils à répétition actuellement connus donnent la même vitesse de tir, pendant le temps où l'on vide leur magasin, et lorsqu'ils ne s'enrayent pas. Aucun fusil à répétition ne peut se recharger facilement pendant que l'arme est à l'épaule, lorsqu'il faut manœuvrer la culasse à la main.*

Les fusils automatiques permettent de tirer plusieurs coups successifs sans désépauler, à raison d'au moins un coup par seconde et tout en visant quelque peu. Toutefois ces fusils sont encore dans l'enfance au point de vue mécanique et au point de vue de la sûreté de fonctionnement. On ne saurait les recommander dans leur état actuel pour la chasse.

3. Classification au point de vue de la rayure. — Les fusils de chasse peuvent se subdiviser en fusils à canons lisses et en fusils à canons rayés.

Le tir à balles des canons lisses a très peu de précision.

L'emploi des fusils rayés s'impose toutes les fois où il est nécessaire d'avoir de la précision dans le tir et où l'on peut avoir à tirer à balles à plus de 35^m.

4. Classification au point de vue de la forme des balles. — Les balles sphériques sont les seules qui conviennent pour le tir dans les fusils lisses cylindriques, sauf quelques exceptions dont il sera question dans le Chapitre consacré aux fusils lisses.

Les fusils rayés peuvent tirer également des balles sphériques; toutefois on n'emploie guère ce genre de balles que dans les fusils de très gros calibres (19^{mm} à 26^{mm}), pour lesquels des balles allongées donneraient lieu à un recul insupportable en raison de leur poids.

Les fusils les mieux conditionnés, au point de vue de la tension

et de la précision du tir, tirent des balles allongées de 3,5 à 4,7 calibres, recouvertes d'une enveloppe de métal dur qui assure leur indéformabilité sous la poussée des gaz.

Les fusils pour lesquels il est désirable de n'avoir qu'une assez faible portée meurtrière, de crainte d'accidents, tirent des balles relativement peu allongées et analogues aux balles de revolver. Tel est le cas des carabines à corbeaux.

5. Classification au point de vue du calibre et des vitesses de la balle. -- Les fusils que l'on fait actuellement pour chasser à balles ont des calibres variant de 6^{mm},5 à 27^{mm}. On peut diviser ces divers fusils en catégories comme il suit :

1° Les *fusils lisses des calibres 4 à 32* (27^{mm} à 13^{mm}), qui sont normalement destinés au tir du plomb de chasse. Ces fusils peuvent tirer des balles sphériques à des vitesses d'au plus 350^m à 400^m.

2° Les *fusils rayés de très gros calibres 4, 6, 8, 10* (27^{mm} à 19^{mm}), qui se font pour la chasse des très gros animaux.

3° Les *fusils de chasse rayés de moyen calibre* (10^{mm} à 15^{mm}). Lorsqu'ils sont à canons doubles et à bascule et lorsqu'ils tirent à des vitesses supérieures à 490^m, ils sont dénommés par les Anglais *Express rifle*.

Les fusils de cette espèce faits en Angleterre ont les calibres ci-après :

En millièmes de pouce.....	577	500	450	400
En millimètres.....	14,7	12,7	11,4	10,15

4° Les *fusils de guerre rayés des calibres de 10^{mm},5 à 11^{mm},5*. Ces calibres comprennent ceux de tous les fusils de guerre se chargeant par la culasse qui ont été en service dans les armées depuis 1867 jusqu'en 1890. Tous ces fusils tirent des balles de 20^{gr} à 30^{gr} à une vitesse de 400^m à 450^m. Ils sont presque tous à simple charge. Leur valeur marchande actuelle, en gros, est d'environ 3^{fr}.

5° Les *fusils rayés de 6^{mm} à 8^{mm}*. -- Tous les fusils de guerre qui ont été adoptés depuis 1886 ont un calibre compris entre ces limites. Tous ces fusils tirent des balles de 10^{gr} à 15^{gr}, à des vitesses

de 600^m à 750^m. Ils sont tous à répétition, à magasin ou à chargeur. On fait des fusils spéciaux pour la chasse qui tirent les cartouches de ces fusils de guerre.

6° Les *carabines à corbeaux et à lapins* sont des armes légères, rayées, destinées à tirer à balles les corbeaux et les lapins au posé. Ces fusils sont généralement de fabrication anglaise et à un seul canon. D'après M. Greener, leurs calibres et les éléments de leurs cartouches sont les suivants.

CALIBRES		POIDS		VITESSE approximative.
en millimètres de pouce anglais.	en millimètres.	de la poudre noire.	de la balle.	
297	mm 7,55	gr 0,19	gr 2,5	260 ^m
»	»	0,32	2,5	360
»	»	0,45	3,6	340
295	7,50	0,65	5,2	340
300	7,62	0,65	5,2	340
360	9,15	0,91	8,7	310
380	9,65	0,78	8,0	300

La forme et la grandeur des cartouches de ces fusils sont analogues à celles des cartouches de revolver.

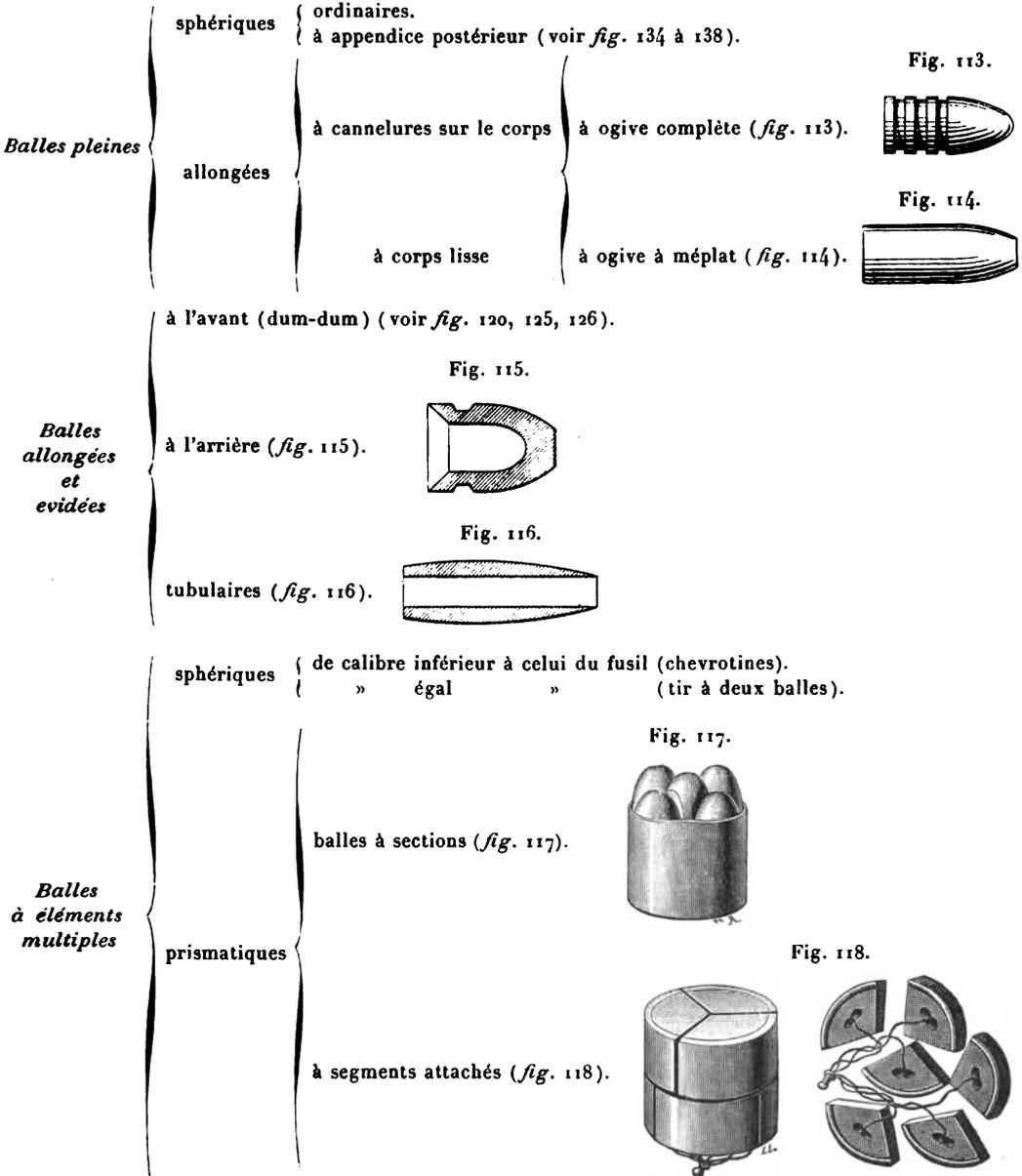
Le seul spécimen d'armes de ce genre que nous ayons expérimenté provenait d'un des armuriers les plus en renom en Angleterre. La précision de ce fusil à 100^m était médiocre et n'aurait pas permis d'atteindre plus d'un lapin sur deux ou trois à cette distance.

Nous ne reviendrons plus sur ce type d'armes dont l'emploi est assez dangereux dans les pays à population dense.

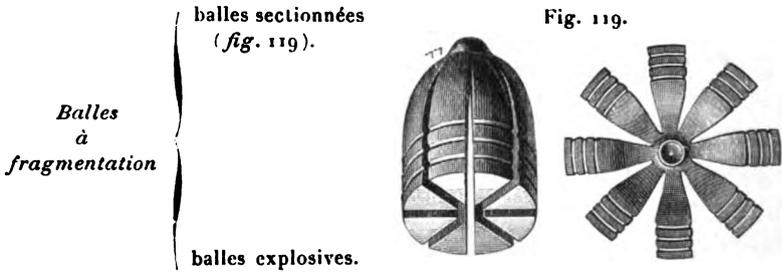
III. — FORME ET NATURE DES BALLES.

1. **Classification des balles au point de vue de la forme.** — Les balles que l'on peut employer à la chasse sont de forme et de nature fort variées, même si l'on fait abstraction des variations de calibre.

Classification des balles au point de vue de la forme.



Classification des balles au point de vue de la forme (suite).



Classification des balles au point de vue de la constitution.

En plomb nu ou avec calepin de papier	}	pur. durci à l'antimoine ou à l'étain. durci au mercure.				
En plomb avec enveloppe de maillechort ou d'acier nickelé	}	complète { <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(balles ordinaires des fusils de guerre de 6^{mm} à 8^{mm}.</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(avec fente longitudinale sur l'ogive (dum-dum).</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(sur la partie cylindrique, ogive nue (dum-dum).</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(sur l'ogive (Suisse).</td> </tr> </table>	(balles ordinaires des fusils de guerre de 6 ^{mm} à 8 ^{mm} .	(avec fente longitudinale sur l'ogive (dum-dum).	(sur la partie cylindrique, ogive nue (dum-dum).	(sur l'ogive (Suisse).
(balles ordinaires des fusils de guerre de 6 ^{mm} à 8 ^{mm} .						
(avec fente longitudinale sur l'ogive (dum-dum).						
(sur la partie cylindrique, ogive nue (dum-dum).						
(sur l'ogive (Suisse).						
En métaux plus durs que le plomb	}	en acier ou autre métal dur, { <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(avec manchon de plomb.</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">(avec ceinture forçante en cuivre, en laiton, etc.</td> </tr> </table>	(avec manchon de plomb.	(avec ceinture forçante en cuivre, en laiton, etc.		
(avec manchon de plomb.						
(avec ceinture forçante en cuivre, en laiton, etc.						
En métaux plus légers que le plomb	}	en plomb à pointe d'acier. zinc, laiton, etc. aluminium et alliages.				

2. Renseignements sommaires sur l'emploi, sur les avantages et les inconvénients des diverses espèces de balles. — *Balles allongées.* — L'allongement des balles permet d'obtenir un tir puissant même à de grandes portées, tout en laissant à la balle un poids modéré.

L'allongement relatif des balles de fusil est généralement d'autant plus grand que leur calibre est plus faible.

Le pas de la rayure des fusils doit être d'autant plus court que la longueur de la balle en calibres est plus grande; mais, quelque court que soit le pas de la rayure, on ne peut pas tirer avec régularité des balles ayant plus de 5 calibres de longueur.

Balles à cannelures. — Les cannelures des balles ont pour but d'en modérer le forçement et d'y loger la graisse qui doit lubrifier le canon.

Les balles à cannelures ont été employées de 1850 à 1880 dans beaucoup de fusils de guerre et de chasse rayés des calibres 18^{mm} à 11^{mm}; elles ne sont plus employées que dans des cartouches mal conçues et destinées à des armes de commerce telles que les carabines Winchester.

Lorsque les balles à cannelures sont tirées à des vitesses supérieures à 350^m, le forçement de la balle par inertie comble les cannelures et amène presque toujours un déversement du culot et de la partie antérieure de la balle qui nuit à la précision du tir.

Balles cylindro-ogivales à corps lisse. — Cette forme de balles est exclusivement employée dans tous les fusils de guerre modernes et dans les cartouches de chasse pour fusils rayés bien conditionnées.

Certains types de ces balles ont l'ogive complète; d'autres ont l'ogive plus ou moins tronquée.

Balles à enveloppe de maillechort. — Ce type de balles est employé dans presque tous les fusils de guerre modernes et dans les armes de chasse rayées auxquelles on demande de la précision.

Balles évidées à l'avant pour fusils express. — Les premiers chasseurs qui employèrent des fusils rayés de moyen calibre (11^{mm} à 15^{mm}) et à moyenne vitesse (350^m à 450^m), pour la chasse des gros animaux, cherchèrent à augmenter la gravité des blessures produites par ces balles dans les parties molles du corps et à les rendre ainsi plus fréquemment meurtrières. Ils trouvèrent ainsi qu'en évidant l'avant des balles en plomb on favorisait beaucoup leur épanouissement dans les chairs.

Ce type de balles évidées est devenu d'usage assez général dans les fusils rayés de moyen calibre que l'on fabrique, surtout en Angleterre, depuis 1880 environ, pour la chasse à tir à balles, et qui sont dénommés *carabines express*.

Ces balles n'ont pas d'enveloppe de métal dur; celles de provenance anglaise ont un calepin en papier et tout le corps uni; celles

de provenance américaine sont en plomb nu, sans calepin, et ont des cannelures remplies de graisse.

Le vide antérieur de ces balles est généralement bouché par une capsule en cuivre mince.

Elles sont généralement faites en plomb durci avec 5 pour 100 d'étain ou avec 3 pour 100 d'antimoine.

Fig. 120.

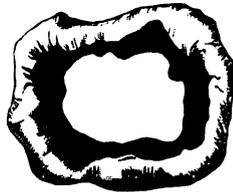


Coupe de balles d'express rifle avant le tir.

Fig. 121.



Fig. 122.



Balles d'express rifle tirées

dans du bois de sapin.

dans du bois de frêne.

Les balles express calepinées ont une précision assez faible, surtout lorsqu'elles sont tirées, comme on le fait d'habitude, à des vitesses de 500^m et à 550^m et avec de la poudre noire. Les *fig. 121* et *122* font voir les déformations que ces balles peuvent subir en pénétrant dans du bois.

Lorsqu'elles pénètrent dans des chairs avec une grande vitesse, elle se champignonnent bien, mais nous n'avons jamais observé que ces balles aient pris dans le corps d'animaux la forme en anneau (*fig. 122*) qu'elles peuvent prendre en pénétrant dans du bois de frêne.

Lorsque ces balles atteignent des os durs et résistants, avec de grandes vitesses, elles se pulvérisent au choc comme le font les balles pleines et elles y produisent les mêmes effets.

Balles dum-dum. — Les premiers chasseurs qui essayèrent de tuer de très gros animaux sauvages avec des balles à enveloppe de maillechort des calibres voisins de 8^{mm} constatèrent que les blessures que faisaient ces balles, en n'atteignant que des parties molles, manquaient assez souvent de gravité. Quelques-uns d'entre eux eurent l'idée d'enlever l'enveloppe de maillechort à la partie antérieure de la balle, et ils constatèrent que ces balles se cham-pignonnaient beaucoup plus facilement et faisaient des blessures plus graves dans les parties molles que les balles à enveloppe complète.

L'armée anglaise, ayant constaté que les balles à enveloppe métallique complète du fusil Lee Medford (7^{mm}, 7) ne produisaient pas toujours des blessures suffisantes pour arrêter net les indigènes asiatiques ou africains qu'elle avait à combattre (1), adopta pour le service de guerre les types de balles reconnus les plus meurtriers par les chasseurs. Ces balles furent fabriquées d'abord à la cartoucherie Dum-Dum, dans l'Inde. Actuellement toutes les balles à avant expansible sont habituellement désignées sous le nom de balles *dum-dum*.

Les principaux types de balles *dum-dum* qui ont été essayés ou qui sont en usage tant pour la chasse que pour le service de guerre en Angleterre sont les suivants :

Balle à enveloppe fendue. — L'enveloppe de maillechort est complète, mais elle porte sur l'ogive quatre fentes longitudinales qui facilitent sa rupture au choc.

Le tir de ces balles est généralement très irrégulier. Beaucoup

Fig. 123.



de ces balles ont un tir complètement anormal et manquent un panneau de 3^m de côté à la distance de 100^m. Cette irrégularité paraît attribuable à ce que l'enveloppe déjà fendue se déchire plus

(1) L'armée française n'a jamais eu à se plaindre de l'insuffisance du pouvoir meurtrier du fusil modèle 1886 dans les guerres qu'elle a faites avec ce fusil, au Dahomey, au Soudan, à Madagascar, en Indo-Chine, dans le Sahara et en Chine.

ou moins complètement dès la sortie du canon, par suite de la force centrifuge développée par la rotation due aux rayures.

Balles à ogive dénudée. — L'enveloppe de maillechort n'existe que sur les parties cylindriques et arrière. Cette enveloppe diminue

Fig. 124.



d'épaisseur de l'arrière à l'avant en vue de faciliter sa rupture à l'avant. Le noyau est en plomb pur ou peu durci.

La précision de ces balles est très médiocre aux grandes vitesses, parce que l'ogive, qui n'est pas soutenue par une enveloppe rigide, s'affaisse et se déverse sous la poussée des gaz de la poudre.

Nous avons eu à observer des balles de ce type dont l'ogive s'était rompue et s'était séparée du corps cylindrique au sortir du canon. Ces balles donnaient, bien entendu, un tir très dispersé.

Balles à ogive dénudée et à vide antérieur. — On a augmenté la facilité d'épanouissement des balles ci-dessus en y pratiquant un vide à l'avant qui, suivant les types, occupe du

Fig. 125.



quart à la moitié de la longueur de la balle du côté de l'ogive. Dans certains types, ce vide est rempli de cire; dans d'autres, il est bouché à l'avant par une capsule mince comme l'est l'avant des balles express; dans d'autres types on place une cheville de métal dur dans le vide antérieur.

Leur précision est médiocre, ce qui tient à ce que l'excentrage, inévitable en pratique, du vide antérieur vient ajouter son effet aux autres causes de déviation des balles à ogive dénudée.

Balles à enveloppe complète et à vide antérieur. — Le type de balle dum-dum actuellement préféré par les Anglais pour le

service de guerre a une enveloppe complète et une ogive creuse. On fait également des balles de ce type pour la chasse. La précision de ces balles est inférieure à celle des balles pleines et à enveloppe rigide.

Fig. 126.

Balles du type employé par les Anglais
à la prise de Khartoum.

Balle Holland's à cheville.

Les balles dum-dum se champignonnent fortement lorsqu'elles frappent les parties molles des animaux à des vitesses supérieures à 350^m. Dans ce cas, elles font des blessures dont le diamètre est trois à quatre fois plus grand que celui des balles dont l'enveloppe ne se déforme pas au choc contre ces parties.

Lorsqu'on tire des balles dum-dum de 30^{mm} de longueur à des vitesses initiales voisines de 600^m, leurs effets vulnérants dans les parties molles sont considérables et très supérieurs à ceux des balles rigides de longueur habituelle jusqu'à la portée de 200^m. Ces effets diminuent de 200^m à 400^m; à la portée de 600^m et au delà, les balles dum-dum produisent les mêmes effets vulnérants que les balles à enveloppe rigide et complète de longueur ordinaire.

Les balles à avant creux et toutes les balles à expansion ont peu de pénétration dans les milieux peu ou moyennement résistants. Elle ne conviennent pas pour attaquer les animaux à peau très épaisse, tels que l'éléphant, l'hippopotame, la girafe, les grandes antilopes, etc. Contre ces animaux il convient d'employer des balles pleines allongées.

Les chasseurs expérimentés paraissent, du reste, maintenant préférer les balles pleines aux balles à expansion pour le tir sur tous les animaux dont le poids dépasse 100^{kg}.

Balles évidées à l'arrière. — Ces balles ont été employées autrefois dans les fusils de guerre des calibres de 11^{mm} à 18^{mm}.

L'évidement avait pour but soit d'alléger la balle, soit d'en assurer le forçement. On les emploie encore quelquefois pour les mêmes motifs dans quelques fusils de chasse de gros calibre.

Balles tubulaires (fig. 116). — La précision des balles tubulaires faites dans les meilleures conditions est toujours très médiocre. Elles sont inférieures aux balles pleines au point de vue de la conservation des vitesses dans l'air et de la pénétration. Elles n'ont aucun avantage particulier et elles ont des inconvénients multiples.

Balles à sections (fig. 117). — Ces balles, formées de morceaux allongés et s'appliquant les uns contre les autres, sont nettement inférieures aux chevrotines au point de vue de la portée efficace. Elles n'ont aucun avantage particulier.

Balles sectionnées (fig. 119). — Ces balles étant allongées doivent être tirées dans un fusil rayé. La force centrifuge due à la rotation de la rayure les épanouit dès leur sortie du canon. Dans ces conditions leur portée efficace est à peu près nulle.

Ces projectiles sont le produit de l'imagination d'un inventeur qui n'avait que des idées fausses sur le mouvement et le mode d'action des balles.

Balles à segments rattachés (fig. 118). — Des fils métalliques ou de chanvre réunissent les six segments d'une balle susceptibles d'être assemblés.

Il paraît que ces fils ne se cassent pas toujours et empêchent les divers fragments de s'écarter l'un de l'autre au delà d'une certaine limite. Nous n'avons pas tiré ces sortes de projectiles dont, *a priori*, on peut prévoir la faible portée efficace.

Balles multiples. — Nous avons déjà parlé (p. 200 et 207) de la dispersion du tir à chevrotines; nous parlerons du tir à deux balles dans le Chapitre consacré au tir à balles des fusils lisses.

Le tir à deux balles n'est pas recommandable dans les fusils lisses, et il l'est encore moins dans les fusils rayés, où leur dispersion est énorme.

Balles explosives. — On trouve dans le commerce des balles explosives; les plus connues sont les balles Pertuiset. Les balles explosives sont généralement d'assez fort calibre (17^{mm} environ).

Avec un calibre sensiblement plus petit, la charge intérieure serait trop faible pour produire un effet sérieux. Les balles explosives doivent être tirées dans des fusils rayés. Leur tir est peu régulier. Elles ratent fréquemment et ne font pas toujours explosion en ne rencontrant que les parties molles ou les os d'un animal de poids modéré; elles donnent encore de fréquents ratés en frappant des buts plus résistants. Lorsqu'elles frappent les parties molles d'un animal et y éclatent, leurs effets meurtriers sont considérables. Mais, sur des os, elles font moins d'effets qu'un projectile plein en plomb du même poids ayant une vitesse restante de 500^m.

Elles sont un danger permanent pour celui qui les porte; car une chute ou un choc accidentel peut les faire éclater. Elles ne sont utiles pour la chasse d'aucun animal terrestre.

Balles en plomb nu. — Les balles en plomb nu ne peuvent pas être tirées dans des conditions convenables de précision à plus de 350^m de vitesse initiale.

Lorsque la vitesse est plus grande, elles emplombent le canon et elles manquent de précision. Ces inconvénients sont plus notables et se produisent à des vitesses moindres lorsqu'on tire la poudre noire que lorsqu'on tire des poudres pyroxyliées ne laissant pas de résidus dans le canon.

Les balles allongées, en plomb calepiné, ont plus de précision que les balles en plomb nu dès que la vitesse dépasse 300^m. Elles en ont moins que les balles à enveloppe de maillechort dès que la vitesse dépasse 400^m.

Plomb pur et plomb durci. — Les balles allongées en plomb pur ont l'inconvénient de se déformer trop facilement dans le canon lorsque la vitesse dépasse 300^m. C'est pour éviter ces déformations dans le canon et pour augmenter, par suite, la précision qu'on fait les balles en plomb durci.

Les balles oblongues qui ont été comprimées par étampage ont une précision notablement supérieure à celle des balles simplement coulées, ce qui est dû à ce que l'étampage supprime les vides irréguliers de forme et de position que le refroidissement après le coulage forme toujours à l'intérieur des objets en plomb coulé. Les balles étampées ont, de plus, une surface extérieure plus régulière et plus unie que celle des balles coulées.

Le durcissement du plomb des balles se fait généralement par un alliage avec 5 pour 100 d'antimoine ou avec 10 pour 100 d'étain. Le durcissement obtenu par ces deux sortes d'alliages est à peu près égal, mais la densité de l'alliage à l'antimoine est un peu plus grande et est voisine de 11,0.

Les balles en plomb pur ne doivent pas avoir plus de 2,5 calibres de longueur. Les balles en plomb durci de 3 calibres ne peuvent pas être tirées avec précision avec plus de 430^m de vitesse initiale.

Balles à enveloppes de maillechort ou d'acier plaqué de nickel. — Les balles à enveloppe rigide de maillechort ou d'acier peuvent avoir jusqu'à 5 calibres de longueur, et dans ces conditions elles peuvent être tirées jusqu'aux vitesses de 750^m à 800^m.

L'enveloppe doit être d'autant plus rigide que la longueur et la vitesse sont plus grandes.

Balles en métaux plus durs que le plomb. — On vend pour la chasse des balles en plomb à pointe d'acier. Ces balles n'ont pas une pénétration sensiblement supérieure à celle des balles de plomb, même lorsqu'elles frappent des obstacles résistants, tels que de gros os. Lorsque l'obstacle est tel qu'il aurait fait éclater une balle en plomb, il désorganise complètement les balles de plomb à pointe d'acier; le plomb s'affaisse sur la pointe d'acier; le plomb et l'acier agissent alors séparément sur l'obstacle en raison de leur masse et de leur dureté respectives.

Ces balles sont inutiles pour la chasse, car une simple balle de plomb nu frappant à plus de 300^m de vitesse peut percer la peau ou la carapace des pachydermes les plus gros et des animaux les mieux protégés.

« Une balle de plomb pénètre fort bien dans la peau de l'éléphant ou du rhinocéros, malgré ce qu'on dit de l'impossibilité de les entamer. La balle pleine en plomb les traverse de part en part.

» L'invulnérabilité des gros pachydermes est une légende à reléguer au musée des curiosités avec la balle explosive, avec les écailles cuirassées et impénétrables du crocodile... » (FOA, *Chasses aux grands fauves.*)

Balles en métal plus léger que le plomb. — L'emploi de

balles de grande longueur, en plomb, qui conservent relativement bien leur vitesse, est nécessaire pour la guerre, parce qu'on doit pouvoir y tirer relativement de loin.

Cette propriété des balles de guerre d'être encore meurtrières à de grandes portées est inutile à la chasse, et elle peut être la source d'accidents causés loin du théâtre de la chasse.

L'emploi des armes de guerre pour la chasse, ou des cartouches de guerre dans des armes de chasse, est à déconseiller dans les régions très peuplées. Les ricochets des balles de guerre actuelles peuvent aller en plusieurs bonds et en terrain à peu près plan jusqu'à la portée de 2000^m. La portée de ces armes, lorsqu'elles sont tirées en l'air, est 3000^m à 3600^m, et leurs balles peuvent encore très bien tuer à cette portée.

Les armes de chasse à balles devraient avoir, autant que possible, une grande puissance meurtrière jusqu'à 200^m environ, distance au delà de laquelle il n'est que rarement utile et opportun de tirer à la chasse, et ces balles devraient être sans danger pour l'homme aux grandes distances. Il est possible de réaliser ces diverses conditions en tirant des balles de faible densité, animées d'une grande vitesse.

Une balle pleine en aluminium, de la même forme que la balle du fusil modèle 1886, pèse 3^{gr}, 5. Une balle de ce poids et de cette forme tirée à la vitesse de 635^m pourrait briser, à la portée de 25^m, les os longs des animaux pesant 110^{kg} et entamer ceux des animaux pesant 550^{kg}.

Elle pourrait briser, à la portée de 230^m, les os longs d'un animal pesant 65^{kg} et entamer ceux d'un animal pesant 125^{kg}.

Sa portée extrême serait d'environ 800^m, et à partir de 600^m elle cesserait d'être dangereuse pour l'homme.

Une balle d'aluminium moitié moins longue que celle envisagée ci-dessus, ayant 15^{mm} de long et le calibre de 8^{mm}, tirée à la vitesse de 635^m ne serait pas dangereuse pour l'homme au delà de 250^m environ.

Jusqu'à 100^m, cette balle aurait une assez grande efficacité sur des animaux du poids de 30^{kg} à 40^{kg}. De près, elle serait meurtrière contre de très grands animaux.

Les balles faites en aluminium pur se champignonnent trop facilement sur les os offrant quelque résistance. En raison de leur

facile épanouissement, elles pénètrent peu dans les chairs après avoir rencontré un os de résistance modérée.

On pourrait leur donner plus de puissance meurtrière, aux petites distances, en leur donnant une enveloppe relativement épaisse en maillechort, ou en les faisant avec un alliage d'aluminium ayant plus de résistance à l'écrasement que l'aluminium pur.

Le *partinium*, qui est formé d'un alliage d'aluminium et de tungstène, conviendrait peut-être pour cet objet.

Lorsqu'il est fondu, il a une densité de 2,89, avec une résistance à la traction de 1200^{kg} à 1700^{kg} par centimètre carré. Lorsqu'il est laminé, il a une densité de 3,09, avec une résistance à la traction de 3200^{kg} à 3700^{kg} et une résistance à l'écrasement de 3820^{kg} par centimètre carré.

Le *magnalium*, qui est formé d'un alliage d'aluminium et de magnésium, conviendrait probablement encore mieux.

Avec 3 à 5 pour 100 de magnésium, il est déjà beaucoup plus résistant que l'aluminium. Avec 5 à 8 pour 100 de magnésium, il a la ténacité du zinc.

Avec 10 à 15 pour 100 de magnésium, ses propriétés sont à peu près celles du laiton. Sa densité varie de 2,30 à 2,50 suivant les proportions de magnésium; cette densité est encore plus faible que celle de l'aluminium laminé, dont la densité est 2,67.

Les cartouches destinées à tirer des balles légères en alliage d'aluminium pourraient être beaucoup moins volumineuses que celles destinées à tirer des balles de plomb, parce qu'elles nécessiteraient beaucoup moins de poudre pour la même vitesse et les mêmes dimensions. Les fusils qui leur seraient destinés pourraient avoir un très faible poids sans que le recul fût notable. Un fusil pesant 2^{kg} pourrait tirer une balle d'aluminium de 3^{gr}, 5 à la vitesse de 1000^m avec un recul dont la force vive serait de 1^{kgm}, 25 et serait inférieure à celle de tous les fusils de chasse et de guerre.

IV. — POUDRES A EMPLOYER POUR LE TIR A BALLES.

1. Balles sphériques. — *Poudres noires.* — Le tir à balles sphériques dans un fusil se chargeant par la culasse donne lieu, avec une même charge de poudre, à une pression plus élevée que le tir d'une charge de plombs pesant le même poids.

La différence de pression, qui est faible lorsqu'on emploie des poudres lentes et à gros grains, telles que la poudre noire de guerre F₃ ou la poudre de chasse ordinaire n° 0, s'élève à environ 100^{kg} lorsqu'on emploie des poudres plus vives, telles que l'ordinaire n° 3 et les poudres fortes, aux charges qui permettent de réaliser la vitesse d'environ 350^m.

La poudre noire de chasse qui convient le mieux pour le tir de la balle sphérique est la poudre noire ordinaire n° 0.

Poudres pyroxylées de chasse. — Les seules poudres pyroxylées de chasse qui conviennent pour le tir des balles sphériques sont :

1° La poudre J₁, qui convient lorsque la vitesse ne doit pas dépasser 350^m et lorsque le calibre n'est pas inférieur, comme diamètre, au calibre 16. Les charges de cette poudre doivent être légèrement inférieures à celles qui conviennent pour le tir du poids normal de plomb.

2° La poudre J₀, qui convient lorsque la vitesse doit être supérieure à 350^m. La charge à employer est les 0,6 de la charge de poudre noire n° 0 qui donnerait la vitesse cherchée.

Les autres poudres pyroxylées de chasse conviennent très peu pour le tir à balles sphériques et peuvent donner lieu à des pressions trop élevées, même lorsqu'on ne dépasse pas la vitesse de 350^m. Les pressions avec ces poudres sont d'autant plus fortes pour une même vitesse que le calibre est moindre. Ces poudres seraient d'un emploi dangereux pour le tir à balles dans les calibres inférieurs à 17^{mm}.

A plus forte raison ces poudres ne doivent-elles jamais être employées pour le tir de balles allongées dans les fusils rayés de petit calibre.

2. Emploi de la poudre J n° 0 pour le tir des balles allongées (1).

— Lorsqu'on tire la poudre J₀ dans des fusils destinés normalement au tir de la poudre noire, il faut interposer entre la poudre et la balle des bourres épaisses et plastiques, afin d'empêcher le passage des gaz en avant de la balle.

(1) Extrait et résumé d'un Travail de M. l'ingénieur Barral, inséré dans le Tome VI du *Mémorial des Poudres et Salpêtres*.

Lorsque ce passage se produit, l'irrégularité du tir des fusils rayés est complète.

Les charges de poudre J_0 , qui donnent la même vitesse que des charges en poudre noire, occupent dans l'étui moins de volume que ces dernières. Il est bon de remplir le vide entre les bourres et la poudre avec un peu d'ouate non pressée.

Les amorces usitées pour le tir de la poudre noire ne donnent pas de ratés avec la poudre J_0 , mais elles donnent lieu à des longs feux. Pour le tir de la poudre J_0 , il convient donc d'employer les amorces renforcées qui conviennent pour le tir des poudres pyroxyliées de chasse ou de guerre.

Fusil modèle 1886 (fusil Lebel). — Une charge de 3^{er} , 30 de poudre J_0 permet de réaliser, avec la balle réglementaire, la vitesse $V_0 = 620^{\text{m}}$; la pression, dans ce cas, est de 2600^{kg} . Cette vitesse et cette pression sont peu différentes de celles des cartouches réglementaires.

Fusil modèle 1874 (fusil Gras). — La charge de 3^{er} , 20 de poudre J_0 donne à la balle de 25^{er} la même vitesse que 5^{er} , 25 de poudre noire F_3 ; soit $V_0 = 445^{\text{m}}$. La pression, qui est 1520^{kg} avec 5^{er} , 25 de poudre F_3 , n'est que de 1440^{kg} avec 3^{er} , 20 de poudre J_0 .

Les amorces ordinaires des cartouches du fusil modèle 1874, à 0^{er} , 02 de fulminate, donnent des longs feux avec la poudre J_0 , et il convient d'employer avec cette poudre les amorces à 0^{er} , 03, usitées dans les cartouches modèle 1886. Il y a lieu de mettre entre la poudre et la balle, soit une bourre en cire avec 0^{er} , 1 d'ouate, soit plusieurs bourres en feutre collées les unes aux autres.

Armes diverses. — Toute arme dans laquelle on se sert d'une poudre analogue à la poudre noire de chasse ordinaire n° 0 peut être tirée avec la poudre J n° 0. On obtient la même vitesse lorsque la charge de poudre J_0 est égale aux $\frac{64}{100}$ de la charge en poudre ordinaire n° 0.

Lorsque le calcul du poids de la poudre J_0 à employer conduit à une charge inférieure à 1^{er} , 25 et lorsque la balle est courte, il faut substituer la poudre J n° 1 à la poudre J n° 0.

Enfin la poudre J_2 ne doit pas être employée pour le tir à balles avec des charges supérieures à 0^{er} , 75.

3. Poudre BN et autres poudres pyroxylées pour les tirs des fusils de petit calibre. — Les armes des calibres 6^{mm} à 8^{mm} et à balles longues doivent de préférence être tirées avec les poudres qui leur sont spécialement destinées.

La poudre BN, qui est en vente dans le commerce, en France, pour le tir dans les fusils rayés, est équivalente comme puissance aux meilleures de ces poudres qui ne contiennent pas de nitroglycérine. Elle est très régulière dans ses effets, mais elle a l'inconvénient de faire un peu de fumée.

V. — POIDS ET REcul DES FUSILS.

1. Recul admissible. — L'appréhension du recul nuit beaucoup à la précision du tir de presque tous les tireurs. Cette appréhension est d'autant plus grande que le recul est lui-même plus fort et que le tireur est moins exercé. Plus le tir doit être précis, plus il importe que le recul soit modéré.

Pour les chasses en terrain découvert, où l'on est forcé en général de tirer de loin et avec précision, la force vive du recul ne doit pas dépasser 3^{kgm}. Ce recul est à peu près celui du fusil modèle 1874 (fusil Gras). Les fusils de guerre actuels des calibres de 6^{mm} à 8^{mm} ont un recul qui ne dépasse pas 2^{kgm}.

Lorsque le recul atteint 6^{kgm} (1), il est pénible, même pour les tireurs très exercés, et l'on peut compter que les écarts des tireurs dans un tir ajusté seront à peu près moitié plus grands avec 6^{kgm} de recul que ceux qu'ils auraient eus avec un recul modéré.

On emploie quelquefois, pour la chasse de très gros animaux, des fusils très lourds (5^{kg} à 8^{kg}) et qui ont un recul considérable (10^{kgm} à 15^{kgm}). Nous n'avons jamais vu de tireur qui fût capable de tirer quelques coups de ces armes avec quelque précision.

(1) Les mousquetaires du XVII^e siècle, qui ne comprenaient que des hommes d'élite et vigoureux, tiraient des mousquets appuyés sur une fourche, du poids d'environ 9^{kg}, et une balle de 50^{gr} avec une charge de 17^{gr} environ de poudre. La force vive du recul était de 6^{kgm} environ. Ils n'avaient généralement que 10 à 12 coups à tirer.

Le recul des anciens fusils lisses et à pierre en usage au début du XIX^e siècle était de 4^{kgm},5. Ce recul était jugé pénible par les soldats, qui, pour atténuer le recul, réduisaient souvent la charge à mettre dans le canon, en jetant une partie de la poudre de leurs cartouches.

Nous avons tiré un fusil calibre 8, du poids de 7^{kg}, muni d'une plaque de couche en caoutchouc, avec 17^{gr} de poudre et une balle de 67^{gr} dont la vitesse était de 500^m. La force vive du recul était, dans ces conditions, de 17^{kgm}, 3.

Quoique nous fussions à genou et que nous nous fussions attendu à un fort recul, nous avons été renversé en arrière. Il nous aurait été impossible de tirer avec beaucoup de précision plusieurs coups d'un pareil fusil.

Lorsque les fusils sont munis d'une plaque de couche en caoutchouc épais, la sensation du recul est notablement diminuée.

2. Poids des fusils. — Le Tableau ci-après donne, d'après l'Ouvrage de l'armurier anglais Greener, le poids des fusils fabriqués en Angleterre et spécialement destinés au tir à balles.

DÉSIGNATIONS.	CALIBRE			LONGUEUR DU CANON.										
	en pouces anglais.	nominal.	en millimètres.	56 ^{cm} .	58 ^{cm} ,5.		61 ^{cm} .		63 ^{cm} ,5.		66 ^{cm} .	68 ^{cm} ,5.		75 ^{cm} .
					kg	kg	kg	kg	kg	kg		kg		
Express à deux coups.....	577	"	14,7	"	"	"	"	"	"	4,75	"	"	kg	
	500	"	12,7	"	"	"	"	"	"	3,75	"	"	"	
	450	"	11,4	"	"	"	"	"	"	3,50	"	"	"	
	400	"	10,15	"	"	"	"	"	"	3,17	"	"	"	
	360	"	9,15	"	"	"	"	"	"	2,95	"	"	"	
	303	"	7,7	"	"	"	"	"	"	3,63	"	"	"	
Gros calibres à deux coups pour balles sphériques ou peu allongées.....	"	4	26,8	7,0	7,5	"	"	"	"	"	"	"	"	
	"	8	21,2	5,66	6,12	6,33	"	"	"	"	"	"	"	
	"	10	19,5	"	"	4,54	4,76	5,0	5,02	"	"	"	"	
	"	12	18,4	"	"	3,63	3,86	4,08	4,30	"	"	"	"	
	"	16	17,1	"	"	3,17	3,29	3,40	"	"	"	"	"	
	"	20	15,9	"	"	2,72	2,84	2,95	"	"	"	"	"	
Choke rayé (Paradox).....	"	8	21,2	5,0	5,45	5,56	5,67	5,90	"	"	"	"	"	
	"	10	19,5	"	"	3,63	3,74	3,86	4,08	"	"	"	"	
	"	12	18,4	"	"	"	3,06	"	3,18	3,29	"	"	"	
	"	16	17,1	"	"	2,84	"	2,95	3,06	"	"	"	"	
	"	20	15,9	"	"	2,72	"	2,84	2,95	"	"	"	"	

3. Recul des fusils à balles de divers types. — Le Tableau ci-après donne le recul d'un certain nombre de types de fusils tirant à balles.

FUSIL.	CALIBRE en mil- limètres.	POIDS du fusil P.	BALLE.		BOURRES	POUDRE.		V ₀ .	VITESSE du recoil.	FORCE VIVE du recoil $\frac{P \cdot v^2}{2g}$.
			Forme.	Poids. gr.		Nature.	Poids. gr.			
<i>Double de chasse.</i>										
Calibre 4.....	26,8	9,85	sphérique.	11,3		ordinaire n° 0.	17,5	360	5,42	14,9
» 6.....	23,4	6,55	»	7,6		»	12,3	»	5,51	10,1
» 8.....	21,2	4,87	»	5,6		»	9,69	»	5,57	7,70
» 10.....	19,5	3,86	»	4,4		»	7,90	»	5,63	6,15
» 12.....	18,4	3,10	»	3,7		»	6,71	»	5,80	5,12
» 16.....	17,1	2,85	»	2,7		»	5,33	»	5,07	3,73
» 20.....	15,9	2,69	»	2,3		»	4,46	»	4,39	2,61
» 24.....	15,0	2,41	»	2,0		»	3,93	»	4,13	2,10
» 28.....	14,3	2,26	»	1,7		»	3,54	»	3,86	1,72
Express (cal. 577 anglais).....	14,7	4,900	dum-dum.	34,0		»	9,0	415	4,59	10,7
» (cal. 500 anglais).....	13,5	3,727	»	22,2		»	9,0	570	5,51	5,81
» (cal. 450 anglais).....	11,25	3,675	»	17,8		»	7,0	560	4,56	3,90
<i>De guerre.</i>										
Fusil modèle 1874.....	11,0	4,260	allongée et	25,0	gr 0,6	F.	5,25	445	3,67	2,93
Mousqueton modèle 1874.....	11,0	3,270	calepinée.			»		421	4,57	3,47
Fusil modèle 1886.....	8,0	4,255	enveloppe	15,0	0,17	colloïdales.	2,75	630	2,92	1,85
Mauser espagnol.....	7,0	4,076	de	11,22		»	2,15	700	2,43	1,22
Mannlicher hollandais.....	6,5	4,225	maïllechort.	10,12		»	2,45	744	2,46	1,30

VI. — TENSION DES TRAJECTOIRES.

1. Utilité de la tension.— La tension des trajectoires est la qualité qui permet d'atteindre un but de hauteur limitée qui ne se trouve pas exactement à la distance appréciée et à celle de la hausse employée.

Pour le tir sous bois et aux distances inférieures à 60^m, la tension de tous les fusils tirant à balles est suffisante. Pour le tir en terrain découvert aux distances supérieures à 150^m, la tension de la trajectoire devient, au contraire, une qualité primordiale d'une arme de chasse.

Les personnes bien exercées à l'appréciation des distances font des erreurs à vue qui sont, en moyenne, le $\frac{1}{5}$ de la distance et qui peuvent être parfois deux ou trois fois plus grandes. Les personnes moins exercées, et c'est de beaucoup le plus grand nombre, commettent des erreurs encore plus fortes. Les tireurs bien exercés à l'appréciation des distances font donc des erreurs d'appréciation qui ont une chance sur deux d'être au moins de 40^m à la distance de 200^m et de 60^m à la distance de 300^m, et qui assez souvent sont trois fois plus fortes.

2. Influence de la tension sur les effets du tir.— Nous allons indiquer l'influence que ces erreurs, sur la distance, ont sur la probabilité d'atteindre un gibier dont la partie vulnérable a une hauteur de 0^m, 40.

Nous supposons que quatre tireurs emploient les fusils ci-après :

1° La carabine Colt ou la carabine Winchester : calibre 10^{mm}, 7 ; balle de 13^{gr}, 20 ; $V_0 = 400^m$.

2° Le fusil modèle 1874 : calibre 11^{mm}, 0 ; balle de 25^{gr} ; $V_0 = 445^m$.

3° Le fusil express de chasse : calibre 11^{mm}, 25 ; balle de 17^{gr}, 8 ; $V_0 = 583^m$.

4° Le fusil Mannlicher hollandais : calibre 6^{mm}, 5 ; balle de 10^{gr}, 12 ; $V_0 = 744^m$.

Le Tableau ci-après indique les erreurs que l'on pourra commettre sur la hausse à prendre, celle-ci étant supposée *susceptible d'être ajustée exactement pour toutes les distances*.

Le même Tableau indique la probabilité d'atteindre le but *en supposant nuls les écarts imputables au tireur et à la précision du tir de l'arme*.

PORTÉE.	ERREUR QUE L'ON PEUT COMMETTRE sur l'appréciation de la distance et sur la hausse correspondante sans manquer un but de 0 ^m , 40 de haut dont on vise le centre.	PROBABILITÉ de toucher en estimant la distance à vue.
200 ^m	20 ^m pour la carabine Colt	26 pour 100
	29 » le fusil m. 1874	37 »
	34 » » express	43 »
	95 » » de 6 ^{mm} ,5	89 »
300	12 pour la carabine Colt	11 »
	17 » le fusil m. 1874	15 »
	16,5 » » express	15 »
	45 » » de 6 ^{mm} ,5	39 »

Par suite de la tension de la trajectoire, le fusil de 6^{mm},5 donnerait donc trois fois et demie plus de touchés que les carabines Colt et Winchester.

3. Table de tir des balles allongées de tous poids et de tous calibres, tirées dans les fusils rayés. — Les abaques et les Tableaux ci-après permettent de trouver, pour toutes les balles que l'on tire actuellement dans les fusils rayés et pour toutes les vitesses initiales auxquelles sont tirées ces balles, les éléments des trajectoires de 0^m à 300^m qu'il peut être utile de connaître pour le tir de chasse, savoir :

- 1° La vitesse restante ;
- 2° La durée du trajet ;
- 3° La tangente de l'angle de projection ;
- 4° La flèche de la trajectoire.

Ces éléments ont été calculés au moyen des Tables insérées

dans la *Balistique* du commandant Vallier. Les résultats ainsi obtenus s'accordent très bien avec les résultats des expériences faites dans de bonnes conditions sur des fusils et des balles de divers calibres.

Notations. — Nous désignerons dans ce qui suit par :

a le diamètre moyen de la balle en centimètres ;

p le poids de la balle en grammes ;

λ le coefficient de forme de la balle ;

$\frac{p}{a^2} \lambda$ le coefficient balistique ;

V_0 la vitesse initiale ;

u_{100}, u_{200} les vitesses restantes à 100^m, 200^m ;

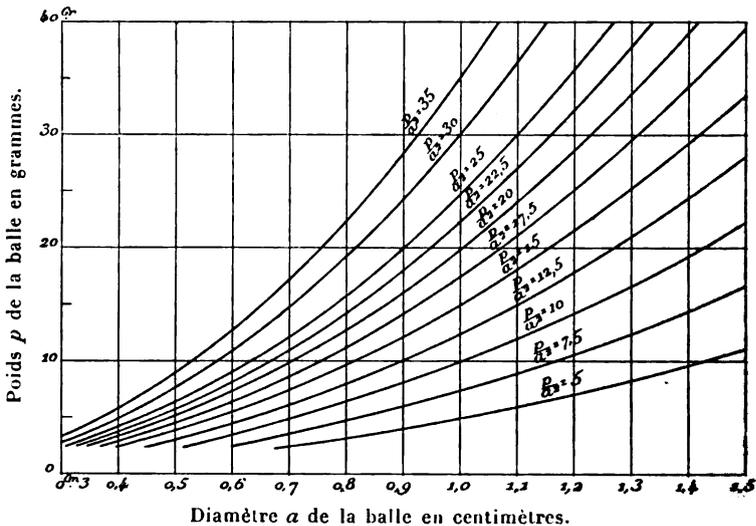
t la durée du trajet ;

φ l'angle de projection ;

Y , la flèche de la trajectoire.

Fig. 127.

Valeurs de $\frac{p}{a^2}$.



Abaque de $\frac{p}{a^2}$. — La *fig.* 127 donne à vue la valeur du rapport $\frac{p}{a^2}$ lorsqu'on connaît p et a .

Le diamètre à prendre pour a dans cet abaque doit être celui du cercle équivalent à la section droite maximum de la balle au sortir du canon.

Si l'on désigne par :

- a_p le diamètre mesuré sur l'empreinte des pleins ;
- a_r le diamètre mesuré sur l'empreinte des rayures ;
- l_p la largeur des pleins ;
- l_r la largeur des rayures ;

le diamètre moyen de la balle sera

$$\frac{a_p l_p + a_r l_r}{l_p + l_r}.$$

Lorsque la largeur des rayures est égale à celle des pleins, le diamètre moyen est la moyenne des diamètres mesurés sur les pleins et sur les rayures.

Les tables de tir qui sont données ci-après se rapportent à des balles allongées de poids ou de calibre quelconques, mais ayant toutes une partie antérieure de forme à peu près paraboloidale complète ou tronquée et d'un calibre de long.

Toutes les balles en plomb usitées actuellement ont des formes de cette nature.

Lorsque la forme de la partie antérieure d'une balle envisagée diffère notablement de la forme prise pour type, il y a lieu de multiplier $\frac{p}{a^2}$ par un coefficient dépendant de la forme de la balle. La valeur de ce coefficient se détermine par expérience et est d'autant plus grande que la forme de la balle est mieux appropriée pour bien conserver sa vitesse dans l'air.

Le coefficient de forme de la balle modèle 1886 est 1,1, celui des balles prises pour type étant 1,0. L'argument avec lequel il conviendrait d'entrer dans les abaques ou dans les tables de tir pour y trouver les éléments de la trajectoire des balles modèle 1886 serait donc

$$\frac{p}{a^2} \times 1,1 = \frac{15}{0,82^2} \times 1,1 = 24,5.$$

Abaque des vitesses restantes. — Les abaques (*fig.* 128, 129, 130) permettent de trouver à vue les vitesses restantes à une portée quelconque inférieure à 400^m, de toutes les balles allongées tirées à une vitesse initiale inférieure à 800^m.

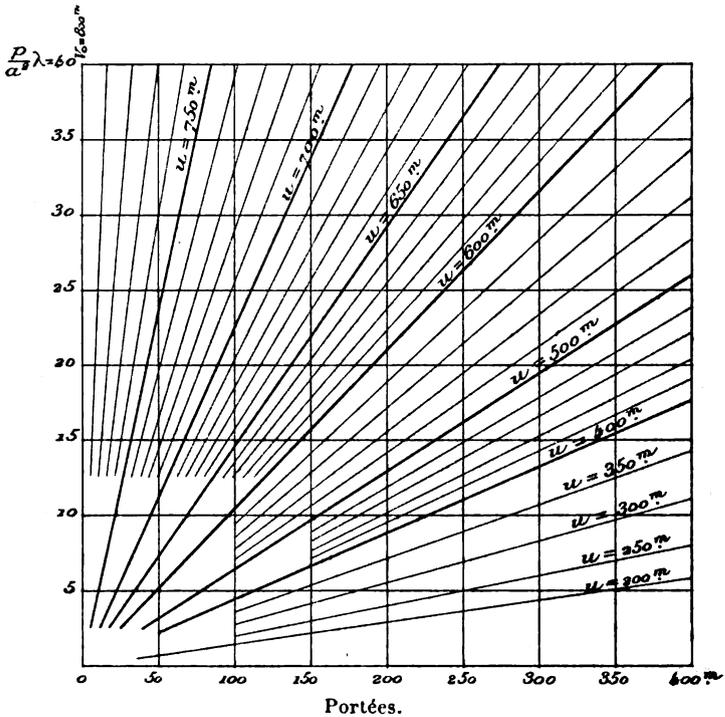
Les exemples ci-après feront comprendre l'emploi de ces abaques.

1° On demande la vitesse restante u_{100} d'une balle dont $\frac{P}{a^2} \lambda = 25$ et $V_0 = 800$?

On lit sur la *fig.* 128 que $u_{100} = 709$ ^m.

Fig. 128.

Vitesses restantes u des balles aux diverses portées, la vitesse initiale étant 800^m.



2° On demande u_{200} pour $\frac{P}{a^2} \lambda = 21$ et $V_0 = 750$ ^m?

On trouve sur la *fig.* 128 que $u = 750$ ^m, pour $\frac{P}{a^2} \lambda = 21$, correspond à la portée de 45^m et que 200^m plus loin, soit à 245^m, on

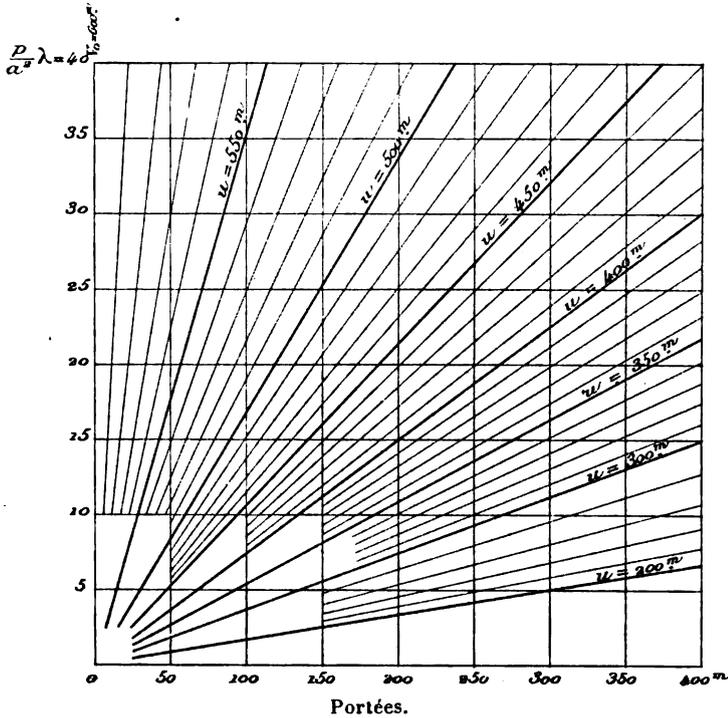
a $u_{245} = 560^m$. Cette balle passe de la vitesse 750^m à la vitesse 560^m dans un parcours de 200^m .

La balle qui a $V_0 = 750^m$ aura aussi la vitesse de 560^m après un parcours de 200^m . La solution cherchée est donc $u_{200} = 560^m$.

3° On peut être forcé d'utiliser deux des abaques pour obtenir

Fig. 129.

Vitesses restantes u des balles aux diverses portées, la vitesse initiale étant 600^m .



une vitesse restante. L'exemple ci-après indique la façon dont on pourra opérer dans ce cas.

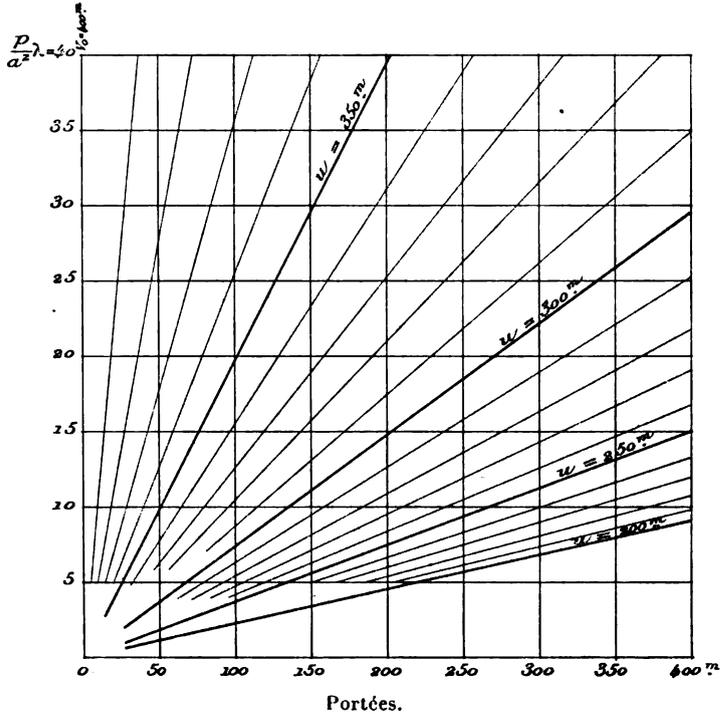
On demande u_{100} , u_{200} , u_{300} et u_{400} de la balle modèle 1886; $V_0 = 633^m$, $\frac{P}{\alpha^2} \lambda = 24,5$?

On voit sur la *fig.* 128 que $u = 633^m$ correspond à la portée de 187^m et que $u = 600^m$ correspond à la portée de 232^m , lorsque $V_0 = 800^m$. Après un parcours de $232 - 187 = 45^m$, la balle qui a $V_0 = 633^m$ aurait donc sa vitesse restante réduite à 600^m .

On cherchera ensuite sur la *fig.* 129 ce que devient cette vitesse de 600^m à $100 - 45 = 55^m$, $200 - 45 = 155^m$, . . . , plus

Fig. 130.

Vitesses restantes u des balles aux diverses portées, la vitesse initiale étant 400^m .



loin. On trouve ainsi, pour $V_0 = 633^m$, $u_{100} = 560^m$, $u_{200} = 494^m$, $u_{400} = 387^m$. Ces vitesses sont bien celles de la balle modèle 1886 dans les conditions moyennes.

TABLES DE TIR DES BALLE ALLONGÉES.

Portée 50^m.

$\frac{\rho}{\alpha^2} \lambda.$	350 ^m .		450 ^m .		550 ^m .		650 ^m .		750 ^m .	
	$t.$	$Y_t.$								
40	0,144	1,95	0,113	1,21	0,092	0,81	0,078	0,58	0,067	0,43
25	0,145	1,99	0,115	1,26	0,094	0,85	0,080	0,61	0,069	0,46
15	0,147	2,04	0,117	1,30	0,096	0,89	0,082	0,65	0,071	0,48
7,5	0,152	2,18	0,124	1,46	0,102	1,00	0,086	0,71	0,074	0,52

TABLES DE TIR DES BALLES ALLONGÉES (suite).

Portée 100^m.

$\frac{V_0}{\lambda} \frac{P}{\alpha^2}$	350 ^m .			400 ^m .			450 ^m .			500 ^m .			550 ^m .		
	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r
40	0,291	3,9	10	0,254	3,0	7,9	0,230	2,4	6,5	0,210	2,0	5,4	0,190	1,7	4,4
25	0,296	4,0	11	0,260	3,1	8,3	0,235	2,6	6,8	0,213	2,1	5,6	0,194	1,8	4,6
15	0,305	4,3	11	0,274	3,5	9,2	0,246	2,8	7,4	0,222	2,3	6,1	0,202	1,9	5,0
10	0,316	4,6	12	0,284	3,7	9,9	0,258	3,1	8,1	0,233	2,5	6,6	0,214	2,1	5,6
7,5	0,323	4,8	13	0,295	4,0	11	0,268	3,3	8,8	0,245	2,8	7,4	0,224	2,3	6,2

$\frac{V_0}{\lambda} \frac{P}{\alpha^2}$	600 ^m .			650 ^m .			700 ^m .			750 ^m .			800 ^m .		
	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r	t	1000 tang ϕ .	Y_r
40	0,174	1,4	3,7	0,160	1,2	3,1	0,148	1,0	2,7	0,138	0,9	2,2	0,130	0,8	2,1
25	0,177	1,5	3,8	0,164	1,3	3,3	0,151	1,1	2,8	0,143	1,0	2,5	0,133	0,8	2,2
15	0,186	1,6	4,2	0,172	1,4	3,6	0,159	1,2	3,1	0,149	1,1	2,7	0,139	0,9	2,4
10	0,196	1,8	4,7	0,180	1,5	4,0	0,167	1,3	3,4	0,156	1,2	3,0	0,148	1,0	2,7
7,5	0,206	2,0	5,2	0,190	1,7	4,4	0,177	1,5	3,8	0,165	1,3	3,3	0,155	1,1	3,0

TABLES DE TIR DES BALLEES ALLONGEES (suite).

Portée 200^m.

V_0 $\frac{P}{\alpha^2} \lambda$	350 ^m .			400 ^m .			450 ^m .			500 ^m .			550 ^m .		
	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm
40	0,598	7,9	44	0,527	6,2	34	0,478	5,3	29	0,427	3,9	22	0,389	3,4	19
30	0,610	8,3	46	0,540	6,5	36	0,492	5,4	30	0,442	4,2	24	0,403	3,6	20
25	0,618	8,5	47	0,555	6,8	38	0,502	5,6	31	0,453	4,6	25	0,412	3,8	21
20	0,635	8,9	49	0,573	7,3	40	0,515	5,9	33	0,470	5,0	27	0,428	4,1	23
15	0,646	9,2	51	0,590	7,7	43	0,536	6,4	35	0,488	5,3	29	0,451	4,5	25
10	0,680	10,2	57	0,627	8,7	48	0,581	7,5	41	0,533	6,4	35	0,491	5,4	30
7,5	0,716	11,3	63	0,663	9,7	54	0,615	8,4	46	0,573	7,3	40	0,536	6,4	35

V_0 $\frac{P}{\alpha^2} \lambda$	600 ^m .			650 ^m .			700 ^m .			750 ^m .			800 ^m .		
	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm	t	1000 tang ϕ .	Y _r . cm
40	0,359	2,9	16	0,333	3,5	14	0,309	2,2	12	0,287	1,9	10	0,269	1,7	8,9
30	0,370	3,1	17	0,342	2,7	14	0,317	2,3	12	0,296	2,0	11	0,278	1,8	9,5
25	0,381	3,3	18	0,350	2,8	15	0,325	2,4	13	0,302	2,1	11	0,284	1,9	10
20	0,392	3,5	19	0,360	2,9	16	0,335	2,6	14	0,312	2,2	12	0,293	2,0	11
15	0,413	3,8	21	0,380	3,3	18	0,353	2,8	15	0,327	2,4	13	0,309	2,2	12
10	0,455	4,7	25	0,425	4,1	22	0,393	3,5	19	0,369	3,1	17	0,346	2,8	15
7,5	0,503	5,7	31	0,471	5,1	27	0,442	4,4	24	0,412	3,9	21	0,386	3,4	18

TABLES DE TIR DES BALLE ALLONGÉES (suite).
Portée (300^m).

$\frac{P}{\sigma^2} \lambda.$	350 ^m .		400 ^m .		450 ^m .		500 ^m .		550 ^m .	
	$t.$	$Y.$								
40	0,92	105	0,83	84	0,75	69	0,67	6,6	0,62	5,6
30	0,94	109	0,86	90	0,78	74	0,71	7,2	0,64	6,0
25	0,96	112	0,87	93	0,79	77	0,72	7,6	0,66	6,4
20	0,98	118	0,90	100	0,82	83	0,76	8,3	0,70	7,1
15	1,02	127	0,94	108	0,87	92	0,80	9,4	0,74	8,0
10	1,10	149	1,02	128	0,95	110	0,88	11,2	0,82	9,8
7,5	1,18	19,9	1,08	144	1,03	113	0,97	13,7	0,91	12,0

$\frac{P}{\sigma^2} \lambda.$	600 ^m .		650 ^m .		700 ^m .		750 ^m .		800 ^m .	
	$t.$	$Y.$								
40	0,57	4,7	0,52	3,5	0,49	29	0,45	3,0	0,42	2,6
30	0,59	5,1	0,54	3,7	0,50	31	0,47	3,3	0,44	2,9
25	0,61	5,4	0,56	4,0	0,52	33	0,49	3,5	0,46	3,2
20	0,64	6,0	0,59	4,4	0,55	36	0,51	3,8	0,48	3,4
15	0,69	6,9	0,64	5,2	0,59	52	0,55	4,5	0,52	4,0
10	0,77	8,7	0,73	6,9	0,68	66	0,65	6,3	0,62	5,7
7,5	0,86	10,8	0,81	9,7	0,78	80	0,74	8,1	0,72	7,6

Lorsqu'on veut régler la hausse d'un fusil pour diverses distances, il est indispensable, en raison des déviations dues aux vibrations, de déterminer la hausse qui convient pour avoir un tir réglé à une distance quelconque telle que 50^m ou 100^m.

Lorsque cette opération est faite, la connaissance des $\text{tang } \varphi$ permet de calculer exactement la hauteur de la hausse qui convient aux autres distances.

Soit, par exemple, à déterminer par le calcul la hauteur du cran de mire de 300^m, au-dessus du cran de mire de 50^m, dont on a réglé directement la hauteur par le tir. Les autres éléments de l'arme nécessaires à connaître sont :

Distance du cran de mire au guidon $l = 0^m,63$; $\frac{a^2}{p} \lambda = 15$,
 $V_0 = 450^m$,

$$\begin{aligned} \text{tang } \varphi_{300} &= 0,0109 \\ \text{tang } \varphi_{50} &= 0,0013 \\ \text{tang } \varphi_{300} - \text{tang } \varphi_{50} &= 0,0096 \end{aligned}$$

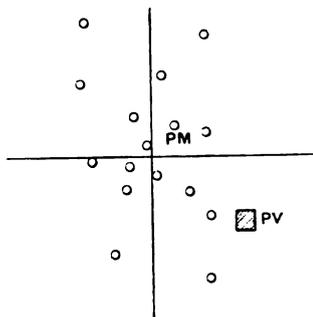
Dans ces conditions la différence de hauteur des crans de mire de 300^m et de 50^m devra être

$$(\text{tang } \varphi_{300} - \text{tang } \varphi_{50}) l = 0,0096 \times 0^m,63 = 0^m,00605.$$

VII. — RÉGLAGE ET PRÉCISION DU TIR.

Définitions. — Lorsque l'on tire plusieurs balles en visant un

Fig. 131.



point PV (fig. 131), le groupement formé par les empreintes des balles a un centre PM, nommé *point moyen*, qui ne coïncide que

bien rarement avec le point visé et qui en est le plus souvent plus ou moins distant.

Régler un fusil, c'est disposer les organes de pointage et la ligne de mire de telle sorte que le point moyen arrive à coïncider avec le point visé. Lorsque ce résultat est obtenu avec une approximation suffisante, on dit que le tir est *réglé*.

Le réglage en hauteur dépend de la distance du tir. Un fusil est dit *réglé* lorsque, se trouvant à une distance correspondant à une des hausses de l'arme, il porte à cette distance au point visé.

Un tir est *précis*, lorsque les balles ont des écarts faibles par rapport au point moyen.

L'efficacité maximum est obtenue *lorsque le tir est réglé et précis*.

1. Réglage du tir. — On ne peut guère songer à faire des corrections de pointage à la chasse pour tenir compte des défauts de réglage d'un fusil tirant à balles. Tout au plus, dans le tir sur but fixe et éloigné, peut-on viser un peu plus haut ou un peu plus bas que le point à atteindre pour tenir compte de ce que la hausse employée est trop faible ou trop forte par rapport à la distance du but.

Les fusils qui conviennent le mieux pour le tir à balles doivent donc avoir leur tir réglé en direction et doivent pouvoir être très facilement réglés en hauteur par la hausse pour tenir compte de la distance du but.

Les tireurs, même bien instruits à cet égard, ne visent pas tous de la même façon, et un fusil qui se trouve réglé à une distance donnée pour un tireur ne le sera généralement pas pour un autre. Le tireur doit donc faire lui-même le réglage de son fusil tant en hauteur qu'en direction. Il suffit de le faire à une seule distance, si la hausse est bien graduée pour les cartouches employées.

Il est assez rare de trouver, même parmi les fusils de guerre des types les mieux conditionnés, un fusil qui se trouve *exactement* réglé pour un tireur donné.

La déviation en hauteur et la déviation en direction dues aux vibrations du fusil varient d'une façon très notable, dans beaucoup de modèles de fusils, avec la vitesse de la balle.

Or toutes les cartouches d'un même lot ne sont pas identiques,

et des cartouches de lots ou de provenances différentes ont généralement des vitesses moyennes quelque peu différentes, même lorsque ces cartouches sont faites avec tout le soin possible.

Il en résulte qu'un fusil peut s'être trouvé réglé, à une certaine distance et avec une certaine hausse en tirant un certain lot de cartouches et qu'il ne le sera plus en tirant un autre lot.

La hausse qui convient à une distance dépend donc, en dehors de la distance, pour beaucoup de fusils, de la vitesse réalisée par la balle.

Presque tous les fusils de guerre du calibre 11^{mm},0 ont un réglage fort variable avec la vitesse des cartouches. Le fusil modèle 1874 est dans de très mauvaises conditions à ce point de vue. Le fusil Martiny Henry du calibre 11,0 est, au contraire, une des armes de ce calibre qui ont le réglage le plus stable.

Les fusils de guerre des calibres 8^{mm} à 6^{mm},5 sont pour la plupart dans de meilleures conditions, au point de vue de la stabilité du réglage, que les fusils du calibre 11,0 qu'ils ont remplacés.

Le fusil Lee Medfort anglais est un des moins bien réussis à ce point de vue.

Les fusils express doubles, dont les deux canons ont le même réglage et portent au même point avec la même hausse, sont très rares.

L'exactitude du réglage et la constance de ce réglage sont des qualités *indispensables* pour un fusil de chasse destiné à tirer à balles à des distances assez fortes.

L'exactitude du réglage a d'autant plus d'importance que le tir est plus précis.

2. Précision du tir. — La précision du tir, qui était des plus médiocres avec les armes lisses, est devenue à peu près parfaite avec les bonnes armes rayées modernes. Il n'y aurait pas d'intérêt sérieux à avoir une précision supérieure à celle de ces armes perfectionnées. En effet, les déviations imputables à ces armes et à leurs projectiles sont à peine supérieures aux écarts de visée des pointeurs ayant bonne vue et visant avec l'arme sur chevalet ou sur affût; ces déviations sont par conséquent très inférieures aux écarts de presque tous les tireurs tirant à bras francs.

Les écarts des bons fusils de guerre actuels, parmi lesquels se

place le fusil modèle 1886, croissent à très peu près proportionnellement à la distance jusqu'à la portée d'environ 1500^m.

La précision des très bons fusils à toutes les distances où peut se faire le tir de chasse se trouve donnée dans le Tableau ci-après.

PORTÉES.	ÉCARTS PROBABLES.	HAUTEUR OU LARGEUR du carré contenant	
		la moitié des coups.	la totalité des empreintes de séries de 12 balles.
m	cm	cm	m
100	2,7	5,4	0,14
200	5,4	10,8	0,27
300	8,1	16,2	0,40
400	10,8	21,6	0,54

Aucune pièce d'artillerie et aucun fusil actuel ne dépassent cette précision.

Nous admettrons qu'un fusil n'est utilisable pour la chasse à balles que jusqu'à la distance maximum où il *peut mettre toutes ses balles* dans un rectangle de 50^{cm} de côté.

Si l'on suppose qu'un tireur *parfait* emploie, à *distance connue*, un fusil *réglé* dont le canon et les cartouches sont en bon état, la condition de précision qui vient d'être définie ne pourra être réalisée, en raison des défauts de *précision* inhérents au système employé, que jusqu'à la portée :

1° De 40^m à 50^m avec les fusils lisses de tout calibre tirant des balles sphériques en plomb;

2° De 120^m à 140^m avec les fusils rayés des calibres de 10^{mm} à 20^{mm} qui tirent des balles en plomb pur, non comprimé et sans calepin, de forme sphérique ou peu allongée, à des vitesses de 300^m à 400^m (carabines Colt, Winchester, etc.);

3° De 160^m avec les fusils express, rayés, qui tirent des balles calepinées et à expansion à des vitesses d'environ 500^m;

4° De 200^m avec les fusils rayés qui, comme le fusil modèle 1874, tirent des balles pleines calepinées, en plomb comprimé, à la vitesse d'environ 440^m;

5° De 350^m avec les bons fusils de guerre actuels des calibres 8^{mm} à 6^{mm}, 5 qui tirent des balles qui ne soient pas dum-dum, à enveloppe de maillechort complète, à des vitesses de 600^m à 750^m.

Pour que le canon d'un fusil rayé ait de la précision, il faut que l'âme du canon soit régulièrement cylindrique depuis la fin du raccordement de la chambre jusqu'à la bouche. Un évasement du canon de 0^{mm},1 du côté de la bouche et sur une longueur supérieure à 0^m,05 enlève beaucoup de sa précision à un fusil rayé.

Il n'est pas nécessaire de tirer, en particulier, un fusil d'un modèle connu pour savoir quelle est la précision de ce spécimen lorsque l'on connaît la précision moyenne du modèle de fusil. Il suffit, pour être fixé sur le spécimen, de vérifier l'état et les dimensions intérieures du canon. Il n'y a *aucune différence* de précision entre tous les fusils d'un même modèle, dont la fabrication a été régulière et qui sont en bon état de conservation.

Lorsqu'un fusil modèle 1886, dont l'intérieur du canon ne paraît pas, à l'œil, abîmé, et qui n'a pas tiré plus de 10 000 coups, a moins de précision que ses similaires, cela provient toujours de ce que son canon a été agrandi par des nettoyages exagérés avec des corps durs, tels que l'émeri.

VIII. — RENSEIGNEMENTS SUR LE TIR A BALLES DES DIVERS TYPES DE FUSILS.

1. Fusils lisses. — Les fusils qui sont le plus généralement employés en France pour la chasse à tir à balles, sous bois, sont les fusils lisses qui servent habituellement au tir du plomb de chasse.

On se sert de ces fusils, quoiqu'ils manquent de la plupart des qualités désirables pour ce genre de tir, parce qu'ils permettent de tirer indistinctement la balle, la chevrotine et le plomb de chasse, suivant le gibier que l'on trouve, et le plus souvent aussi parce que les chasseurs n'ont pas d'autre fusil mieux organisé pour le tir à balles.

a. TIR DE LA BALLE SPHÉRIQUE EN PLOMB. — Le projectile qui convient le mieux pour le tir dans les fusils lisses cylindriques est

la balle sphérique en plomb du calibre exact de l'âme cylindrique. Il importe peu que le plomb soit pur ou durci.

En tirant dans des canons choke bored à fort étranglement des balles du calibre de l'âme cylindrique, on ferait gonfler ou même éclater le canon à hauteur de la partie étranglée. On peut tirer des balles sans inconvénient dans les canons choke bored, à condition qu'elles passent sans forçement notable dans l'étranglement.

Il est bon de mettre une bourre grasse sur la poudre des cartouches à balle sphérique et de graisser la balle. Lorsque l'on tire de la poudre noire, le graissage prévient, en partie, l'emplombage.

La balle doit être maintenue en place dans la cartouche, soit par un sertissage, soit par une couche de graisse consistante, soit par une gorge circulaire pratiquée dans l'étui, au-dessus de la balle, avec un outil spécial.

On ne doit jamais mettre de bourres ou de rondelles au-dessus de la balle; une bourre épaisse augmenterait la dispersion du tir; une rondelle pourrait se coincer entre la balle et le canon et pourrait le faire gonfler ou même éclater.

Il y a intérêt, au point de vue de la puissance meurtrière, de la précision du tir et du danger résultant des ricochets pour les voisins du tireur, à tirer les balles sphériques dans les fusils lisses avec autant de vitesse que l'on peut le faire sans avoir des pressions trop fortes pour la résistance du fusil et sans avoir trop de recul.

Les poudres qui conviennent le mieux pour le tir à balles sont les poudres de chasse les plus lentes, savoir : la poudre noire ordinaire n° 0 et la poudre J₀.

Le Tableau ci-après donne les charges de poudre qui, dans le tir de la balle sphérique, fournissent les vitesses initiales de 360^m et de 400^m.

La vitesse initiale de 400^m peut être réalisée avec la poudre ordinaire n° 0 avec une pression à peu près égale aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve des fusils terminés. Elle peut donc être réalisée sans danger, mais il y a lieu de ne pas la dépasser.

Charges de poudre à employer pour le tir des balles sphériques en plomb justes de calibre.

CALIBRE	NOMINAL.....	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
	EN MILLIMÈTRES...	26,8	23,4	21,2	19,5	18,4	17,1	15,9	15,0	14,3	13,0
POIDS DE LA BALLE SPHÉRIQUE.		114,3 ^{gr}	76,2 ^{gr}	56,6 ^{gr}	44,1 ^{gr}	37,0 ^{gr}	29,7 ^{gr}	23,9 ^{gr}	19,05 ^{gr}	17,37 ^{gr}	13,05 ^{gr}
<i>Charges pour V₀ = 360^m.</i>											
Poudres	ordinaire n° 0....	17,5 ^{gr}	12,3 ^{gr}	9,7 ^{gr}	7,9 ^{gr}	6,7 ^{gr}	5,3 ^{gr}	4,5 ^{gr}	3,9 ^{gr}	3,54 ^{gr}	2,76 ^{gr}
	» n° 1....	16,3	11,8	9,10	7,30	6,21	5,08	4,25	3,64	3,20	2,73
	forte n° 1....	15,3	11,1	8,57	6,83	5,71	4,78	4,04	3,36	2,86	2,31
	poudre J ₀	11,2	7,9	6,2	5,05	4,3	3,4	2,9	2,5	2,25	1,75
<i>Charges pour V₀ = 400^m.</i>											
Poudres	ordinaire n° 0....	20,8	14,9	11,8	9,60	8,07	6,48	5,54	4,77	4,30	3,34
	poudre J ₀	13,3	9,55	7,55	6,15	5,15	4,15	3,50	3,05	2,75	2,15
<i>Force vive du recul avec la poudre ordinaire n° 0.</i>											
Poids des fusils.....	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Force vive	pour V ₀ = 360 ^m ..	9,85	6,55	4,87	3,80	3,10	2,85	2,69	2,41	2,26	1,83
	en kgm. { » V ₀ = 400 ^m ..	14,9	10,1	7,70	6,15	5,32	3,73	2,61	2,10	1,49	1,22
		19,7	13,6	10,4	8,34	7,20	5,05	3,58	"	"	"

Le Tableau qui précède fait voir que les fusils de calibre supérieur au 16, savoir : 12, 10, etc., ont un recul exagéré quand on les tire à la vitesse de 360^m. Ceux supérieurs au 20 sont dans le même cas quand on les tire à la vitesse de 400^m. Les fusils les plus avantageux pour le tir de la balle sphérique sont ceux du calibre 16 et du calibre 20 et qui sont relativement lourds.

Notons, en passant, qu'à l'époque où les armées avaient le fusil lisse, le calibre du fusil, ou plutôt celui des balles sphériques, était à peu près le même dans tous les pays. Ces balles étaient de calibre compris entre le 16 et le 20. Une expérience séculaire et de tous les pays avait fait reconnaître que les balles de ce poids étaient celles qui s'harmonisaient le mieux avec la poudre noire et les forces de l'homme. C'étaient celles qui fournissaient le tir le plus puissant et le plus tendu sans que le recul devînt exagéré.

Lorsque l'on réduit la charge de poudre et la vitesse des fusils

de gros calibre de façon que leur recul soit limité à 4^kgm, on a les résultats ci-après pour la vitesse et la force vive de la balle.

Calibre	6	8	10	12	16	20
Poids { du fusil.	6 ^k 5,55	4 ^k 8,87	3 ^k 8,80	3 ^k 8,10	2 ^k 8,85	2 ^k 8,69
{ de la balle, <i>p</i>	76 ^{gr} ,2	56 ^{gr} ,6	44 ^{gr} ,1	37 ^{gr} ,0	29 ^{gr} ,7	23 ^{gr} ,9
<i>V</i> ₀	252 ^m	282 ^m	310 ^m	329 ^m	373 ^m	430 ^m
Force vive de la balle $\frac{\rho V_0^2}{2g}$...	247 ^k gm	230 ^k gm	216 ^k gm	204 ^k gm	211 ^k gm	225 ^k gm

On voit ainsi que, en limitant le recul à une valeur déterminée et supportable, la force vive de la balle sphérique, qui représente en somme sa puissance meurtrière, diffère peu avec les calibres aux petites portées.

Lorsque l'on tire les gros calibres dans des conditions de vitesse telles que leur recul soit supportable, ils n'ont plus d'avantage sensible comme puissance sur les calibres plus petits et ils ont l'inconvénient, par rapport à ces derniers, d'être plus lourds, moins maniables et d'avoir des cartouches plus lourdes.

Le Tableau ci-après donne la précision du tir de la balle sphérique en plomb des calibres 16^{mm} à 17^{mm} lorsqu'elle est tirée dans un fusil lisse en bon état, se chargeant par la culasse, et lorsqu'elle est du calibre exact du fusil.

Précision du tir de la balle sphérique dans les fusils lisses.

PORTÉE.	ÉCART PROBABLE		RECTANGLE TOTAL des series de 10 coups.	
	vertical.	horizontal.	Hauteur.	Largeur.
50 ^m	^m 0,11	^m 0,09	^m 0,55	^m 0,45
100	0,24	0,20	1,2	1,0
200	1,00	0,80	4,9	3,9
300	3,90	2,40	14	12
400	5,70	4,80	28	23

Les écarts des balles sphériques tirées dans un fusil lisse sont, à la portée de 100^m, dix fois supérieurs aux écarts des balles

allongées tirées dans un bon fusil rayé ; à 400^m ils sont quarante-huit fois supérieurs.

Tous les fusils lisses, longs ou courts, doubles ou simples, à canon mince ou épais, donnent à peu près la même dispersion lorsque l'on y tire des balles justes de calibre.

Lorsque le calibre des balles est moindre que celui du canon et que les balles peuvent ballotter dans le canon, la dispersion initiale est augmentée. Dans ce cas, les canons minces et légers donnent encore un peu plus de dispersion que les canons épais. Les ballottements obligés de la balle tirée dans un canon choke bored font que le tir à balles de ces canons est encore plus dispersé que celui des canons cylindriques.

La précision du tir des balles sphériques en plomb est à peu près indépendante du calibre lorsque celui-ci est compris entre 10^{mm} et 20^{mm}. Elle est un peu plus grande aux vitesses de 350^m à 450^m qu'elle ne l'est à des vitesses moindres. Et cela d'autant plus que la portée est plus grande.

La plupart des fusils doubles lisses ont des points moyens notablement différents, même aux petites distances, suivant que l'on y tire des cartouches chargées à plombs ou des cartouches à balles. La différence des points moyens de ces deux sortes de projectiles atteint fréquemment 0^m, 50 à la portée de 50^m.

Les deux fusils qui ont fourni les résultats donnés dans la *fig. 132* sont bien réglés pour le tir à plombs. On voit que le fusil n° 1 donne des tirs à balles fort mal réglés, surtout aux fortes charges.

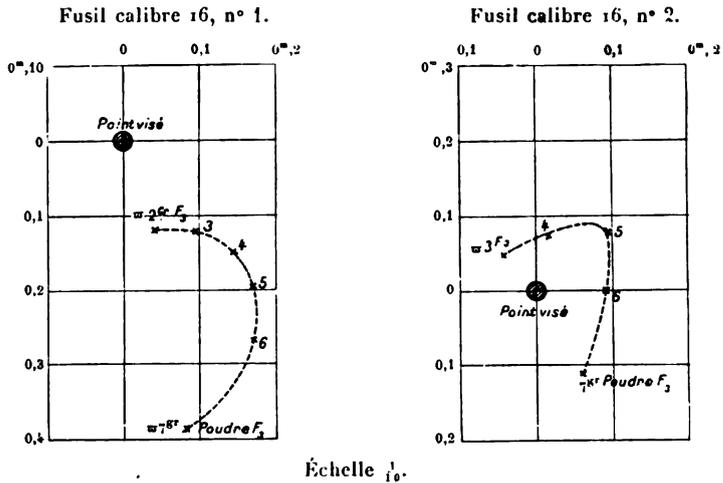
Les tireurs qui veulent essayer le tir à balles d'un fusil de chasse ont généralement pour habitude de tirer dans cette arme un petit nombre de cartouches et de ne s'occuper que de la distance moyenne des empreintes *au point visé*. Ils constatent, généralement, que leurs coups sont d'autant plus *distants du point visé* que la charge est plus forte. Ils attribuent presque toujours à un *défaut de précision* ce qui doit être attribué à un *défaut de réglage*.

En réalité, s'il est vrai que la dispersion des fusils de chasse lisses et à bascule est d'autant moindre que la vitesse est plus forte, il n'en est pas moins vrai que le *point moyen* du tir est, en général,

d'autant plus distant du *point visé* et que le réglage est d'autant plus mauvais que la vitesse est plus grande.

Fig. 132.

Positions successives des points moyens obtenus dans les tirs à charges variables de poudre F_3 et à balles sphériques, avec le canon droit de fusils doubles lisses à bascule à la portée de 50^m.



La croyance (au fond assez justifiée) que les fusils lisses de chasse ont d'autant moins de probabilité d'atteindre le but visé que la charge de poudre est plus forte, conduit les chasseurs à charger avec peu de poudre leurs cartouches à balles.

Le tir à balles à faible vitesse peut donner lieu à des ricochets sur les arbres, ayant une très forte déviation par rapport à la direction initiale du tir. Ces ricochets ont été souvent la source de graves accidents. Nous reviendrons sur ce sujet dans le Chapitre spécialement consacré aux ricochets.

Portées, angles de tir et vitesses restantes des balles sphériques du calibre 16 pesant 29^{gr},7.

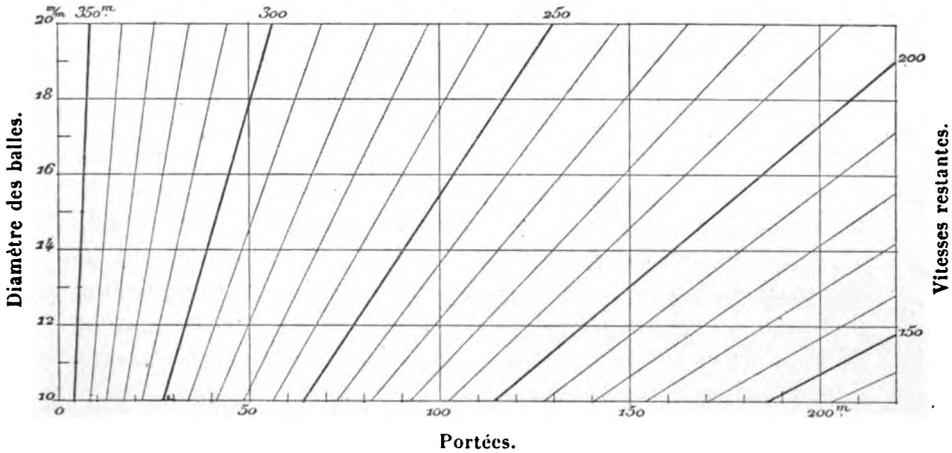
Portées.....	0 ^m	50 ^m	100 ^m	150 ^m	200 ^m	300 ^m	400 ^m	600 ^m	800 ^m	1000 ^m
Angles de tir.....	0'	5'	16'	25'	36'	1° 15'	1° 2'	1° 46'	1° 30'	32°
Vitesses restantes.....	400 ^m	334 ^m	283 ^m	257 ^m	224 ^m	183 ^m	152 ^m	"	"	67 ^m
Pénétration dans le sapin.	24 ^{cm}	17 ^{cm}	13 ^{cm}	10 ^{cm}	8 ^{cm}	5 ^{cm}	3 ^{cm}	2 ^{cm}	1 ^{cm} ,3	"

b. TIR A DEUX BALLE. — Le tir à deux balles sphériques du calibre du fusil produit un recul pénible quand il est pratiqué dans des fusils de calibre supérieur au 24, avec la charge de poudre qui convient pour le tir d'une seule balle.

Fig. 133.

Vitesses restantes des balles sphériques en plomb des diamètres de 10^{mm} à 20^{mm}, lancées avec 360^m de vitesse initiale.

Vitesses restantes.



Le tir à deux balles produit avec la *poudre noire* des pressions qui sont $\frac{1}{3}$ plus fortes que celles que l'on a dans le tir avec la même charge de poudre et une balle. La pression avec les poudres *pyroxyliées* pourrait être plus que doublée dans le même cas.

Le tir à deux balles est beaucoup plus dispersé que le tir à une balle. A la distance de 50^m, le rectangle contenant les deux balles a plus de 1^m de côté; à 100^m il en a 3. Le tir à deux balles n'est donc recommandable à aucun point de vue pour la chasse.

Lorsque l'on charge avec une balle et des chevrotines, le tir des chevrotines est deux fois plus dispersé lorsqu'elles sont derrière la balle que lorsqu'elles sont devant.

c. BALLE ALLONGÉES TIRÉES DANS DES FUSILS LISSES. — Lorsque l'on tire une balle allongée et de densité uniforme de l'avant

à l'arrière dans un fusil lisse, la balle se met de travers aussitôt après sa sortie du canon.

Le tir des balles allongées dans un fusil lisse est plus dispersé et a moins de portée que celui des balles sphériques.

d. BALLES A APPENDICE POSTÉRIEUR. — Les balles sphériques en plomb faites par coulée ont toujours un ou plusieurs vides intérieurs provenant du retrait du plomb au moment où il se solidifie. Ces vides sont de forme irrégulière et sont généralement situés entre le centre de la balle et le trou de coulée. Les balles sphériques n'ont donc pas, en général, leur centre de gravité correspondant avec leur centre de figure.

La direction de la résistance de l'air, qui passe par le centre de figure, ne passe donc pas généralement par le centre de gravité au moment où la balle sort du canon et où elle commence à subir la résistance de l'air. Il en résulte que la balle juste de calibre prend, au sortir du canon, un mouvement de rotation qui dépend en direction de la position relative du centre de gravité et du centre de figure, et qui dépend en vitesse de leur distance. L'orientation de l'axe de ce mouvement de rotation ainsi que sa vitesse sont donc variables d'un coup à l'autre.

Cette variation de la rotation des balles dans l'air est la cause principale de la dispersion des balles sphériques qui sont tirées dans les fusils lisses.

On sait que la rayure des fusils a pour résultat de régulariser en grandeur et en direction le mouvement de rotation des projectiles et d'améliorer beaucoup ainsi la précision du tir.

De nombreux inventeurs ont cherché à empêcher la rotation des balles sphériques, lorsqu'elles sortent d'un fusil lisse, en fixant en arrière de ces balles un appendice ayant moins de masse que la balle et qui subit relativement plus la résistance de l'air que la balle elle-même. L'appendice est forcé de se trouver toujours en arrière de la balle, et il empêche ainsi la rotation complète de la balle autour d'axes différant de leur axe de figure commun. L'appendice joue, dans ce cas, le même rôle que celui de la queue d'une flèche.

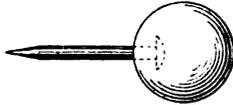
Dans toutes les balles de cette nature que nous avons expérimentées, l'appendice restait en effet en arrière, mais il oscillait d'au

moins 45° autour de la tangente à la trajectoire lorsque la vitesse était comprise entre 50^m et 350^m.

Nous avons expérimenté les types de balles ci-après :

1° *Balles à clou* (fig. 134). — Ces projectiles consistent en une balle sphérique en plomb dans laquelle on a logé, au moment de

Fig. 134.



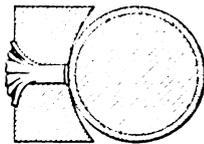
la coulée, un clou en fer qui débordé la surface de la balle d'environ 3^{cm}.

Lorsque l'on tire ces balles à la vitesse d'environ 350^m, leurs écarts ne sont que très peu inférieurs à ceux des balles sphériques ordinaires jusqu'à la portée de 50^m. Ce n'est qu'aux distances de 200^m à 300^m qu'elles ont une supériorité de précision marquée sur les balles sphériques. A 300^m les écarts des balles à clou sont le $\frac{1}{3}$ des écarts des balles ordinaires.

Ce supplément de précision n'est pas suffisant pour les rendre utilisables à la chasse.

2° *Balles à bourres adhérentes*. — a. *Balles Courtier*. — Cette balle comprend une balle sphérique en plomb soigneusement coulée et qui est enveloppée d'une étoffe mince et graissée. Cette

Fig. 135.



étoffe forme à l'arrière un tortillon qui s'engage à frottement dur dans une bourre de feutre percée d'un trou central.

Ces balles sont employées dans les concours de tir à la cible où l'on se sert encore de fusils doubles lisses. Elles y sont tirées dans des fusils du calibre 20 à canons cylindriques assez

étouffés, faits spécialement pour cet usage et avec des vitesses initiales de 200^m à 250^m. Dans ces conditions, elles donnent jusqu'à 50^m des tirs aussi précis que les bons fusils rayés. Toutefois il y a parfois des coups anormaux qui paraissent dus à ce que la bourre s'est séparée de la balle au sortir du canon.

Des cartouches de cette espèce, tirées dans un fusil de concours, nous ont permis de mettre 12 balles dans un rectangle total de 6^{cm} de haut et de large à la distance de 45^m. Ce tir est à peu près huit fois moins dispersé que celui de la balle sphérique ordinaire.

β. *Balles sphériques à queue et à bourre.* — Ces balles ont une queue venue de fonte et qui sert à retenir la bourre qui y est engagée (*fig. 136*).

Elles ont, en outre, deux cannelures afin de leur permettre de passer sans trop de forçement dans la partie étranglée des canons choke bored.

Les balles de cette espèce que nous avons tirées à la vitesse d'environ 300^m ont toutes abandonné leur bourre pendant le trajet dans l'air.

Fig. 136.

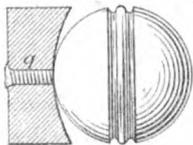
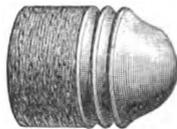


Fig. 137.



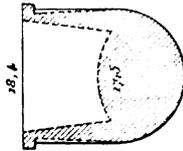
γ. *Balles Rejon.* — Ces balles sont, comme les précédentes, munies d'une queue venue de fonte et qui est destinée à maintenir adhérente la bourre de feutre. Elles sont munies de cannelures pour leur permettre le tir dans les canons choke bored (*fig. 137*).

Les balles de cette espèce que nous avons tirées à la vitesse d'environ 300^m ont effectué leur trajet dans l'air en conservant la bourre adhérente.

3° *Balles à arrière allégé de Bougnet (Liège).* — Ces balles doivent être tirées en plaçant sur la poudre une bourre grasse, puis des bourres ou rondelles très rigides qui ne puissent pas s'enfoncer dans l'évidement de la balle (*fig. 138*).

Ces balles oscillent très fortement autour de la tangente à la trajectoire lorsque la vitesse est d'environ 300^m.

Fig. 138.



Ces différentes espèces de balles nous ont donné les résultats ci-après, lorsqu'elles étaient tirées les unes dans un bon canon calibre 16 cylindrique, les autres dans un bon calibre 12 demi-choke, à des vitesses initiales de 290^m à 330^m.

ESPÈCES DE BALLES.	CALIBRE.	POIDS de la balle.	RECTANGLE TOTAL des séries de 10 coups à la distance de 50 ^m .	
			Hauteur.	Largeur.
Sphérique ordinaire.....	16	30 ^{gr}	^m 0,55	^m 0,45
» à clou.....	16	32	0,55	0,40
» à queue et à bourre...	12	40,4	0,40	0,39
Rejon.....	12	38,5	0,42	0,74
Bouquet.....	12	32,8	0,66	0,71

Les balles Rejon et les balles sphériques à queue et à bourre donnent des écarts doubles des écarts ci-dessus quand on les tire avec 1^{gr},4 de poudre M, qui leur communique une vitesse de 100^m à 170^m.

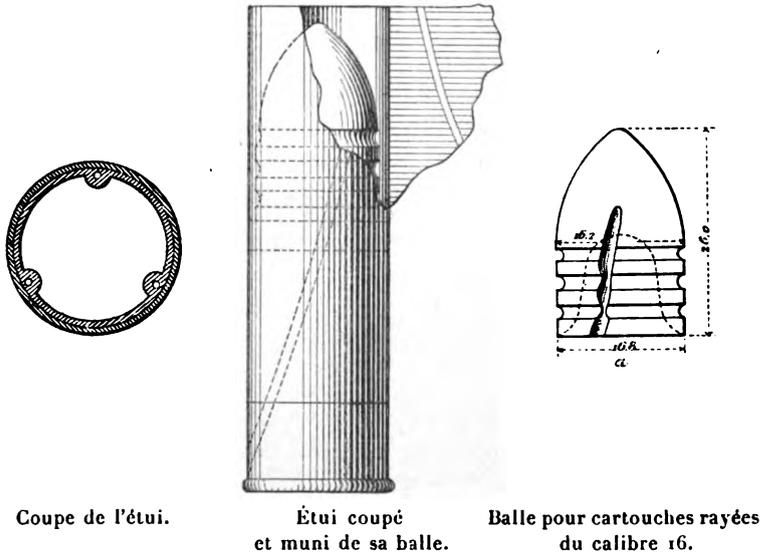
En résumé, toutes les balles à appendice, sauf les balles Courtier, ont un tir plus dispersé que les balles sphériques.

e. CARTOUCHES RAYÉES (fig. 139). — On trouve, dans le commerce, sous le nom de *cartouches Courtier*, des cartouches de chasse dont l'intérieur est rayé en hélice dans le but de communiquer à une balle allongée un mouvement rapide de rotation autour de son axe. Ces cartouches ont, à leur intérieur, une enveloppe de laiton mince contre laquelle sont soudées trois baguettes

de laiton qui sont disposées pour former à l'intérieur de l'étui trois côtes saillantes en hélice. Les balles qui leur sont destinées ont trois rainures longitudinales, en hélice, destinées à être engagées dans les côtes saillantes de l'étui.

Lorsque l'on tire ces cartouches dans un fusil lisse, on constate

Fig. 139.



que la balle prend dans la cartouche un mouvement rapide de rotation qui se conserve suffisamment pendant le trajet dans le canon et qui maintient la balle, la pointe en avant, pendant son trajet dans l'air.

Le mouvement de rotation de la balle ne se conserve jusqu'à la bouche qu'à condition que les balles n'aient pas de forçement par excès de calibre dans les canons où on les tire.

Vitesses initiales des cartouches rayées Courtier, à balles du calibre 16, chargées en poudre forte n° 1.

Charge de poudre.....	2 ^{gr} ,00	2 ^{gr} ,5	3 ^{gr} ,0	3 ^{gr} ,5	4 ^{gr} ,0
Vitesses initiales.....	222 ^m	240 ^m	267 ^m	287 ^m	310 ^m

La charge qui convient le mieux pour les cartouches rayées du

calibre 16 est de 3^{es}, 5 de poudre noire forte n° 1. Avec des charges plus fortes on a des coups dont la dispersion est anormale et très grande.

Précision du tir des cartouches rayées Courtier dans des fusils lisses.

PORTÉES.	ÉCARTS PROBABLES	
	verticaux.	horizontaux.
50 ^m	3,9 ^{cm}	5,2 ^{cm}
100	13	15
200	17	23
300	45	36

Les écarts des cartouches rayées sont, en moyenne, moitié moindres que ceux des cartouches à balle sphérique tirées dans les mêmes fusils; mais, en raison de la faible vitesse à laquelle elles fonctionnent bien, elles sont d'un emploi médiocre pour la chasse.

Les cartouches rayées ont l'inconvénient grave de se coller aux parois de la chambre et de ne pas pouvoir être extraites d'un fusil à bascule et à extracteur sans le secours d'un fort crochet tire-cartouche ou d'une baguette, même après avoir été extraites partiellement par l'extracteur.

Leur adhérence aux parois de la chambre est trop grande pour que l'on puisse compléter l'extraction avec les doigts.

f. FUSILS A CHOKE RAYÉ (Paradox). — Nous avons déjà signalé que l'on fabrique en Angleterre des fusils dont le canon est choke bored, mais dont la partie étranglée est rayée en hélice.

Lorsque l'on tire des balles dans ces canons, elles y prennent le mouvement de rotation commandé par la rayure, tandis que, lorsque l'on tire du plomb de chasse, celui-ci ne prend pas la rayure.

On tire dans ces fusils des balles sphériques, ou mieux encore des balles à cannelures larges et à cordons étroits, afin de leur permettre de passer dans la partie rétrécie sans imposer de trop grands efforts au métal du canon.

La précision du tir à balles de ces fusils est meilleure que celle

des fusils lisses, mais elle est inférieure à celle des fusils rayés ordinaires.

Les balles de plomb ne peuvent pas être tirées dans ces fusils à une vitesse sensiblement supérieure à celle du plomb, en raison du défaut de résistance des canons et du recul. Ces fusils sont en effet établis, au point de vue de la solidité et du poids, pour tirer le poids normal de plomb ou la balle sphérique à la vitesse d'environ 360^m et pas davantage.

g. **FUSILS A RAYURES ELLIPTIQUES LANCASTER.** — L'armurier anglais Lancaster fait des fusils de chasse dont le canon est rayé sur toute la longueur, d'après le système bien connu dit *de Lancaster*.

La section de l'âme est une ellipse à faible aplatissement. Cette rayure n'a pas d'angles. Lorsque le pas de la rayure et l'aplatissement de l'ellipse sont assez faibles, le plomb de chasse ne prend pas la rayure, tandis que les balles la prennent. Le tir à plombs du fusil Lancaster est équivalent à celui d'un fusil lisse et le tir à balles est meilleur. Lorsque l'aplatissement de l'ellipse atteint $\frac{1}{30}$ du calibre, le plomb de chasse y prend le mouvement de rotation commandé par la rayure et s'y comporte comme il a été expliqué pages 234 et suivantes.

2. Fusils rayés de très gros calibre (18^{mm} à 27^{mm}) à balles sphériques ou peu allongées. — On fait pour la chasse des très gros animaux, et spécialement de l'éléphant, des fusils de chasse des calibres 4, 6, 8, 10 et 12 dont les canons sont rayés et qui sont destinés à tirer des balles sphériques ou encore des balles légèrement allongées, avec des étuis du type employé pour le tir du plomb de chasse. Ces fusils sont nécessairement fort lourds et fort peu maniables.

Leur plaque de couche est généralement en caoutchouc pour adoucir le choc du recul sur l'épaule du tireur. Malgré tout, ce choc est très violent lorsqu'on réalise des vitesses de 350^m à 400^m.

Ces fusils sont maintenant très peu employés; beaucoup de chasseurs expérimentés leur préfèrent, à juste raison, croyons-nous, certaines armes de petit calibre et à très grande vitesse.

Voici, au sujet de ces fusils, l'opinion de Foa, explorateur

africain : « Si vous n'avez, dans votre arsenal, ni calibre 12, ni calibre 8 rayé, n'en achetez pas, sauf si vous êtes certain d'aller dans un pays où les éléphants abondent, et ces pays deviennent, hélas! de plus en plus rares. Dans certaines circonstances, cependant, ces armes peuvent être utilisées. »

3. Cartouches pour fusils rayés de moyen et de petit calibre (15^{mm} à 8^{mm}). — Les fusils rayés sont très peu en usage en France pour la chasse, mais les explorateurs et beaucoup de personnes qui se rendent dans les colonies se procurent des fusils rayés, destinés soit à la chasse, soit à leur défense personnelle.

La loi interdit la vente à l'intérieur de la France des fusils de guerre et des munitions des modèles employés dans l'armée.

Les armuriers français ne font guère, en fait d'armes rayées, que des armes de salon ou de jardin; ils fabriquent très peu de fusils rayés à grande ou moyenne puissance. Les fusils rayés puissants que l'on trouve à acheter en France et qui conviennent pour la chasse sont presque tous de fabrication anglaise ou américaine et tirent des cartouches dont les modèles ont été adoptés par les fabricants de ces pays. Ces cartouches ne peuvent être introduites en France que non chargées, car la loi interdit complètement l'importation des poudres étrangères, soit en boîtes, soit dans des cartouches.

Les cartouches étrangères, qui tirent normalement de la poudre noire, sont chargées en France avec de la poudre ordinaire n° 0, ou quelquefois avec de la poudre F₃. Ces cartouches pourraient être avantageusement chargées avec de la poudre J₀.

Nous donnons ci-après, et sous toute réserve, les renseignements que nous avons pu nous procurer sur les cartouches que l'on trouve le plus aisément en France.

Les calibres sont exprimés en Angleterre en millièmes de pouce et aux États-Unis en centièmes de pouce anglais (1 pouce = 25^{mm},4).

Les indications, telles que 32-40-165, portées sur les cartouches américaines signifient que le calibre est de 32 centièmes de pouce (soit 8^{mm},14), que le poids de la poudre est de 40 grains anglais (1 grain = 0^{gr},0648), soit 2^{gr},59, et que la balle pèse 165 grains, soit 10^{gr},7.

ORIGINE.	FUSILS auxquels elles sont destinées.	CALIBRE		POIDS		V ₂₅ .	LONGUEUR de la cartouche.	NOM DE LA CARTOUCHE et sa forme générale.
		en fraction de pouce anglais.	en millimètres.	de poudre noire ordinaire n° 0.	de la balle.			
Anglais	Express	577	14,7	9,0	37,0	433	85,5	577 express forme droite
		"	"	12,4	38,9	536	"	"
		500	12,5	8,0	22,2	480	90,3	"
		"	"	9,0	22,2	567	"	"
		"	"	8,50	"	546	85,1	" n° 2 forme bouteille
		450	11,25	7,9	17,8	507 (?)	96,3	450 express forme droite
Américaine (U. S.)	Winchester Colt, Marlin, Winchester Winchester Ballard Winchester	"	"	7	"	545	83,5	" n° 1 forme bouteille
		500	12,7	5,25	23,5	430	83	500 express ou 50-95-300 forme droite
		"	"	5,50	19,5	455 (?)	"	ou avec un léger cône à hauteur de la balle
		45	11,25	5,83	19,5	500 (?)	"	"
		44	11,17	2,1	13,2	400	"	"
		40	10,15	2,0	16,8	380 (?)	"	"
		380	9,65	3,10	415 (?)	101	40-82-260 droite avec léger cône	
		32	8,14	2,6	450	"	32-40-165 droite avec léger cône	

Les balles des cartouches anglaises sont calepinées avec un papier graissé; celles des cartouches américaines sont sans calepin et à cannelures graissées. Ces balles sont généralement du type dum-dum avec capsule de cuivre bouchant l'entrée du vide antérieur.

On commence à trouver des cartouches pour carabines Winchester qui sont chargées avec des poudres sans fumée et qui ont des balles à enveloppe de maillechort ou d'acier plaqué de nickel.

Chaque armurier ou fabricant de cartouches, américain ou anglais, a ses types particuliers de cartouches ou sa façon particulière de charger les cartouches à balles. Les poids de la poudre et de la balle, ainsi que la vitesse initiale, des cartouches ayant même apparence et mêmes dimensions extérieures peuvent donc varier notablement suivant la provenance.

Les personnes qui ont des fusils chambrés pour tirer des cartouches à balles de provenance anglaise ou américaine éprouvent de grandes difficultés pour se procurer d'autres cartouches du même modèle lorsqu'elles veulent renouveler leur approvisionnement. On s'en rendra compte en sachant qu'il y a actuellement en vente vingt-huit espèces différentes de cartouches pour les seules carabines Winchester.

4. Fusils doubles rayés de moyen calibre. — On trouve dans le commerce des fusils doubles rayés, de fabrication généralement anglaise, qui sont souvent appelés *express rifle*.

Nous avons expérimenté deux fusils de ce genre, fabriqués par l'armurier anglais Greener, dont les éléments principaux sont donnés ci-après. Ceux du fusil calibre 577 ont été extraits d'un travail de M. l'ingénieur Barral.

Calibre { en millièmes de pouce anglais....	450	500	577
{ en millimètres.....	11,42	12,70	14,65
Poids du fusil.....	3 ^k 8,675	3 ^k 8,727	4 ^k 8,900
Longueur totale du canon.....	660 ^{mm}	660 ^{mm}	„
Nombre de rayures.....	6	6	„
Capacité de l'étui à poudre.....	6 ^{cm} 3,8	8 ^{cm} 2,7	„
Calibre de la balle calepinée avant le tir...	11 ^{mm} ,55	12 ^{mm} ,47	„
Calibre de la balle tirée { sur les pleins....	11 ^{mm} ,19	12 ^{mm} ,47	„
{ sur les rayures...	11 ^{mm} ,32	12 ^{mm} ,70	„
Poids de la balle.....	17 ^{gr} ,8	22 ^{gr} ,2	34 ^{gr}

Les balles que l'on tire généralement dans ces fusils sont du type à avant évidé (*fig.* 120).

La balle du calibre 450, tirée à la charge normale de 7^{5r} de poudre ordinaire n° 0, a une vitesse initiale de 545^m. 1^{5r} de variation dans le poids de la poudre fait varier la vitesse de 58^m. La poudre ordinaire n° 1 donne, à charge égale, 10^m de vitesse de plus que la poudre ordinaire n° 0.

La balle du calibre 500, tirée à la charge normale de 9^{5r} de poudre ordinaire n° 0, a une vitesse initiale de 567^m. 1^{5r} de variation dans le poids de la poudre fait varier la vitesse de 42^m. La poudre ordinaire n° 1 donne, à charge égale, 12^m de vitesse de plus que la poudre ordinaire n° 0.

Le fusil calibre 577 a une cartouche comprenant ordinairement 9^{5r} de poudre ordinaire n° 0, recouverte par une rondelle de carton lustré et une bourre en cire de 5^{mm} de largeur. La longueur de cette cartouche est de 83^{mm} et sa vitesse $V_{25} = 433^m$.

On peut mettre dans l'étui calibre 577 jusqu'à 6^{5r}, 80 de poudre J₀, mais il serait dangereux d'aller jusque-là. La charge de 5^{5r}, 70 de poudre J₀ donne la même vitesse que 9^{5r} de poudre noire. Le vide existant sur la poudre doit être rempli avec des bourres de feutre sec.

Voici les résultats obtenus avec les deux fusils que nous avons expérimentés.

PORTÉE.	FUSIL CALIBRE 450.					FUSIL CALIBRE 500.				
	Cartouches à 7 ^{5r} , 10 de poudre ordinaire n° 1.					Cartouches à 8 ^{5r} , 50 de poudre ordinaire n° 1.				
	Vitesse restante.	Flèche à demi-distance.	Durée de trajet.	Écart probable		Vitesse restante.	Flèche à demi-distance.	Durée de trajet.	Écart probable	
				vertical.	horizontal.				vertical.	horizontal.
m	m	cm	s	cm	cm	m	cm	s	cm	cm
0	583	"	"	0	0	567	"	"	0	0
50	512	"	"	2	3	498	"	"	2	3
100	449	5	0,20	4	6	437	4	0,21	4	5
150	395	"	"	6	10	384	"	"	6	8
200	350	25	0,45	9	13	341	29	0,49	8	11
300	297	81	0,81	14	19	292	86	0,84	12	17

		Pénétration dans :		Portée 50 ^m .	Portée 100 ^m .
				cm	cm
Fusil calibre 450	{	le sapin.....	»	14,0	7,4
		le chêne sec...	7,0	»	»
		le frêne vert...	7,0	»	»
Fusil calibre 500	{	le sapin.....	»	16,0	7,0
		le chêne sec...	»	»	6,0
		le frêne vert...	6,2	»	»

La précision de ces armes est inférieure à celle des bonnes armes de guerre, ce qui tient à la forme de leur balle et à leur vitesse. Il est, en effet, impossible de tirer avec précision des balles calepinées à des vitesses pareilles, surtout avec de la poudre noire. L'emplombage est très fort au bout de quatre à cinq coups.

Les fusils doubles express rifle pourraient avoir un tir beaucoup plus précis avec des cartouches mieux comprises. Dans leur état actuel, ces armes ne sont utilisables dans de bonnes conditions pour la chasse que jusqu'à 160^m au plus, lorsqu'elles sont bien réglées, ce qui est très rarement le cas.

5. Carabine Colt à répétition. — Le seul fusil des types américains sur lequel nous possédions des renseignements suffisamment complets est la carabine Colt.

Cette arme est identique, au point de vue du tir, aux carabines Marlin et Winchester qui tirent la même cartouche.

PORTÉES.	ÉCARTS PROBABLES		RECTANGLES TOTAUX		ANGLE de tir.
	verticaux.	horizontaux.	hauteurs.	largeurs.	
100 ^m	5,6 ^{cm}	7,7 ^{cm}	29 ^{cm}	35 ^{cm}	0° 15'
200	17	14	80	66	32
300	28	24	155	105	50
400	35	33	235	159	1. 11
500	58	78	301	543	1. 38

La carabine Colt pèse 2^{kg},850. Le canon a 0^m,52 de long, son calibre sur les pleins est 10^{mm},7, sa cartouche est chargée à 2^{gr},4

de poudre noire. La balle, longue de 16^{mm}, pèse 13^{gr}, 20; sa vitesse initiale est de 400^m.

En raison de sa faible tension et de son peu de précision, cette arme n'est utilisable pour la chasse des animaux de la grosseur d'un grand chevreuil que jusqu'à 150^m au plus. Encore faut-il qu'elle soit bien réglée, ce qui est rarement le cas.

6. Bock büchse finte. — Il est d'habitude, en Allemagne, de tirer à balles tous les gros gibiers à partir du chevreuil. On se sert pour ce cas de fusils rayés du calibre de 7^{mm}, 9 à 11^{mm}, 0 appelés *bock büchse*, dans lesquels on tire soit des balles de faible longueur en plomb nu, soit la cartouche de guerre allemande du calibre 7^{mm}, 9.

Certains de ces fusils sont à un canon et d'un type voisin du fusil de guerre allemand; d'autres sont à bascule et à deux ou trois canons.

Les fusils à trois canons ont l'un ou deux d'entre eux destinés au tir à plombs; les autres canons sont destinés au tir à balles.

Ces sortes de fusils sont de vente courante en Allemagne.

7. Fusils de guerre. — On peut diviser les fusils de guerre, susceptibles d'être utilisés pour la chasse à balles, en trois groupes :

1^o Les fusils des calibres voisins de 11^{mm}, 0, qui tirent tous des balles d'environ 25^{gr} à des vitesses de 400^m à 450^m;

2^o Les fusils des calibres voisins de 8^{mm}, qui tirent des balles d'environ 15^{gr} à des vitesses de 600^m à 650^m;

3^o Les fusils des calibres de 6^{mm}, 5 à 7^{mm}, 0, qui tirent des balles de 10^{gr} à 11^{gr} à des vitesses de 700^m à 750^m.

On trouvera les renseignements relatifs aux dimensions et aux poids de ces armes dans les ouvrages spéciaux qui traitent des armes de guerre, mais on ne trouvera que rarement dans ces ouvrages des appréciations justes sur la valeur balistique et pratique de l'arme.

Parmi les fusils de petit calibre qui sont actuellement en service et que l'on peut trouver dans le commerce, un des plus médiocres, à tous les points de vue, est le Lee Medfort anglais de 7^{mm}, 7 (303). Les cartouches de ce fusil que l'on trouve dans le commerce ont des vitesses très irrégulières.

Il serait possible de faire des fusils, destinés à la chasse du gros gibier, qui seraient tout aussi meurtriers que les fusils rayés de très gros calibres et que les fusils express de 14^{mm},7 et qui seraient beaucoup plus maniables tout en ayant un recul très modéré, mais nous ne jugeons pas opportun de nous étendre sur ce sujet.

CHAPITRE VII.

PUISSANCE ET EFFET DES PROJECTILES.

I. — PORTÉE MAXIMUM DES PROJECTILES.

Il peut être quelquefois utile, pour prévenir des accidents ou simplement des réclamations, de connaître la portée maximum des armes que l'on emploie.

La portée de tous les projectiles d'armes portatives est maximum lorsque l'angle de tir est de 30° à 32° . Elle reste très voisine du maximum lorsque l'angle de tir est compris entre 20° et 45° . Elle diminue pour des angles de tir plus petits ou plus grands. Elle est nulle lorsque le canon est vertical.

La portée des projectiles sphériques est moitié du maximum, lorsque l'angle de tir est d'environ 3° .

Le Tableau ci-après donne la portée maximum des projectiles sphériques en plomb, qui sont tirés avec la vitesse initiale de 360^m :

Calibre des projectiles sphériques en plomb.	2 ^{mm}	3 ^{mm}	4 ^{mm}	5 ^{mm}	6 ^{mm}	8 ^{mm}	10 ^{mm}
Portée maximum.....	130 ^m	200 ^m	250 ^m	315 ^m	380 ^m	500 ^m	605 ^m
Calibre des projectiles sphériques en plomb.	12 ^{mm}	14 ^{mm}	16 ^{mm}	17 ^{mm}	18 ^{mm}	20 ^{mm}	
Portée maximum.....	715 ^m	820 ^m	925 ^m	975 ^m	1025 ^m	1130 ^m	

Si l'on désigne par P la portée maximum en mètres et par a le diamètre du projectile en millimètres, on peut remarquer que la portée maximum satisfait à fort peu près à la relation

$$(39) \quad P = 60a.$$

Lorsque la vitesse diffère de 360^m, on pourra calculer la portée maximum correspondante en multipliant les portées du Tableau ci-dessus par les nombres K du Tableau ci-dessous :

Vitesses initiales.	300 ^m	340 ^m	380 ^m	400 ^m	450 ^m	500 ^m	550 ^m
K.....	0,94	0,98	1,015	1,035	1,075	1,11	1,15

Les balles en plomb de 17^{mm},5 de diamètre auront ainsi les portées maximum ci-après avec différentes vitesses initiales :

V ₀	300 ^m	340 ^m	360 ^m	380 ^m	400 ^m	450 ^m	500 ^m	550 ^m
Portée maximum des balles sphériques de 17 ^{mm} ,5 en plomb..	940 ^m	980 ^m	1000 ^m	1015 ^m	1035 ^m	1075 ^m	1100 ^m	1150 ^m

Les balles sphériques en plomb de calibre égal ou supérieur à 17^{mm} peuvent produire des plaies pénétrantes dans les parties du corps d'un homme non protégées par des vêtements, lorsqu'elles l'atteignent à la portée maximum ou après avoir été tirées en l'air. Pendant les nombreuses guerres où l'on a fait usage de balles sphériques d'environ 17^{mm} de diamètre, on a eu fréquemment à constater des blessures dans ces conditions.

Les balles sphériques de diamètre compris entre 16^{mm} et 12^{mm} peuvent causer de fortes contusions à leur portée extrême.

Celles dont le diamètre est compris entre 10^{mm} et 4^{mm} ne sont dangereuses que pour les yeux à leur portée extrême.

Tous les fusils de guerre actuels des calibres de 6^{mm} à 8^{mm} ont une portée maximum de 3000^m à 3600^m.

Les revolvers de guerre français ont une portée maximum de 1000^m à 1100^m.

II. — RICOCHETS ET CHOC DES PROJECTILES.

1. Lois générales. — Lorsqu'un projectile vient frapper un obstacle, il peut se comporter, suivant les cas, de trois façons différentes :

1° Lorsque l'angle que fait la trajectoire avec la surface frappée est inférieur à une certaine limite, le projectile ricoche.

Les ricochets peuvent se produire sur des obstacles solides de

dureté quelconque, tels que le fer, la pierre, le bois, la terre, la neige; ils peuvent se produire aussi sur l'eau.

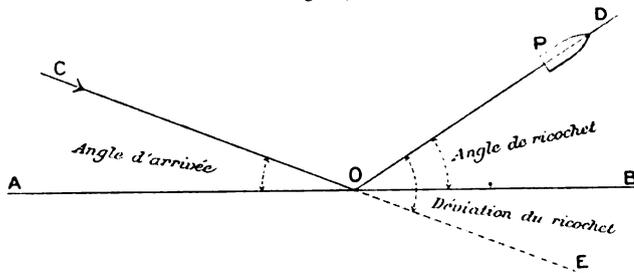
2° Lorsque l'obstacle frappé est moins dur et moins résistant que le projectile et lorsque la surface frappée fait avec la trajectoire un angle supérieur à une limite qui sera donnée plus loin, le projectile pénètre dans l'obstacle.

3° Lorsque l'obstacle frappé est plus dur et plus résistant que le projectile et lorsque l'obstacle fait un angle assez grand avec la trajectoire du projectile, celui-ci se brise. Lorsqu'il est en plomb, la partie qui touche l'obstacle la première se pulvérise.

Lorsque la vitesse est forte, la pulvérisation de la partie antérieure de la balle est si complète que le plomb se réduit en vapeur; la balle se comporte dans ce cas en véritable projectile explosif.

2. Définitions. — Soit AB un obstacle frappé par un projectile P.

Fig. 140.



On appelle *angle d'arrivée* l'angle COA que fait la trajectoire avec l'élément de surface au point frappé (*fig. 140*).

L'angle DOB est l'*angle de ricochet*. La *déviaton* du projectile qui a ricoché est DOE et est égale à la somme de l'angle d'arrivée et de ricochet.

3. Ricochets sur la terre et sur l'eau. — Les projectiles de toute nature cessent de ricocher sur la terre et sur l'eau, quelle que soit leur vitesse, et s'y enfoncent lorsque l'angle d'arrivée est supérieur à 13° .

Les angles de ricochet sur la terre sont très irréguliers, mais, en moyenne, ils sont doubles de l'angle d'arrivée.

Les balles sphériques en plomb du calibre 16, qui sont tirées à la vitesse initiale d'environ 400^m, peuvent ricocher sur un sol plan jusqu'à la portée de 600^m.

Les balles des fusils de guerre actuels des calibres 8^{mm} à 6^{mm}, 5 peuvent ricocher sur un sol plan ou sur l'eau jusqu'à la portée d'environ 2000^m.

Les projectiles de toute nature et de tous calibres qui frappent un sol plan, à une distance où le ricochet peut se produire, peuvent atteindre par plusieurs ricochets successifs la portée limite où ils cesseraient de ricocher en y arrivant de plein fouet.

4. Ricochets sur le bois. — Lorsque des balles rencontrent du bois, elles peuvent ricocher sous des angles d'arrivée d'autant plus grands que la vitesse est plus faible.

L'angle limite d'arrivée au delà duquel les balles cessent de ricocher et pénètrent dans le bois dépend :

- 1° De la vitesse d'arrivée;
- 2° De la dureté du bois;
- 3° De la forme du projectile.

Angles limites d'arrivée sous lesquels les projectiles ricochent sur du bois.

VITESSE D'ARRIVÉE du projectile.	BOIS DUR (chêne, orme, etc.).		BOIS TENDRE (sapin, peuplier).	
	Projectile allongé.	Projectile sphérique.	Projectile allongé.	Projectile sphérique.
150 ^m	37 ⁰	54 ⁰	23 ⁰	24 ⁰
200	27	37	17	18
300	18	24	10	12
400	13	18	8	9
500	10.30	14	6.30	7
600	8.40	12	5.30	6

Lorsque les balles ricochent sur du bois sous des angles d'arrivée inférieurs à 10°, l'angle de ricochet est généralement inférieur à l'angle d'arrivée. Lorsque les balles ricochent sur du bois sous des

angles d'arrivée compris entre 10° et 45° , l'angle de ricochet est généralement égal à l'angle d'arrivée. Lorsque les balles ricochent sur du bois sous des angles supérieurs à 45° , l'angle de ricochet est généralement supérieur à l'angle d'arrivée.

Ainsi, une balle sphérique qui, étant animée d'une vitesse de 130^m , ricoche sur du chêne avec un angle d'arrivée de 60° , a un angle de ricochet de 100° et une déviation de 160° . Cette balle revient donc presque directement sur le tireur.

Lorsque, en raison de sa vitesse, une balle ne doit pénétrer que de un calibre dans du bois se présentant perpendiculairement à la direction du tir, elle est renvoyée directement en arrière et elle peut venir blesser le tireur.

Lorsqu'on tire sur du bois tendre, cet effet se produit avec les balles sphériques en plomb à la vitesse de 100^m et sur du bois dur à la vitesse d'environ 120^m . Ce genre d'accidents peut se produire avec la majorité des revolvers que l'on trouve dans le commerce.

5. Dangers résultant des ricochets à la chasse. — Les chasseurs ont pour habitude de charger avec relativement peu de poudre les cartouches à balles destinées à être tirées dans les fusils lisses, parce que le tir de ces fusils se trouve ainsi porter généralement mieux au point visé aux petites distances.

Les balles ainsi tirées ont peu de vitesse et peuvent subir des déviations très fortes en ricochant sur les arbres. Il y a eu de nombreux accidents dus à cette cause. Les accidents de cette nature seraient moins à craindre en tirant à des vitesses plus fortes.

A ce point de vue également, l'emploi de fusils rayés tirant des balles à grande vitesse est à préférer à celui des fusils lisses. Toutefois, on ne saurait conseiller de tirer avec ces armes, et dans les régions très peuplées, des balles ayant la puissance de celles qui sont employées dans les fusils de guerre, parce que la portée meurtrière de ces balles est inutile à la chasse, et elle peut être une source d'accidents loin du théâtre de la chasse.

Il conviendrait, pour ce cas, d'employer les projectiles en aluminium durci par un alliage dont nous avons parlé pages 275 et 276.

Le plomb de chasse durci ne ricoche pas plus ni autrement que celui qui est en plomb pur et qui a même vitesse. On a souvent

écrit le contraire, mais sans le justifier par le résultat d'expériences sérieuses.

6. Choc des projectiles sur des obstacles très durs. — Lorsqu'un projectile en plomb rencontre un obstacle très dur, tel qu'une pierre, il s'y brise et s'y pulvérise même, d'autant plus complètement que la vitesse est plus grande, que l'obstacle est plus résistant et que l'angle d'arrivée est plus grand.

La pulvérisation d'une balle va en décroissant d'intensité, depuis le point qui rencontre le premier l'obstacle jusqu'à l'extrémité opposée de la balle. Dans une balle allongée qui frappe la pointe en avant, une partie du culot reste toujours entière, quelle que soit la vitesse du choc. Toutefois, cette partie entière est réduite à une lame mince de plomb dans le cas de fortes vitesses.

Les portions pulvérisées des balles en plomb sont projetées latéralement jusqu'à 30^m environ. Les morceaux de l'arrière restés entiers peuvent être très fortement déviés et aller à 200^m environ en dehors de l'axe du tir.

Les balles en plomb qui rencontrent un obstacle très résistant, avec une grande vitesse, se comportent en somme comme de véritables projectiles explosifs. Leurs multiples éclats sont très dangereux à petite distance du point où se produit cette sorte d'explosion.

Les balles en plomb et à enveloppe métallique se comportent au choc sur des obstacles très résistants de la même façon que les balles en plomb nu.

III. — PÉNÉTRATION DES PROJECTILES DANS LE BOIS.

La mesure de la pénétration des projectiles dans un milieu homogène et de moyenne résistance peut donner un terme de comparaison assez approché de leur puissance destructive.

Dans les concours de fusils de chasse qui ont eu lieu en Angleterre et aux États-Unis, on mesurait la pénétration de plombs n° 6 (2^{mm},6) dans des écrans en papier fort, légèrement écartés l'un de l'autre et placés dans une boîte à rainures à la distance de 36^m,6 du fusil. Le papier était du même échantillon pendant

toute la durée du concours. L'emploi d'écrans en papier offre l'avantage de permettre de compter facilement le nombre de feuilles traversées, mais il offre l'inconvénient que, même à épaisseur égale, la pénétration y dépend dans une large mesure de la composition, du mode de fabrication et même de la siccité du papier.

Le bois de peuplier en planches relativement épaisses est, à notre avis, le milieu le plus convenable pour comparer la pénétration des projectiles en plomb nu et en particulier du plomb de chasse. Ce bois a une résistance modérée et très uniforme; il n'éclate pas au choc des projectiles.

Lorsque l'on a tiré du plomb de chasse sur une planche épaisse en peuplier, on peut déterminer la pénétration des différents grains en découpant la planche et en faisant passer un trait de scie par les trous d'entrée de chacun des grains qui ont atteint la planche.

La pénétration des projectiles dans toute espèce de milieu dépend de la vitesse d'arrivée et des déformations que subit le projectile par suite du choc à l'arrivée.

Les projectiles en plomb pur qui pénètrent dans des planches de peuplier s'y déforment fortement aux vitesses supérieures à 250^m.

Les projectiles en plomb bien durci qui pénètrent dans du peuplier ne s'y déforment notablement qu'aux vitesses supérieures à 350^m.

Si l'on désigne par a le diamètre en millimètres d'un projectile sphérique en plomb, par p sa pénétration en millimètres, par V sa vitesse d'arrivée, la pénétration de ce projectile dans le bois de peuplier peut être représentée par la formule

$$(40) \quad p = 0,000097aV^2 \quad \text{pour le plomb durci}$$

et

$$(41) \quad p = 0,000076aV^2 \quad \text{pour le plomb pur.}$$

Ces formules peuvent être employées pour calculer la pénétration des projectiles en plomb pur jusqu'à la vitesse d'arrivée de 250^m et celle des projectiles en plomb durci jusqu'à la vitesse de 350^m (*fig.* 141).

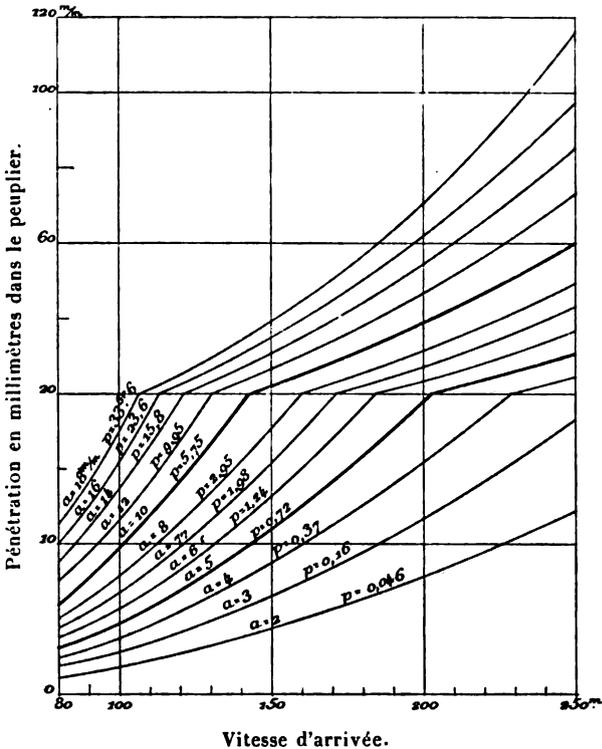
Les expériences de pénétration que nous avons faites avec du plomb de chasse nous ont fait constater que :

1° La pénétration des divers grains d'une même cartouche diffère souvent de moitié aux petites distances et du simple au double aux distances relativement grandes.

2° Que ce sont presque toujours les grains les moins déformés et les plus gros de la charge qui ont le plus de pénétration. Les

Fig. 141.

Pénétration des projectiles sphériques en plomb durci et non déformés dans le bois de peuplier.



grains déformés ont, comparativement aux grains non déformés, une pénétration d'autant plus faible que la portée est plus grande.

3° Quand on détermine le nombre de feuilles de papier traversées par le grain qui, dans un coup de fusil, en traverse le plus grand nombre, on trouve qu'avec les canons choke bored, à étranglement ordinaire, le nombre de feuilles percées est d'environ $\frac{1}{12}$

plus grand qu'avec les canons cylindriques. Cette différence tient à ce que les plombs de l'avant de la charge sortant du choke bored ont plus de vitesse que ceux sortant du canon cylindrique.

4° Aucun calibre et aucune espèce de fusil n'offrent de supériorité sur les autres en ce qui concerne la pénétration du plomb de chasse, lorsque dans les divers calibres on tire du plomb de chasse de même grosseur à la même vitesse.

5° La pénétration du plomb de chasse durci, à la distance de 35^m, n'augmente avec la vitesse initiale qu'autant que celle-ci est inférieure à 380^m.

Lorsque la vitesse initiale est plus grande, la pénétration diminue, ce qui paraît tenir à l'exagération des déformations des plombs qui se produisent dans le canon aux vitesses supérieures à 380^m.

6° Lorsqu'on enregistre la dispersion et la pénétration de chaque coup d'une série de cartouches identiquement chargées, on constate qu'en général les coups qui ont le plus de dispersion sont également ceux qui ont le moins de pénétration.

Nous avons déjà dit que l'on pouvait observer que les coups qui ont le plus de dispersion sont également ceux qui ont le moins de vitesse chronographique, et nous en avons indiqué la cause.

IV. — PUISSANCE MEURTRIÈRE DES PROJECTILES.

1. Importance vitale des divers organes. — Les blessures faites par les projectiles aux animaux de toute espèce ont une action meurtrière et d'arrêt qui varie beaucoup suivant les organes qui sont atteints.

Les blessures qui entraînent le plus rapidement la mort et l'arrêt sont celles du cerveau et surtout celles du cervelet. Tout mammifère ou oiseau atteint par un projectile qui traverse le cerveau est immédiatement arrêté dans son mouvement et meurt en quelques instants.

On paralyse tout ou partie des mouvements d'un animal en lui brisant la colonne vertébrale par un projectile. L'arrêt et la mort sont d'autant plus immédiats que la partie de la colonne vertébrale atteinte est plus près du crâne.

Un animal sauvage et résistant qui a le cœur traversé par une balle peut, généralement, encore parcourir une cinquantaine de mètres avant de tomber. Tous les animaux à sang chaud qui ont le cœur traversé meurent, en général, au bout d'environ cinq minutes.

Les blessures des poumons sont rapidement mortelles, lorsque le projectile broie les côtes ou l'épaule du côté du trou d'entrée, ou lorsqu'il coupe les gros vaisseaux sanguins qui se trouvent au milieu des poumons.

Les blessures de l'abdomen sont très graves, mais n'amènent la mort qu'après un temps souvent assez long. Ces blessures guérissent assez souvent chez les animaux sauvages.

Les animaux sauvages et à la vie dure peuvent recevoir plusieurs projectiles dans le corps et fournir parfois encore une course de plusieurs heures.

La fracture des os d'un membre n'empêche pas les petits quadrupèdes de courir plus ou moins vite. Elle arrête généralement les grands quadrupèdes.

La fracture des ailes des oiseaux paralyse leur vol et les fait tomber même lorsque la fracture ne porte que sur l'extrémité de ces os.

Une balle qui ne fait que traverser les masses musculaires d'un animal sauvage ne diminue habituellement pas son énergie d'une façon appréciable et ne diminue pas la vitesse de sa course ou de son vol pendant le temps qui lui est nécessaire pour se mettre à l'abri ou pour attaquer ses agresseurs.

2. Sensibilité des animaux aux blessures. — Les différents êtres animés offrent des différences notables dans la sensibilité aux blessures.

Une blessure relativement légère suffit pour faire tomber la bécasse, la bécassine, le chevreuil.

Une blessure relativement encore plus légère met l'homme hors de combat, surtout lorsque sa sensibilité a été affinée par la civilisation.

Au contraire, on voit fréquemment la perdrix continuer son vol avec les deux cuisses brisées, ou encore avec des blessures mortelles, jusqu'au moment où subitement elle tombe morte.

Le lièvre, le lapin se sauvent avec les pattes brisées ou encore avec les entrailles pendantes. Un cheval ou un mulet blessé à mort pendant qu'il galope continue sa course, s'il n'a pas de membre brisé, jusqu'au moment où il s'abat quelques instants avant de mourir.

Le sanglier fait ferme et bourre sur les chiens ou les chasseurs lorsqu'il est blessé à mort.

Les félins sont très durs à tuer et ils peuvent être criblés de blessures qui les feront mourir en peu de temps sans cesser d'être dangereux.

Les morceaux d'une tortue coupée en quatre à coups de hache continuent à s'agiter pendant plusieurs heures.

3. Influence de la puissance individuelle des projectiles. — La probabilité d'une blessure grave par un seul projectile est d'autant plus grande que le projectile est individuellement plus puissant.

Un homme atteint par un boulet entier est toujours grièvement blessé, même si celui-ci n'a qu'une très faible vitesse.

Il est, au contraire, fort rare que la blessure produite à l'homme par un seul grain de plomb de chasse ait quelque gravité.

On a vu cependant des hommes tués par un seul grain de plomb tiré d'assez loin, et qui avait pénétré dans le cerveau en entrant dans l'œil. Il y a eu des soldats tués et d'autres grièvement blessés par la balle de tir réduit en usage avec le fusil Chassepot : cette balle ne pesait que 1^{er} et avait une assez faible vitesse.

4. Importance comparative des blessures uniques ou multiples. — Nous venons de faire voir qu'un projectile relativement puissant peut faire à un animal des blessures de gravité fort variable.

La probabilité de causer des blessures graves et mortelles est d'autant plus grande que le nombre des atteintes est lui-même plus grand.

Il est donc intéressant de connaître le nombre minimum d'atteintes qui donne une probabilité suffisante d'arrêter et de tuer un animal.

Il n'a pas été fait, à notre connaissance, d'études systématiques à ce sujet sur les mammifères que l'on chasse, mais il en a été fait d'assez nombreuses sur les pigeons dont on se sert dans les tirs

aux pigeons. Les observations faites sur ces derniers animaux s'accordent avec celles que nous allons exposer ci-dessous.

Les relevés faits à la suite des guerres modernes ont établi que, sur cent hommes ou chevaux atteints par des projectiles, il y a :

- 25 pour 100 de blessures mortelles ;
- 15 pour 100 de blessures graves des os, avec fractures ;
- 60 pour 100 de blessures légères.

Il résulte de ces constatations qu'un animal qui est atteint par quatre ou cinq projectiles, ayant chacun une puissance suffisante, a de grandes probabilités d'être blessé à mort et d'être arrêté après un faible parcours.

Lorsqu'un animal est atteint par un seul projectile relativement puissant et capable de lui briser les os, il n'a qu'une chance sur quatre d'être tué ; un oiseau n'a dans ces conditions qu'une chance sur treize d'avoir une aile brisée.

On peut tuer un animal relativement gros en le criblant de projectiles relativement petits, mais l'expérience prouve que l'on obtient plus sûrement et plus vite la mort d'un animal en le frappant avec quatre ou cinq projectiles dont le poids est égal à celui des projectiles plus petits envisagés précédemment.

Il est arrivé souvent que des hommes ont fait souffrir bien inutilement un chien qu'ils voulaient tuer, en lui tirant de près une charge de plomb qui blessait très grièvement l'animal sans le tuer immédiatement. Ils auraient pu obtenir la mort de ces animaux sans souffrances prolongées, en leur tirant de près dans la tête ou le haut du corps un coup à chevrotines.

5. Effets des projectiles sur les diverses parties du corps. —
a. Effets sur les parties molles. — Un projectile qui pénètre dans les parties molles d'un animal à une vitesse qui dépasse 100^m y fait un trajet sensiblement rectiligne.

Les projectiles en plomb pur et nu ne se déforment pas sensiblement en traversant les parties molles d'un animal lorsque leur vitesse est inférieure à 350^m. Aux vitesses plus fortes, ils y subissent des déformations d'autant plus grandes que la vitesse est plus grande.

Les balles allongées et à enveloppe de maillechort ne se dé-

forment pas au choc contre les parties molles des animaux, même lorsque la vitesse au choc atteint 750^m .

La gravité des blessures faites dans les parties molles d'une même région du corps est proportionnelle à la surface de la projection du projectile au point atteint. Avec des balles sphériques ou encore avec des balles allongées qui frappent la pointe en avant, la gravité des blessures est proportionnelle au carré de leur diamètre.

C'est dans le but de produire des blessures larges avec un projectile de faible calibre que l'on a inventé les balles à expansion appelées aussi *balles dum-dum*.

Lorsqu'une balle dum-dum rencontre les parties molles d'un animal à une vitesse de plus de 375^m , la partie antérieure de la balle se champignonne et fait une blessure qui a un diamètre à peu près double ou triple du calibre de la balle avant le choc. La vitesse de 375^m correspond, avec le fusil Lee Medfort, à la portée de 400^m .

Fig. 142.



Balle à expansion ayant pénétré dans les chairs avec une grande vitesse.

Lorsqu'un projectile rencontre des organes compacts et gorgés de liquides, tels que le sont le cerveau, le cœur, le foie, la rate, la vessie, etc., il projette latéralement les parties qui se trouvent sur son trajet.

Cette projection peut être assez violente pour se communiquer à tout l'organe frappé et pour en entraîner la désorganisation plus ou moins complète.

C'est ainsi que, lorsqu'une balle animée d'une grande vitesse pénètre dans le cerveau d'un animal supérieur, elle fait éclater toute la boîte crânienne et elle entraîne la projection du cerveau et d'une grande partie de la tête en menus éclats, comme sous l'effet d'une violente explosion interne.

Cette même balle peut également déchiqueter le cœur, elle peut broyer une grande partie du foie et en briser le reste en plusieurs morceaux, elle peut faire éclater la vessie, etc.

On dit dans ce cas qu'elle a produit des *effets explosifs*.

Les effets explosifs peuvent se produire avec les projectiles de toute nature.

Leur intensité est en rapport avec la vitesse et la grosseur des projectiles. Nous indiquerons plus loin quelques-unes des conditions de vitesse et de poids du projectile qui peuvent les produire sur quelques types d'animaux.

b. Effets sur les os. — Les projectiles de moyenne grosseur qui frappent avec une vitesse suffisante les os minces, ou les parties spongieuses des os longs, les traversent généralement sans les faire éclater et en n'y faisant que des fêlures.

Lorsqu'un projectile frappe avec une force vive suffisante les parties médianes des os longs, il les brise et les fissure sur la plus grande partie de leur longueur.

Lorsque des projectiles en plomb frappent des os relativement résistants, la balle se brise et même se pulvérise en partie dans une mesure d'autant plus grande que la vitesse et la résistance sont plus fortes. Lorsque la force vive d'une balle qui frappe un os est considérable, les éclats de la balle et de l'os, poussant les chairs devant eux, peuvent être projetés à l'extérieur comme sous l'effet d'une explosion interne, en faisant dans les chairs des trous de sortie qui ont parfois une surface de plus d'un décimètre carré sur les grands animaux.

L'effet des projectiles sur les os ne dépend pas de leur calibre dans une mesure sensible; il ne dépend que de la force vive du projectile.

Les balles en plomb se déforment en frappant sur des os résistants à des vitesses supérieures à 80^m. Elles se fragmentent dès que la vitesse dépasse 100^m. Une partie de la balle se pulvérise aux vitesses supérieures à 300^m. Dans ce dernier cas, on trouve dans les os brisés et dans les chairs avoisinantes une poussière noirâtre de plomb qui a le même aspect que celui que donnerait du plomb réduit en vapeur et qui se serait condensé dans les tissus. On doit éviter de manger ces parties.

Les balles en plomb durci se déforment moins facilement, mais se fragmentent plus que les balles en plomb pur. Leurs effets destructifs sur les os sont peu différents.

Les balles à enveloppe de maillechort se brisent lorsqu'elles atteignent, avec des vitesses de plus de 150^m, des os qui ont une résistance au moins égale à celle de la partie médullaire des os longs de l'homme. La rupture de l'enveloppe et du noyau est d'autant plus complète que la vitesse d'arrivée est plus forte et que l'os est plus résistant.

En somme, toutes les balles en plomb ou à noyau de plomb se comportent comme de véritables balles explosives lorsqu'elles atteignent des os durs et résistants à des vitesses assez fortes.

6. Condition d'action maximum des projectiles. — Un projectile qui pénètre dans le corps d'un animal y produit un travail de destruction qui est en rapport direct avec la perte de force vive qu'il subit dans le milieu pénétré.

Lorsqu'un projectile traverse un animal et en sort animé encore d'une forte vitesse, il n'a épuisé sur cet animal qu'une partie de sa puissance destructive.

C'est lorsque le projectile perd totalement sa vitesse au moment où il atteint le côté du corps opposé au trou d'entrée que la blessure atteint le maximum de gravité dont le projectile est capable sur cet animal et dans les régions frappées.

Une balle modèle 1886 peut traverser aux petites distances un cheval dans toute sa longueur, soit 2^m,5 de chair et d'os. Lorsque, en atteignant un animal, elle n'y traverse que 0^m,50 de chair, elle en sort en n'ayant épuisé sur cet animal qu'environ le $\frac{1}{3}$ de sa puissance destructive. Elle peut, après avoir traversé ce premier animal, aller en traverser d'autres. Cette faculté de traverser plusieurs sujets est très appréciable au point de vue de la guerre, où elle trouve assez souvent l'occasion de s'exercer; elle n'est, au contraire, presque jamais susceptible d'application à la chasse des grands animaux sauvages.

Dans ce genre de chasse il y a lieu d'appliquer le proverbe, bien vrai dans une foule de circonstances, « qu'il ne faut jamais chasser deux lièvres à la fois ». Il vaut mieux y employer un projectile qui produise tout son effet sur un seul animal.

La balle dum-dum prend un diamètre considérable en s'aplatissant dans les chairs. Elle exerce une puissance destructive considérable dans les chairs qu'elle traverse, elle y épuise toute sa force vive après un faible parcours, mais par contre elle a une faible pénétration : sa force vive est autant absorbée par les déformations que la balle subit elle-même que par celles qu'elle produit dans les chairs. Sa puissance destructive totale n'est donc qu'environ la moitié de celle d'une balle indéformable. On comprend dès lors comment il se fait que les balles dum-dum de petit et moyen calibre soient insuffisantes et inférieures aux balles pleines pour attaquer des animaux de très grand poids et à peau très épaisse.

7. Puissance strictement nécessaire pour produire une plaie pénétrante dans les parties molles des animaux. — Nous avons déterminé, par plusieurs séries d'expériences, la puissance que doit avoir un projectile pour percer la peau et pénétrer quelque peu dans les parties molles d'animaux de moyenne et de grande taille. Ce renseignement offre peu d'intérêt pour la chasse proprement dite, mais il peut être utile à ceux qui se servent d'armes à feu pour éviter de causer des blessures accidentelles à leurs voisins; il peut être encore utile à un autre point de vue que nous n'avons pas à envisager dans le présent Ouvrage.

Les expériences que nous avons faites dans le but de déterminer la vitesse minimum nécessaire à un projectile de poids donné pour produire une blessure dans les parties molles ont été faites en partie avec des balles sphériques et en partie avec des balles allongées tirées dans des fusils rayés.

Nous avons constaté que la pénétration dans les parties molles est facilitée par la forme effilée de la pointe; toutefois les balles sphériques n'ont pas une pénétration bien notablement inférieure à celle des balles allongées en plomb, lorsque la force vive par unité de surface de ces divers projectiles est égale.

Si l'on désigne par F la force vive du projectile en kilogrammètres, par s sa section en centimètres carrés, nous avons trouvé que la force vive minimum qui est nécessaire à un projectile en plomb pour percer la peau d'un animal de poids P exprimé en kilogrammes et pour pénétrer un peu dans ses chairs pouvait être

représentée par l'équation

$$(42) \quad \frac{F}{s} = 0,643 \sqrt[3]{P}.$$

Nous rappelons que, si l'on désigne par p le poids du projectile en kilogrammes, par V sa vitesse, par g la gravité prise égale à $9^m,81$,

$$(43) \quad F = \frac{pV^2}{2g}.$$

Lorsque le projectile est sphérique et en plomb durci à la densité de 11,0, le calcul de la vitesse V , qui est nécessaire pour produire une plaie pénétrante, peut être simplifié par les formules ci-après, où l'on a désigné par α le diamètre du projectile en décimètres,

$$(44) \quad \frac{F}{s} = 0,00374 \alpha V^2,$$

$$(45) \quad V = \frac{13,11 \sqrt[6]{P}}{\sqrt{\alpha}}.$$

Ces diverses formules, qui ont été établies pour relier entre eux les résultats des expériences que nous avons faites sur des animaux relativement gros, ne sont pas applicables aux oiseaux. Ceux-ci sont protégés par leurs plumes, qui forment un matelas qui est d'autant plus épais relativement à la taille de l'oiseau que celui-ci est plus petit. Il faut une puissance plus grande que celle qui résulte des formules ci-dessus, pour blesser les oiseaux dans les portions qui sont protégées par les plumes.

Les vitesses données par la formule (42) seraient insuffisantes pour percer la peau très épaisse de quelques animaux tels que l'hippopotame, l'éléphant, le crocodile, mais des vitesses doubles ou triples paraissent devoir être suffisantes pour percer la peau de ces animaux (1).

(1) La balle du revolver modèle 1892, qui pèse $7^m,85$ et qui a 220^m de vitesse, traverse très franchement le sabot d'un fort cheval dans les parties les plus dures. Nous croyons que le sabot du cheval offre aux projectiles une résistance au moins égale à celle des parties les plus épaisses de la peau de l'éléphant ($0^m,10$) et de l'hippopotame ($0^m,06$).

Vitesse minimum nécessaire à un projectile sphérique en plomb pour produire une blessure légèrement pénétrante dans les chairs.

ANIMAUX TYPES		Lièvre.	Antilope.	Homme nu, sanglier.	Cheval.
POIDS DE L'ANIMAL.....		3 ^{kg} , 50.	35 ^{kg} .	65 ^{kg} .	450 ^{kg} .
PROJECTILES.		VITESSES NÉCESSAIRES.			
Diamètre.	Poids.				
<small>mm</small>	<small>gr</small>	<small>m</small>	<small>m</small>	<small>m</small>	<small>m</small>
2	0,048	115	168	186	258
3	0,156	94	138	152	210
4	0,369	81	119	132	182
6	1,24	66	97	107	149
8	2,95	57	84	93	129
10	5,76	51	75	83	115
11	7,67	»	72	79	110
12	9,96	»	69	76	105
13	12,7	»	66	73	101
14	15,8	»	64	70	97
16	23,6	»	60	66	91
17	28,3	»	58	64	88
18,5	36,4	»	55	61	85

Voici quelques observations relevées à ce sujet par Foà :
 « Les balles express du calibre 14^{mm},7 et les balles dum-dum du calibre 7^{mm},9 peuvent être employées avec succès sur tous les animaux à peau tendre ou de corpulence moyenne qui sont dans la faune africaine, le lion, le léopard, les sangliers et les antilopes, sauf l'élan (qui a la corpulence de nos grands bœufs avec la taille d'un cheval de cuirassier).

» Au contraire, l'élan, le buffle, le rhinocéros, la girafe, l'éléphant sont beaucoup plus massifs, et cette balle expansive devient insuffisante à cause de l'épaisseur des chairs et des os; on se sert alors de la balle pleine non évidée.

» Quelques chasseurs conseillent d'ajouter au plomb un tiers d'étain ou un cinquième de mercure pour augmenter sa dureté. A quoi bon? Pour ma part, j'ai toujours laissé le plomb *nature*. Il ne s'écrase que mieux et il pénètre fort bien dans la peau de l'éléphant ou du rhinocéros, malgré ce que l'on dit de l'impossibilité

de les entamer. La balle pleine en plomb pur, par exemple, les traverse de part en part.

» Je répète que la balle pleine et la balle expansive suffisent à toutes les chasses. Avec des cartouches des deux sortes et un bon express, un chasseur peut abattre tous les animaux des deux hémisphères. »

Lorsque la vitesse est insuffisante pour percer la peau, les balles rebondissent très légèrement en arrière et sans force.

Si une balle sphérique en plomb rencontre une planche de sapin avec la vitesse juste suffisante pour percer la peau d'un animal de poids P , elle y pénétrerait d'une quantité K qui est indépendante du calibre de cette balle et qui est donnée par la formule

$$(46) \quad K = 0,167\sqrt[3]{P}.$$

Dans cette formule, K est exprimé en millimètres et P en kilogrammes.

On en déduit que la balle sphérique qui a juste la force de faire une plaie pénétrante doit pénétrer dans le sapin d'au moins 7^{mm} s'il s'agit d'un homme *nu* et de 13^{mm} s'il s'agit d'un cheval.

L'expérience a vérifié ces chiffres.

8. Puissance nécessaire pour produire des blessures graves et la rupture des os. — Les expériences que nous avons faites nous ont montré que l'effet des balles sur les os est proportionnel à la force vive de la balle, qu'il est indépendant du calibre, et qu'il est inversement proportionnel au poids de l'animal.

Si l'on désigne par F la force vive en kilogrammètres et par P le poids de l'animal, on commence à entamer les os longs et quelquefois même à les fêler lorsque

$$(47) \quad F = \frac{P}{10}.$$

Pour briser généralement les os d'un animal, il faut que l'on ait au moins

$$(48) \quad F = \frac{P}{5}.$$

On produit des désordres considérables dans les os et les parties avoisinantes lorsque

$$(49) \quad F = P.$$

On produit des effets explosifs dans les organes compacts et dans les os longs lorsque

$$(50) \quad F = 2,5P.$$

Les relations ci-dessus ont été établies à la suite de nombreuses expériences faites par nous sur des animaux dont le poids était en général assez élevé. Elles ont été vérifiées sur quelques petits animaux tels que le lièvre.

Vitesses minima nécessaires pour entamer les os longs :

$$F = \frac{P}{10}.$$

ANIMAUX TYPES.....		Lièvre.	Antilope.	Sanglier, homme ⁽¹⁾ .	Cheval.	Éléphant.
POIDS DE L'ANIMAL.....		3 ^{kg} , 500.	35 ^{kg} .	65 ^{kg} .	450 ^{kg} .	2000 ^{kg} .
PROJECTILES.		VITESSES.				
Désignation.	Poids.					
	gr	m	m	m	m	m
Plomb n° 8...	0,0671	320	»	»	»	»
» 6...	0,1226	237	»	»	»	»
» 4...	0,2025	184	»	»	»	»
» 2...	0,3125	148	»	»	»	»
» 0...	0,435	126	397	542	»	»
Chevrotines..	1,0	»	262	357	»	»
» ..	2,0	»	185	253	»	»
» ..	5	»	117	160	420	»
Petites balles.	10	»	83	113	298	»
» .	12	»	76	103	271	»
» .	15	»	68	92	242	510
Balles cal. 24.	20	»	59	80	210	440
» 20.	25	»	52	71	188	400
» 16.	30	»	48	65	172	360
» 12.	35	»	44	60	159	335
» 10.	45	»	»	53	140	295
» 8.	55	»	»	48	127	270
» 6.	75	»	»	41	108	230
» 4.	115	»	»	33	88	185

(1) Il s'agit ici, et dans tout ce qui suit, d'hommes dont le corps n'est pas protégé par des vêtements au point frappé.

Les balles sphériques en plomb qui produisent l'effet ci-dessus pénètrent dans le sapin d'une quantité X donnée par la relation

$$(51) \quad X = \frac{33P}{a^2}$$

dans laquelle P est le poids de l'animal et a le calibre de la balle.

Les balles sphériques en plomb du poids de 12^{gr} et du diamètre 12^{mm}, 8, font le genre de blessures défini ci-dessus à :

Un homme lorsqu'elles pénètrent dans le sapin de 13^{mm},
 Un cheval " " " 90^{mm}.

Vitesses minima nécessaires pour briser généralement les os d'un animal :

$$F = \frac{P}{5}.$$

ANIMAUX TYPES		Lièvre.	Antilope.	Sanglier, homme.	Cheval.	Éléphant.
POIDS DE L'ANIMAL.....		3 ^{gr} , 500.	35 ^{gr} .	65 ^{gr} .	450 ^{gr} .	2000 ^{gr} .
PROJECTILES.		VITESSES.				
Désignation.	Poids.					
	gr	m	m	m	m	m
Plomb n° 8...	0,0671	452	"	"	"	"
" 6...	0,1226	335	"	"	"	"
" 4...	0,2025	260	"	"	"	"
" 2 ..	0,3125	210	"	"	"	"
" 0. .	0,415	178	562	"	"	"
Chevrotines..	1,0	117	370	505	"	"
" ..	2,0	83	252	357	"	"
" ..	5,0	52	166	226	588	"
Petites balles.	10,0	"	117	160	420	"
" .	12	"	107	146	383	810
" .	15	"	96	130	343	720
Balles cal. 24.	20	"	83	113	297	630
" 20.	25	"	74	101	266	560
" 16.	30	"	68	93	242	510
" 12.	35	"	63	85	224	475
" 10.	45	"	"	76	198	420
" 8.	55	"	"	68	179	380
" 6.	75	"	"	"	159	325
" 4.	115	"	"	"	123	260

Les balles sphériques en plomb qui produisent l'effet ci-dessus pénètrent dans le sapin d'une quantité X donnée par la relation

$$(52) \quad X = \frac{66 P}{a^3}.$$

Lorsque $a = 12^{\text{mm}}, 8,$

$$\begin{aligned} X = 26^{\text{mm}} & \text{ pour } P = 65^{\text{kg}}, \\ X = 181^{\text{mm}} & \text{ » } P = 450^{\text{kg}}. \end{aligned}$$

Vitesses minima nécessaires pour obtenir des effets explosifs avec des balles de plomb :

$$F = 2,5 P.$$

ANIMAUX TYPES.....	Antilope.	Sanglier, homme.	Cheval.
POIDS DE L'ANIMAL.....	35 ^{kg} .	65 ^{kg} .	450 ^{kg} .
<hr/>			
POIDS DE LA BALLE.			
5 ^{gr}	586 ^m	800 ^m	» ^m
10	414	565	»
12	378	515	»
15	338	450	»
20	293	400	1050
25	252	360	950
30	239	325	850
35	221	300	800

9. Puissance meurtrière des balles des différents types de fusils. — Le Tableau ci-après donne la force vive à la portée de 25^m des balles que l'on peut tirer à la chasse dans des fusils de divers systèmes.

FUSIL.	CALIBRE en millimètres.	BALLE.		
		Poids.	Vitesse à 25 ^m .	Force vive à 25 ^m .
			gr	m
De chasse calibre 32 avec balle sphérique.	13,0	13,05	350	82
» 28 »	14,2	17,00	355	110
» 24 »	15,0	20,06	360	133
» 20 »	15,9	23,9	360	158
» 16 »	17,1	29,7	360	196
» 12 »	18,4	37	360	245
» 10 »	19,6	44,7	360	296
» 8 »	21,2	56,6	360	374
» 6 »	23,4	76,2	360	503
» 4 »	26,8	114,3	360	756
Express calibre $\frac{450}{1000}$ de pouce anglais...	11,25	17,7	540	263
» $\frac{500}{1000}$ »	12,5	22,1	530	317
Fusil modèle 1874.....	11,0	25,0	430	236
» 1886.....	8,0	15,0	615	290
Fusils Mannlicher hollandais.....	6,5	10,1	711	276
Carabine Colt à répétition.....	10,7	13,2	383	99
Revolvers modèles 1873 et 1874.....	11,0	11,6	155	14
Revolver modèle 1892.....	8,0	7,85	220	19

Poids des animaux qui peuvent avoir les membres brisés à 25^m par les balles.

FUSIL.	CALIBRE en millimètres	POIDS de la balle.	POIDS des animaux blessés.	
			Fracture minimum P = 3 F.	Fracture grave P = F.
			gr	kg
De chasse calibre 32, balle sphérique ..	13,0	13,05	410	82
» 28 »	14,2	17,0	550	110
» 24 »	15,0	20,06	660	133
» 20 »	15,9	23,9	790	158
» 16 »	17,1	29,7	980	196
» 12 »	18,4	37	1200	245
» 10 »	19,6	44,7	1500	296
» 8 »	21,2	56,6	1900	374
» 6 »	23,4	76,2	2500	503
» 4 »	26,8	114,3	3800	756
Express calibre 450.....	11,25	17,7	1300	263
» 500.....	12,5	22,1	1600	317
Fusil modèle 1874.....	11,0	25,0	1200	236
» 1886.....	8,0	15,0	1450	290
Fusil Mannlicher hollandais.....	6,5	10,12	1400	276
Carabine Colt à répétition.....	11,0	13,2	500	99
Revolvers modèles 1873 et 1874.....	11,0	11,6	70	14
Revolver modèle 1892.....	8,0	7,85	95	19

10. Puissance meurtrière des chevrotines. — Le Tableau ci-après donne des renseignements sur la puissance meurtrière des chevrotines qui sont tirées dans les fusils calibre 12, avec la vitesse normale de 360^m.

POIDS D'UNE CHEVROTINE.....	1 ^{er} , 37				2 ^{es} , 65				3 ^{es} , 60			
DIAMÈTRE.....	6 ^{mm} , 15				7 ^{mm} , 65				8 ^{mm} , 45			
NOMBRE PAR LIT.....	7				4				3			
NOMBRE TOTAL.....	28				16				12			
Portées.....	20 ^m	30 ^m	40 ^m	50 ^m	20 ^m	30 ^m	40 ^m	50 ^m	20 ^m	30 ^m	40 ^m	50 ^m
Vitesse restante.....	297	272	252	235	306	285	266	251	311	290	273	258
Force vive d'une chevrotine F.	6,16 ^{kgm}	5,17 ^{kgm}	4,43 ^{kgm}	3,86 ^{kgm}	12,6 ^{kgm}	11,0 ^{kgm}	9,55 ^{kgm}	8,51 ^{kgm}	17,7 ^{kgm}	15,5 ^{kgm}	13,7 ^{kgm}	12,2 ^{kgm}
Poids des animaux susceptibles d'être grièvement blessés	31 ^{kg}	26 ^{kg}	22 ^{kg}	19 ^{kg}	63 ^{kg}	55 ^{kg}	48 ^{kg}	43 ^{kg}	88 ^{kg}	77 ^{kg}	68 ^{kg}	61 ^{kg}
P = 5F par une seule chevrotine.....												
Nombre total de chevrotines qui atteindraient une surface de (30 ^{cm} × 40 ^{cm}) = 0 ^m , 12.	21	12	7	4	12	7	4	2	9	5	3	1,6

11. Choix des armes suivant la nature du gibier. — En ce qui concerne le grand gibier, nous citerons ce que Foà a écrit à ce sujet dans son Livre : *Chasse aux grands fauves*.

« Pour chasser les petits animaux et les antilopes, jusqu'à l'élan exclusivement, les fusils rayés du calibre 7^{mm}, 7 (balle de 14^{gr}) sont excellents.

» A partir de l'élan, il faut l'express de 14^{mm}, 7 (balle de 35^{gr}).

» La balle de 14^{mm}, 7 pleine permet de tuer l'éléphant, le buffle, le rhinocéros, la girafe. Cette balle les traverse de part en part. »

On pourra se rapporter également à une citation du même auteur faite pages 335 et 336.

M. Charles Michel, qui faisait partie de la mission envoyée en Abyssinie sous la direction de M. de Bonchamps en 1898, s'est servi, pour chasser les grands animaux, de divers fusils de petit calibre et, en particulier, d'un fusil Daudeteau du calibre 6^{mm}, 5 qui lançait des balles de 10^{gr} à enveloppe complète à la vitesse initiale de 773^m. Voici quelques-unes des observations qu'il a faites au sujet des effets de ce fusil : « Souvent les bêtes restaient sur le coup, mais cela dépendait surtout de l'endroit où elles

avaient été touchées. Cependant j'ai perdu très peu de gibier blessé et j'ai toujours été surpris d'entendre certaines personnes prétendre que les fusils de petit calibre ne tuaient pas sur le coup.

« J'ai tué plusieurs hippopotames d'une seule balle du fusil Daudeteau.

» Quant aux éléphants, parmi ceux que j'ai abattus, j'en ai tué trois d'une seule balle Daudeteau à la distance de 80^m, 100^m et 180^m. Je les ai touchés au-dessus de l'œil. Ils se sont effondrés d'un seul coup et n'ont apparemment pas eu de convulsion. »

Le fusil calibre 12 à chevrotines est l'arme la plus meurtrière à employer contre l'homme et les animaux du poids de 20^{kg} à 100^{kg} aux distances inférieures à 50^m. En tirant une cartouche à 16 chevrotines, on peut atteindre un homme debout ou un but équivalent avec une moyenne de 5 chevrotines à la distance de 50^m. Un homme ou un autre animal de même poids qui se trouve au milieu de la gerbe à moins de 50^m a les plus grandes chances d'être tué.

Les revolvers de l'armée, qui sont plus puissants que la plupart des revolvers qu'ont les particuliers, peuvent juste casser un os long des membres d'un homme.

Le revolver modèle 1873 est sans aucun effet sur les grands os des chevaux. Le revolver modèle 1892 produit quelque effet sur les grands os des chevaux lorsqu'ils se trouvent près de la peau au point frappé. On peut cribler un cheval de coups de revolver sans toujours réussir à l'abattre en peu de temps.

Les cartouches que l'on tire dans les revolvers du commerce sont souvent fabriquées depuis plusieurs années et dans ce cas ont beaucoup perdu de leur puissance primitive. Beaucoup de ces cartouches ne sont pas susceptibles de produire d'autre effet qu'une contusion à un animal de 60^{kg}. Ce résultat est presque la règle pour les revolvers courts et de calibre inférieur à 10^{mm} que l'on trouve dans le commerce.

On trouvera peut-être étrange que nous nous soyons aussi largement occupé des blessures que peuvent causer à l'homme les projectiles des armes de chasse. Nous l'avons fait parce que les armes de chasse sont souvent maniées par des maladroits et des imprudents qui parfois blessent ou tuent des humains. Les armes de chasse sont, en outre, assez fréquemment employées par leurs possesseurs, soit pour défendre leur vie et leurs biens contre des

malfaiteurs, soit par ces derniers pour se débarrasser des défenseurs des biens qu'ils convoitent.

12. Effets du plomb de chasse sur les petits animaux. — Nous avons déjà dit que les oiseaux sont relativement bien protégés par leurs plumes contre le choc des petits projectiles; d'autre part, la fourrure des petits quadrupèdes est relativement bien plus épaisse que celle des gros, et la protection qu'ils en reçoivent contre les projectiles est très notable.

En raison de la protection accordée par la nature à ces animaux, la force minimum nécessaire pour leur produire une blessure est

$$F = \frac{P}{10}.$$

Les blessures ne sont toutefois sérieuses et n'entraînent la rupture des os que si l'on a tout au moins

$$F = \frac{P}{5}.$$

Partant de ces données, nous avons calculé la vitesse nécessaire aux plombs des différents diamètres pour produire des blessures légères et des blessures graves : à un lièvre du poids de 3^{kg}, 750, à un faisau ou lapin du poids de 1^{kg}, 250, à une perdrix du poids de 0^{kg}, 375 (1).

Nous avons ensuite déterminé, au moyen du diagramme de la *fig. 45*, à quelle portée les vitesses nécessaires aux différents numéros de plombs sont obtenues en tirant avec la vitesse initiale de 360^m.

On a ensuite déterminé à quelle distance on pouvait mettre 2,

(1) D'après l'armurier Greener, le plomb n° 6 anglais (2^{mm}, 6) tue les pigeons à 36^m, 5; les plombs de 2^{mm}, 3 ne les tuent pas à cette distance. D'autre part, M. Greener dit qu'il faut atteindre un pigeon au moins avec quatre grains de plomb n° 6 pour le tuer raide, sauf le cas où, par hasard, on l'atteint dans la tête ou dans la portion de la colonne vertébrale qui est dans le cou.

Lorsqu'un pigeon est atteint par 6 plombs, même si aucune partie vitale n'est atteinte, la commotion fait tomber l'animal et il peut être ramassé. Avec un canon cylindrique on ne met pas en moyenne trois plombs dans un pigeon à 36^m et, à cette distance, on ne tue pas plus d'un pigeon sur trois avec ces canons. Pour mettre quatre plombs dans un pigeon, il faut au moins en mettre deux cents dans une cible de 0^m, 762.

Ces renseignements sont sensiblement d'accord avec ceux que nous donnons.

puis 1 et enfin 0,5 grains de plomb par décimètre carré en tirant des fusils soit choke bored, soit cylindriques :

Du calibre	12	avec une charge de plomb de	36 ^{gr}
»	16	»	30
»	20	»	24

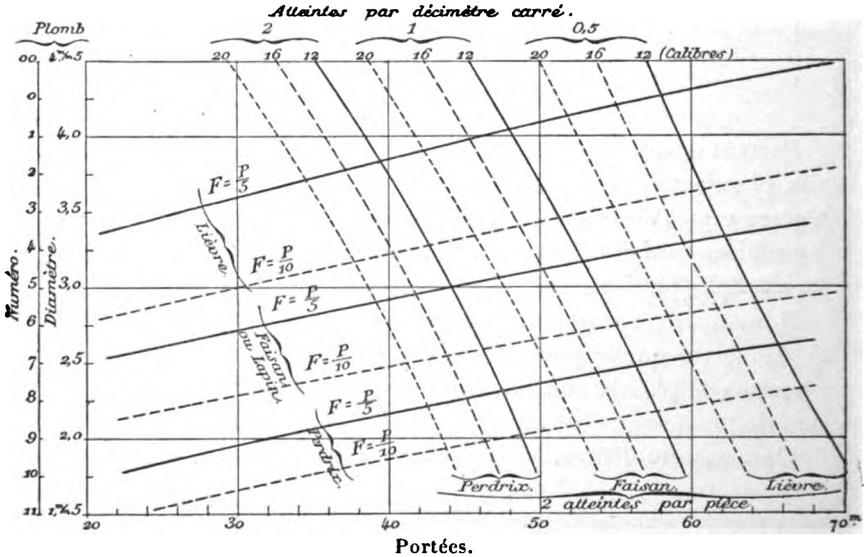
On a appliqué ces derniers résultats au gibier en admettant que la surface de la silhouette offerte aux coups est en moyenne de :

- 0,4^{m²} pour le lièvre,
- 0,2 » le faisan,
- 0,1 » la perdrix.

Nous avons reporté ces résultats sur les *fig.* 143 et 144, dont

Fig. 143.

Effets du tir à plombs avec les canons choke bored.



nous avons emprunté la contexture et les éléments à un diagramme semblable inséré dans une étude de M. de Metz-Noblat intitulée : *Recherches sur la portée efficace des fusils de chasse* (1).

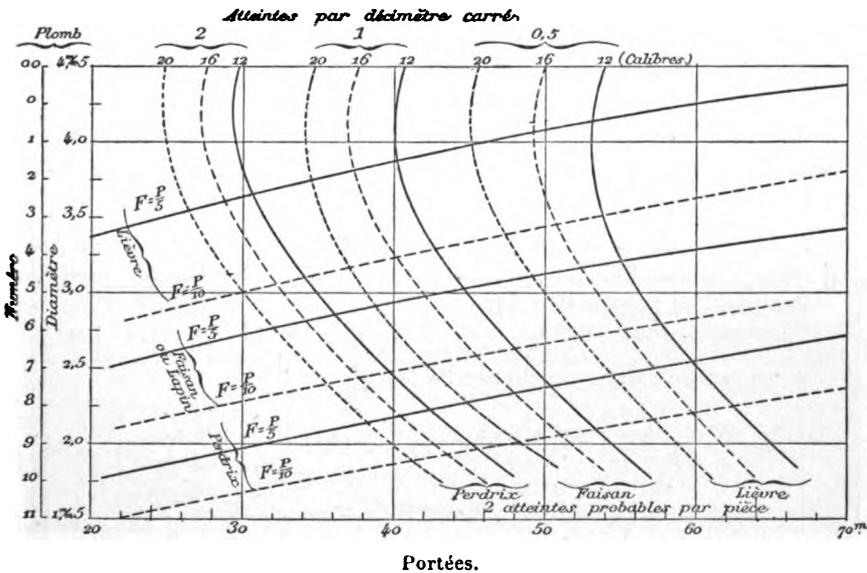
La *fig.* 143 doit être lue et interprétée comme l'indiquent les exemples ci-après :

(1) *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy*, 2^e série, t. XIII, p. 51.

Avec un fusil choke, calibre 12 et 36^{es} de plomb n° 6, on aura en moyenne sur le faisan, à 55^m, deux atteintes qui, en général, seront impuissantes à casser les grands os de cet animal. Avec 36^{es} de plomb n° 4 (3^{mm}, 4) on fera en moyenne deux blessures graves à cet animal à la portée de 53^m.

Fig. 144.

Effets du tir à plombs avec les canons cylindriques.



Avec un fusil choke, calibre 20, on n'obtiendra ce même résultat avec du plomb n° 5 (3^{mm}) que jusqu'à la portée de 47^m.

En tirant 36^{es} de plomb n° 5 (3^{mm}), on a des chances d'atteindre, à 44^m, une perdrix avec deux plombs, et un faisan avec quatre plombs, tous capables de faire de fortes blessures au faisan, et à plus forte raison à la perdrix.

A cette distance de 44^m, le plomb qui convient le mieux est le n° 5 pour tirer le faisan et le n° 8 pour tirer la perdrix.

On ne peut pas espérer obtenir chaque fois le nombre d'atteintes prévu et indiqué dans les *fig.* 143 et 144.

Lorsque le nombre de grains est de 300 (une charge de 36^{es} de plomb n° 6 contient 300 grains), le nombre d'atteintes est suscep-

tible de varier par suite du hasard de la répartition des grains, comme il est indiqué ci-dessous :

Nombre moyen d'atteintes N...	1	2	3	4	6	8	10	20	40
Variation probable de N.....	0,67	0,95	1,16	1,34	1,64	1,88	2,09	2,91	3,97
Pour 12 coups N variera { N ₁ .	0	0	1	1	2	5	6	13	31
en général entre N ₁ et N ₂ . { N ₂ .	3	5	6	7	10	14	17	28	51

On a vu que, sur cinq blessures produites par des projectiles ayant chacun une puissance suffisante, il n'y en a en moyenne qu'une qui soit mortelle.

Le Tableau ci-après indique le nombre de cas sur 100 où un coup de fusil à plombs causera une ou plusieurs blessures mortelles :

Nombre <i>moyen</i> d'atteintes par								
coup de fusil, N.....	1	2	3	4	5	6	10	20
Pour 100 des coups de fusil qui								
tueront l'animal atteint, C...	26	44	61	75	83	90	98,5	100

Lorsque l'on tire une charge de 36^{gr} de plombs

N° 4	comprenant	178 grains	sur un but de	0,4 (lièvre),
» 6	»	293	»	0,2 (faisan),
» 8	»	530	»	0,1 (pigeon),

on atteindra ces buts en moyenne par N plombs ayant une force suffisante et l'on tuera C fois sur 100 aux distances E indiquées.

CANON.	NUMÉROS des plombs.	SURFACE du but.	NOMBRE MOYEN D'ATTEINTES N.							
			3.	4.	5.	6.	8.	10.	12.	15.
			<i>Distances E.</i>							
Choke.....	4	m ² 0,4	» m	» m	» m	» m	» m	42 m	39 m	36 m
	6	0,2	»	55	51	48	43	40	37	34
	8	0,1	»	»	»	45	41	37	34	32
Cylindrique.	4	0,4	»	»	»	42	36	33	»	»
	6	0,2	50	44	40	36	32	30	»	»
	8	0,1	»	42	38	35	31	28	»	»

En résumé, avec les conditions de tir ci-dessus, on peut, en visant bien, tuer sûrement le petit gibier jusqu'à 35^m, mais on n'est pas certain d'obtenir ce résultat à des distances plus fortes.

Le tir du plomb de chasse s'exécute le plus souvent à 30^m. On pourra régler la grosseur du plomb à mettre dans le fusil d'après le Tableau ci-après, qui donne le poids maximum des animaux susceptibles d'être blessés d'une façon notable par les différents numéros de plomb :

Plomb.	Numéro	9	7	5	3	1	00
	Diamètre.....	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	3,5 mm	4,0 mm	4,5 mm
	Poids d'un grain.....	0,046 gr	0,090 gr	0,156 gr	0,247 gr	0,369 gr	0,524 gr
	Vitesse restante à 30 ^m pour V ₀ = 360 ^m ...	175 m	198 m	215 m	228 m	239 m	248 m
	Force vive d'un grain à 30 ^m F =	0,072 kgm	0,180 kgm	0,368 kgm	0,656 kgm	1,075 kgm	1,64 kgm
	Poids maximum des animaux blessés à 30 ^m (P = 10F).....	0,07 kg	1,8 kg	3,7 kg	6,6 kg	11 kg	16 kg

V. — DÉTERMINATION DU CALIBRE ET DU POIDS DU FUSIL, DU POIDS ET DE LA VITESSE INITIALE DES PLOMBS QUI SONT LES PLUS CONVENABLES POUR LA CHASSE DU PETIT GIBIER.

1. Éléments dont dépend la puissance du fusil de chasse. — La puissance du tir des fusils de chasse tirant à plombs dépend d'éléments complexes dont nous allons, dans ce qui suit, exposer les relations mutuelles.

La puissance meurtrière d'une charge de plomb de chasse à une portée déterminée dépend de la somme des forces vives des grains qui atteignent la pièce de gibier. Elle dépend donc du nombre de grains qui atteignent le but et de leur vitesse restante au moment du choc.

Lorsqu'à une même portée l'on tire, en visant comme il faut, sur un but d'assez petite dimension, des cartouches contenant un nombre différent de grains de plomb de même grosseur, le nombre de grains qui atteignent le but est proportionnel au nombre total

des grains contenus dans la charge, puisque la dispersion est indépendante du poids de la charge de plomb et du calibre du fusil. Il y a donc intérêt, au point de vue de la multiplicité des atteintes, à lancer le nombre le plus considérable possible de grains de plomb.

D'autre part, les grains de plomb subissent dans l'air des pertes de vitesse d'autant plus considérables que leur poids individuel est moindre.

La vitesse restante et la force vive de chaque grain au moment du choc est d'autant plus grande, à portée égale, que son diamètre et son poids sont plus considérables. A charge de plombs égale, cette deuxième condition force à limiter le nombre des grains de la charge de façon à obtenir une portée meurtrière suffisante.

La recherche de l'effet meurtrier conduit donc à tirer dans les fusils de chasse une charge de plomb aussi lourde que possible, cette charge étant composée de grains assez lourds pour pouvoir causer des blessures sérieuses au gibier.

D'un autre côté, le poids total du plomb, la vitesse initiale et le poids du fusil doivent être combinés de telle sorte que le recul qui en résulte puisse être facilement supporté par le tireur.

Nous avons vu précédemment que ces trois éléments sont dans une dépendance intime. Nous allons rechercher quelle en est la combinaison la plus avantageuse.

2. Poids du fusil. — L'expérience a fait reconnaître que le poids du fusil de chasse bien établi et destiné à battre la campagne ne doit pas dépasser $3^{kg}, 2$ environ.

Des fusils plus lourds et dont le poids atteint 4^{kg} , par exemple, peuvent servir pour la chasse à l'affût, mais, en marche, ils ne peuvent plus être portés de longues heures dans les deux mains dans la position qu'il convient de prendre pour être rapidement prêt à faire feu. Le chasseur qui a un fusil trop lourd pour sa force finit par le porter sur l'épaule ou à la bretelle, et trouve le gibier hors de portée lorsqu'il est prêt à tirer.

Un fusil trop lourd ne permet pas non plus de viser et de suivre le gibier dans sa fuite avec autant de facilité qu'un fusil de poids modéré.

Une pièce d'artillerie chargée de grenaille de plomb représen-

terait une puissance *virtuelle* supérieure à celle des fusils ; mais, si l'on voulait chasser avec un pareil engin, l'arme ne se trouverait jamais pointée avant que le gibier fût hors de portée. La pièce d'artillerie représenterait donc dans ce cas une puissance *effective* très inférieure à celle du moindre fusil.

Nous adopterons 3^{kg}, 100 comme poids du fusil que nous prendrons pour type de l'arme puissante et bien établie. Ce poids est celui qui convient au chasseur de bonne force moyenne.

3. **Recul.** — Il y a intérêt, au point de vue de la puissance meurtrière, à lancer la charge de plombs la plus lourde possible ; mais le recul croît à peu près proportionnellement au poids de la charge de plombs, et nous avons déjà dit précédemment qu'il y a intérêt à ne pas dépasser 4^{kgm} pour la force vive du recul.

Nous avons calculé les diverses combinaisons de poids du plomb et de vitesse initiale que l'on peut raisonnablement être tenté d'essayer dans un fusil du poids de 3^{kg}, 100 ayant 4^{kgm} de recul en se servant de la poudre J₂. Le résultat en est donné ci-dessous :

Vitesse initiale.....	300 ^m	350 ^m	400 ^m
Poids du plomb.....	43 ^{gr} ,9	35 ^{gr} ,7	29 ^{gr} ,4

Pour faire ce calcul, nous avons pris les charges de poudre J₂ qui conviennent à un fusil du calibre 12 ; les résultats seraient très peu différents si nous avions pris les charges convenant à un autre calibre ; ils seraient également peu différents si l'on supposait l'emploi de toute autre poudre pyroxylée que la poudre J₂.

Les charges de plombs satisfaisant aux conditions énumérées ci-dessus seraient $\frac{1}{10}$ moins fortes si l'on supposait l'emploi de la poudre noire ordinaire n° 3.

Dans ces calculs, nous avons admis que le poids des bourres était uniformément de 2^{gr}, 5.

4. **Détermination de la vitesse initiale la plus avantageuse.** — L'effet meurtrier d'une charge de plombs est proportionnel à la *force vive de la fraction de la charge qui atteint le but.*

La combinaison la plus avantageuse de vitesse et de poids de plombs sera celle qui fournira la plus grande somme de force vive sur le but à atteindre.

En vue de déterminer quelle est cette combinaison la plus avantageuse, nous avons calculé les éléments ci-après :

1° La fraction du nombre des plombs qui atteindra un carré de 10^{cm} de côté aux distances de 20^m, 30^m et 40^m, lorsque l'on tire dans un canon choke bored des plombs de 2^{mm}, 3^{mm} et 4^{mm} de diamètre. Cette fraction est indépendante du poids de la charge, car elle ne dépend que de la dispersion, et nous avons vu que cette dernière quantité est elle-même pratiquement indépendante du poids de la charge.

2° Les vitesses restantes des plombs de 2^{mm}, 3^{mm} et 4^{mm} de diamètre aux portées de 20^m, 30^m et 40^m en tirant ces plombs aux vitesses initiales de 300^m, 350^m et 400^m.

3° Les deux résultats ci-dessus nous ont servi à calculer la somme des forces vives des grains de plomb qui atteignent un décimètre carré aux distances de 20^m, 30^m et 40^m lorsque des charges de plombs à grains de 2^{mm}, 3^{mm} et 4^{mm}, qui réalisent des vitesses initiales de 300^m, 350^m et 400^m, ont un poids tel qu'elles occasionnent un recul de 4^{kgm} dans un fusil de 3^{kg}, 100.

Fraction f de la charge qui atteindra un carré de 10^{cm} de côté.

$$f = \frac{0,072405}{E_p^2} = \frac{0,22063}{R_{50}^2} \quad (1).$$

PORTÉES.	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .
Plomb de 4 ^{mm} de diamètre ...	0,122	0,0428	0,01905
» 3 » ...	0,874	0,0335	0,01568
» 2 » ...	0,598	0,01495	0,00502

(1) L'écart probable E_p , ou le rayon R_{50} des 50 pour 100, doit être exprimé en décimètres pour avoir le résultat cherché.

Les formules ci-dessus donnent le moyen le plus simple de calculer le nombre de grains par décimètre carré au centre du groupement dans le cas des fusils ordinaires (voir p. 195).

Vitesse restante des plombs de 2^{mm}, 3^{mm} et 4^{mm} correspondant à diverses portées et diverses valeurs de la vitesse initiale.

VITESSE initiale.	VITESSES RESTANTES								
	du plomb de 4 ^{mm} .			du plomb de 3 ^{mm} .			du plomb de 2 ^{mm} .		
	Portées.			Portées.			Portées.		
	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .
300 ^m	234 ^m	210 ^m	190 ^m	217 ^m	189 ^m	166 ^m	189 ^m	153 ^m	126 ^m
350	263	235	210	243	210	183	210	170	138
400	290	256	228	266	228	198	231	184	150

Somme des forces vives des plombs qui atteignent un carré de 10^{cm} de côté.

VITESSE initiale.	POIDS de la charge de plomb	PLOMB de 4 ^{mm} ou n° 1.			PLOMB de 3 ^{mm} ou n° 8.			PLOMB de 2 ^{mm} ou n° 9.		
		Portées.			Portées.			Portées.		
		20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	40 ^m .
300 ^m	43,9 ^{gr}	14,95 ^{kg.m}	4,22 ^{kg.m}	1,54 ^{kg.m}	9,40 ^{kg.m}	2,680 ^{kg.m}	0,968 ^{kg.m}	4,783 ^{kg.m}	0,784 ^{kg.m}	0,178 ^{kg.m}
350	35,7	15,32	4,30	1,53	9,48	2,685	0,955	4,800	0,786	0,174
400	29,4	15,37	4,20	1,48	9,26	2,608	0,922	4,780	0,758	0,169

Nota. — Le résultat maximum obtenu avec chaque espèce de plombs et à chaque portée a été imprimé en chiffres gras.

L'examen du Tableau ci-dessus fait voir :

- 1° Que la vitesse initiale qui, pour un recul de 4^{kg} dans un fusil de 3^{kg},100, fournit la plus grande somme de force vive sur un but déterminé de dimensions moindres que la gerbe et qui fournit le meilleur rendement jusqu'à 30^m, est d'environ 360^m;
- 2° Que la vitesse initiale peut varier de 300^m à 400^m sans que le

rendement varie notablement, à condition que les charges de plombs varient de façon à maintenir le même recul ;

3° Que, pour tirer aux distances relativement fortes, il est préférable d'avoir de fortes charges de plombs et des vitesses relativement modérées ;

4° Que la charge de plombs qui donne en moyenne les meilleurs résultats est d'environ 36^{gr} lorsque l'on emploie les poudres pyroxyliées ; elle n'est que de 33^{gr} avec les poudres noires.

5. Pressions correspondant aux éléments adoptés. — La charge de 36^{gr} de plomb lancée avec la vitesse initiale de 360^m donne lieu aux pressions ci-après dans les fusils des divers calibres :

Calibre.	Pressions avec les poudres	
	J ₂ .	forte n° 1.
20	1800 ^{kg}	620 ^{kg}
16	590	550
12	450	490

Nous rappelons que la pression qui ne doit pas être dépassée et qui est égale aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve des armes finies est de 520^{kg} à 550^{kg} pour tous les fusils des calibres moyens.

Le calibre 12 est donc le seul de ces trois calibres qui permette de tirer sans pression dangereuse une charge de 36^{gr} de plomb avec les poudres pyroxyliées et même avec les poudres noires de vivacité moyenne.

6. Calibres à adopter pour le tir du plomb de chasse. — En résumé le calibre 12 est celui qui permet d'obtenir le tir le plus puissant du plomb de chasse tout en restant dans des conditions de poids et de recul convenables. La charge de plomb qui lui convient est de 36^{gr} lorsque l'on tire des poudres pyroxyliées.

Lorsque l'on emploie les poudres noires, la charge de plomb la plus convenable est de 33^{gr}. Dans ce cas on peut prendre indifféremment le calibre 12 ou le calibre 16. Le calibre 14 serait le plus convenable, mais on ne fabrique plus de fusils et de cartouches de ce calibre.

Les fusils de calibre supérieur au 12 ne peuvent être établis

dans des conditions satisfaisantes de solidité qu'en leur donnant un poids supérieur à 3^{kg}, 100. En raison de ce fait, ces fusils ne conviennent pas pour la chasse en marchant et doivent être réservés pour la chasse à l'affût.

Les fusils calibre 16 bien établis pèsent $\frac{1}{8}$ de moins que les fusils calibre 12. Ils doivent tirer une charge de plomb $\frac{1}{8}$ moins forte que celle que l'on emploie dans les fusils calibre 12. Malgré l'infériorité de puissance qui résulte de ce moindre poids de la charge, ils sont préférés par beaucoup de chasseurs en raison du moindre poids du fusil.

Les fusils calibre 20 sont inférieurs d'un tiers comme puissance aux fusils du calibre 12. Pour la chasse ordinaire du moyen gibier, ces fusils ne conviennent qu'aux femmes et aux jeunes gens, qui n'ont pas la force de porter un fusil plus puissant.

7. Éléments des fusils d'affût spéciaux à la chasse aux canards.
— Nous avons calculé et nous donnons ci-après les éléments des armes et du plomb à employer pour avoir à peu près la certitude de tuer un canard à une distance déterminée.

Nous avons admis :

1° Que le canard pesait 3^{kg} et que les projectiles qui l'atteignaient devaient avoir une force vive de $\frac{3^{kg}}{5} = 0^{kgm}, 6$;

2° Qu'il fallait avoir deux atteintes par décimètre carré;

3° Que les plombs étaient tirés en paquet dans un canon choke bored à la vitesse de 350^m;

4° Que le calibre du fusil était déterminé par la condition que le poids total du plomb soit égal à celui de la balle sphérique;

5° Que le poids du fusil était égal à quatre-vingt-cinq fois celui du projectile.

Le Tableau de la page 354 fait voir que le résultat de tuer à peu près sûrement un canard ne peut être obtenu que jusqu'à :

45^m avec des fusils portatifs,

55^m avec des fusils d'affût posés sur un appui,

175^m avec une arme du calibre des plus lourdes pièces d'artillerie de campagne,

J.

240^m avec une arme du calibre et du poids d'une pièce d'artillerie de siège.

Plombs	diamètre.....	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		3,28	3,72	3,97	4,32	4,75	5,22	5,6	6,7
	poids individuel.....	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
		0,204	0,294	0,363	0,460	0,601	0,818	1,18	1,84
	nombre de grains.....	32	118	284	665	885	1770	5290	9100
Plombs	poids total.....	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
		6,55	34,7	103	306	532	1450	6210	16800
Plombs	vitesse restante à la portée <i>p</i> .	m	m	m	m	m	m	m	m
		240	200	180	160	140	120	100	80
Fusil	calibre.....	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		10,3	17,6	26,1	37,6	45,2	63,3	102	142
Fusil	poids.....	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
		0,36	2,95	8,75	26,0	45,2	123	528	1430
Portée efficace <i>p</i> sur un canard.....		m	m	m	m	m	m	m	m
		24	42	56	74	96	129	177	236

On peut voir aussi par le Tableau ci-dessus que le poids des armes croît à peu près comme le cube des portées efficaces.

VI. — PERFECTIONNEMENT POSSIBLE DES ARMES DE CHASSE.

Le gibier devient, par sélection, de plus en plus sauvage. Celui qui est trop confiant finit par disparaître sous les coups des chasseurs; il ne reste donc que la race des méfiants.

La sauvagerie croissante du gibier, tout au moins de certains gibiers, conduit les chasseurs à rechercher, pour certains genres de chasse, un fusil qui porte plus loin que la moyenne des fusils et qui leur permette ainsi d'atteindre le gibier dans la zone où celui-ci se croit encore dans une sécurité relative.

Dans ce qui suit, nous allons examiner quels sont les moyens de réaliser le tir efficace à longue portée.

En premier lieu, nous nous occuperons de l'utilisation et des perfectionnements possibles des fusils de chasse actuels dans lesquels on tire des plombs en paquet comme on tire la mitraille dans les pièces d'artillerie.

En second lieu, nous exposerons les principes d'après lesquels devraient être établis les fusils susceptibles de réaliser un tir efficace sur le gibier à des portées très supérieures à celles que réalisent les fusils actuels.

1. Perfectionnements possibles des fusils actuels. — Nous avons exposé, pages 347 à 353, les relations qui lient entre eux les différents éléments du fusil de chasse et de sa cartouche. Nous y avons vu que le poids du fusil, le recul, le poids de la charge de plomb, la force de la poudre, la résistance de l'air, la densité du métal du projectile et la dispersion sont liés entre eux d'une façon complexe, et nous avons déterminé les combinaisons les plus avantageuses de ces divers éléments avec les fusils actuels.

Nous allons rechercher, dans ce qui suit, si quelques-uns de ces éléments sont susceptibles de perfectionnement en vue de permettre un accroissement de la puissance du tir.

Fusil. — Le poids du fusil et la quantité de recul sont liés à la force de l'homme. Ces deux éléments ne sont donc susceptibles d'aucune modification.

Poudre. — Le poids de la poudre intervient d'une façon très notable dans le recul. L'adoption de poudres plus puissantes que la poudre noire, pour un même poids de charge, permet, tout en conservant la même vitesse initiale et la même quantité de recul, d'augmenter le poids du plomb.

L'idéal, dans cet ordre de perfectionnement, serait une poudre dont la charge aurait un poids à peu près nul.

Le poids du plomb qui, avec un recul de 4^{kgm} et une vitesse de 360^m, est limité à 33^{gr} en employant la poudre noire, pourrait être porté à 41^{gr}, 5 en employant cette poudre idéale. La puissance du fusil de chasse en serait, de ce fait, accrue d'un quart.

Densité des projectiles. — Si, au lieu d'employer des projectiles en plomb, on employait des projectiles de même poids confectionnés en métal d'une densité supérieure à celle du plomb, on diminuerait les pertes de vitesse causées par la résistance de l'air. On aurait donc des portées efficaces plus considérables.

Ce perfectionnement, qui est possible, ne paraît pas près de recevoir d'ici longtemps une solution pratique; car tous les métaux connus actuellement et plus denses que le plomb (or, platine, tungstène, etc.) sont trop chers et trop difficiles à travailler pour pouvoir être employés comme projectiles de chasse.

Dispersion. — Nous avons dit, pages 179 et 180, que, pour la majorité des chasseurs et la plupart des genres de chasse au petit gibier, il n'y a pas intérêt à avoir des fusils donnant un tir plus serré que celui des fusils actuels. Les bons tireurs, à la chasse des animaux très sauvages, obtiendraient cependant, avec un fusil à tir très serré, des résultats qu'il leur est impossible d'obtenir avec les fusils actuels.

Supposons, en effet, un fusil donnant des écarts moitié moindres que ceux des fusils actuels. Pour un même poids de plomb et dans un même but de petites dimensions, le fusil à écarts moitié moindres mettra quatre fois plus de plombs que le fusil ordinaire; le chasseur pourra donc employer dans le fusil à tir serré des grains de plomb pesant quatre fois plus que ceux du fusil ordinaire et en mettre dans la cartouche un nombre quatre fois moindre.

Dans ces conditions de chargement, le diamètre des grains et la portée efficace du fusil à tir serré seront environ moitié plus forts que ceux de l'autre fusil sans que le recul soit augmenté (1).

On voit donc que, si l'on arrivait à diminuer la dispersion, on pourrait accroître sensiblement la portée meurtrière du plomb de chasse tiré avec un fusil de poids donné.

Nous avons exposé précédemment quelles sont les causes qui produisent la dispersion du plomb tiré en paquet tant dans les canons cylindriques que dans les canons choke bored. Ces causes nous paraissent ne pouvoir être que très peu réduites tant que l'on tirera les plombs en paquet.

La diminution de la dispersion ne peut être obtenue d'une façon certaine qu'en appliquant les principes exposés ci-après.

(1) p étant le poids d'un des grains de plomb qui conviennent au fusil ordinaire, $4p$ sera le poids d'un des grains qui conviennent au fusil à tir serré.

Désignons par d et D les diamètres de ces grains.

On aura

$$\frac{4p}{p} = \frac{D^3}{d^3},$$

d'où

$$\frac{D}{d} = \sqrt[3]{4} = 1,59.$$

Les portées efficaces des grains de plomb sphériques sont à peu près proportionnelles aux diamètres des grains. Le rapport des portées efficaces des deux fusils envisagés sera donc aussi 1,59.

2. Principes pouvant servir à l'établissement de fusils de chasse à grande portée. — Lorsqu'à la guerre on veut avoir une grande probabilité d'atteindre à distance un ou plusieurs hommes, on tire sur eux un grand nombre de projectiles dans un temps suffisamment court pour que ces hommes n'aient pas le temps de se mettre à l'abri des coups soit par la fuite, soit autrement.

Le tir d'un grand nombre de balles dans un temps très court ne pouvait être obtenu autrefois et jusqu'au milieu du XIX^e siècle que, soit en faisant tirer simultanément plusieurs tireurs armés de fusils, soit en faisant tirer à mitraille.

Le premier de ces procédés ne constitue pas une solution satisfaisante pour la chasse du petit gibier.

Le second de ces procédés est celui qui est en application dans les armes de chasse actuelles.

La portée efficace de ce genre de tir est faible, et il n'est pas possible de l'augmenter avec des armes restant portatives.

La portée efficace des tirs d'un grand nombre de projectiles dans une même arme a été considérablement augmentée depuis une trentaine d'années par l'invention des mitrailleuses et par le perfectionnement des obus à balles.

La mitrailleuse permet de lancer, dans un temps très court, un grand nombre de projectiles allongés dans des conditions balistiques qui leur assurent beaucoup plus de portée et de précision que n'auraient eu des projectiles sphériques du même poids tirés en mitraille.

On a fait pour la guerre, et même pour la chasse, des mitrailleuses à canons multiples et à chargement relativement lent dont chaque canon ne lançait qu'un projectile et nécessitait une interruption assez longue pour le rechargement des canons. Ces armes se sont montrées aussi médiocres pour la chasse que pour la guerre. Ce type d'armes est maintenant complètement abandonné.

La mitrailleuse à un seul canon à chargement automatique et très rapide est d'invention récente. C'est une arme d'avenir pour la guerre; son principe est susceptible d'applications pour les armes portatives de chasse.

De gros projectiles d'artillerie possèdent encore à de très grandes distances plus de vitesse et de force qu'il n'est nécessaire pour tuer des hommes et des chevaux. On utilise mieux la puissance

destructive de ces gros projectiles sur les êtres animés en les faisant se fragmenter un peu avant d'arriver à hauteur du but, en morceaux ayant juste la force nécessaire pour produire des blessures mortelles. Les meilleurs résultats dans cet ordre d'idées sont actuellement obtenus avec les obus à balles.

Lorsque l'obus à balles est tiré dans de bonnes conditions, sa fusée met le feu à une assez faible charge de poudre qui se trouve dans l'obus un peu avant que celui-ci arrive au but à battre. Cette charge projette en avant les nombreuses balles sphériques qui sont à l'intérieur du corps en acier de l'obus. Ce corps, qui a une résistance suffisante pour ne pas éclater, lance les balles qu'il contient comme le ferait une sorte de canon court. L'obus étant animé du mouvement de rotation que lui a communiqué la rayure du canon, disperse les balles comme le font les fusils rayés dans lesquels on tire du plomb de chasse.

La vitesse des balles au sortir de l'obus est égale à la somme de la vitesse restante de l'obus et de la vitesse que leur a communiquée la charge intérieure de l'obus. Les balles qui sortent de l'obus ont une puissance meurtrière égale à celle qu'elles auraient eue si elles avaient été tirées en mitraille avec une assez forte charge de poudre par une arme immobile placée au point où s'est fait l'éclatement de l'obus.

On comprend que le tir d'obus à plombs dans des fusils de chasse procurerait une immense supériorité de portée pour la chasse du petit gibier.

3. Fusil mitrailleuse. — On a inventé, dans ces dernières années, plusieurs types de fusils et de pistolets à chargement automatique, dans lesquels l'action de tirer et de recharger l'arme ne nécessite qu'environ $\frac{1}{30}$ de seconde. Le mécanisme de ces armes permettrait donc de tirer à la vitesse de 50 coups par seconde.

Le tir de ces fusils et pistolets se fait généralement beaucoup plus lentement parce que, le recul produit par les balles assez lourdes que l'on y emploie dépointant l'arme à chaque coup, on est dans la nécessité de repointer après chaque coup avant d'agir de nouveau sur la détente.

Le dépointage n'existe pas dans les mitrailleuses de même système, mais plus lourdes et pesant une trentaine de kilos, que l'on

tire sur un affût trépied. Avec certains types de mitrailleuses de ce poids, on tire sans dépointage des balles de 15^{es} à la vitesse de plus de 10 coups par seconde.

Un fusil de 3^{es}, 2, dix fois plus léger que la mitrailleuse ci-dessus, pourrait tirer des balles de 1^{er}, 5 à des intervalles très rapprochés sans avoir son pointage notablement dérangé par le recul. Un tir automatique prolongé de balles de ce poids produirait une légère et progressive surélévation de la bouche du canon qui augmenterait l'angle de tir et serait utile dans le tir de chasse pour battre une plus longue étendue en portée, à condition de prendre pour hausse de départ celle du tir aux distances les plus rapprochées.

Un fusil de chasse mitrailleuse pour le tir du petit gibier à grande portée devrait pouvoir envoyer en une à deux secondes de 50 à 100 projectiles ayant chacun la force nécessaire pour tuer le gibier que l'on chasse.

Une pareille arme nous paraît être actuellement réalisable.

Elle pourrait être du type à magasin et à culasse fonctionnant automatiquement par l'effet d'une partie des gaz de chaque cartouche, ces gaz étant pris par un trou percé dans la partie antérieure du canon. Elle serait alors analogue, comme mécanisme, aux fusils automatiques Clair, Mannlicher, et à la mitrailleuse Hotchkiss.

Ce système exige une cartouche complète pour chaque projectile, ce qui présenterait peut-être de graves inconvénients avec le très faible calibre (2^{mm} à 4^{mm}) qui convient pour le petit gibier.

On éviterait ces inconvénients avec une arme du genre ci-après dont aucun type n'a encore été réalisé jusqu'à ce jour.

L'unique charge de poudre destinée à la propulsion de tous les projectiles serait placée dans un récipient clos et résistant où elle détonnerait lorsque l'on presserait la détente. Le poids de la poudre et le volume du récipient seraient déterminés de telle sorte que la pression maximum dans le récipient ne dépasse pas une certaine limite d'environ 1000^{es} par centimètre carré. Aussitôt que les gaz auraient atteint la tension convenable, ils mettraient en mouvement un distributeur des balles, et aussitôt qu'une balle serait en place, une partie des gaz pénétrant derrière la balle par un orifice ouvert temporairement lancerait cette balle. La distri-

bution et la projection des balles se feraient ainsi par un mouvement automatique très rapide.

Les balles destinées au tir du petit gibier avec un fusil rayé automatique pourraient avoir les dimensions et la puissance ci-après, qui ne sont données qu'à titre d'indication.

Balles cylindro-ogivales en plomb, de trois calibres de longueur.

Calibre de la balle.....	2 ^{mm}	3 ^{mm}	4 ^{mm}
Poids de la balle.....	0 ^{gr} ,184	0 ^{gr} ,621	1 ^{gr} ,471
Vitesse initiale.....	400 ^m	400 ^m	400 ^m
Vitesse restante à la portée de {			
100 ^m	263 ^m	287 ^m ,5	303 ^m ,5
200 ^m	207 ^m	242 ^m	263 ^m
Force vive à la portée de {			
100 ^m	0 ^{kgm} ,65	2 ^{kgm} ,62	6 ^{kgm} ,91
200 ^m	0 ^{kgm} ,40	1 ^{kgm} ,85	5 ^{kgm} ,19
Poids des animaux pouvant {			
être tués à la portée de 100 ^m	3 ^{kg} ,3	13 ^{kg}	35 ^{kg}
200 ^m	2 ^{kg} ,0	9 ^{kg}	26 ^{kg}

Il serait plus facile, au point de vue de la réalisation mécanique de l'arme et des cartouches, de faire les projectiles avec un métal ou un alliage ayant une densité environ moitié moins forte que celle du plomb. Les projectiles ainsi constitués et qui auraient même puissance balistique que les projectiles de plomb devraient avoir un calibre double et peser quatre fois plus. Le recul causé par le tir d'une centaine de ces projectiles convenant pour la chasse du petit gibier serait encore très supportable.

Les projectiles allongés en plomb ou en alliage plus léger, qui seraient tirés dans un canon rayé, pourraient avoir une précision assez grande jusqu'à plusieurs centaines de mètres; si l'on trouvait ce tir trop serré, il serait facile d'augmenter la dispersion en donnant une forme dissymétrique à l'ogive et au culot du projectile.

4. Tir d'obus dans des fusils de chasse. — Il est possible de fabriquer et de tirer dans un fusil portatif des obus à balles du calibre d'environ 20^{mm} qui emporteraient une charge d'environ 30^{gr} de plomb de chasse. La portée efficace du plomb sortant de l'obus au moment où celui-ci éclaterait serait peu différente de celle du même numéro de plomb sortant de la bouche d'un fusil de chasse rayé, soit d'environ 25^m.

Ces cartouches à obus pourraient être tirées dans un fusil automatique du genre de celui qui est fabriqué par M. Clair et qui permet de tirer six coups en moins de cinq secondes.

Si l'on chargeait un fusil de cette espèce avec six cartouches à obus dont les fusées seraient réglées pour éclater à 75^m, 100^m, 125^m, 150^m, 175^m et 200^m, on pourrait poursuivre efficacement jusqu'à 225^m une bande de canards en fuite.

Une bordée de coups de fusil mitrailleuse ou encore de cartouches à obus coûtera certainement assez cher, mais nous ne croyons pas que, si des armes semblables existaient, cette question du prix de revient serait de nature à empêcher leur emploi par un certain nombre de chasseurs. Étant donné le prix que l'on paie aujourd'hui les chasses gardées et les faux frais qu'entraîne toute partie de chasse, le prix de ces coups de fusil n'augmenterait relativement pas beaucoup le prix du gibier pour les chasseurs autres que les braconniers.

Dans les chasses que nous connaissons et qui sont dans l'est de la France, la perdrix revient au moins à 20^{fr}, le lièvre revient en général à plus de 100^{fr} et le cerf revient dans certaines chasses à 5000^{fr} aux propriétaires ou aux actionnaires des chasses gardées.

Les fusils à grande portée ne seraient, du reste, utiles que pour tirer les gibiers, tels que les canards, que l'on voit souvent se promener tranquillement et à découvert à 100^m du chasseur et qui s'enfuient dès que l'on s'approche davantage.

On objectera à ces armes perfectionnées qu'au bout de quelque temps le gibier deviendra encore plus méfiant et fuira de plus loin qu'il ne le fait maintenant. Il n'en est pas moins vrai que, tant que ces fusils seront peu répandus, leurs heureux possesseurs pourront jouir de leurs avantages.

Le génie inventif des hommes s'est beaucoup employé, surtout de nos jours, à perfectionner les armes qui leur servent pour s'entretenir. L'appropriation de ces armes à la chasse est relativement facile. Le gibier pâtit ainsi d'inventions qui étaient originellement destinées à la destruction de son plus redoutable ennemi et du plus féroce de tous les animaux.



CHAPITRE VIII.

PRATIQUE DU TIR DE CHASSE.

1. — CORRECTIONS DE POINTAGE.

1. Possibilité des corrections de pointage. — L'importance que nous avons accordée au bon réglage des fusils suffit à faire comprendre combien nous croyons peu à la possibilité, pour un chasseur, de tenir compte des défauts de réglage de son fusil en faisant des corrections de pointage. Malgré cela, nous croyons qu'il n'est pas complètement inutile à un chasseur de savoir qu'il ne suffit pas toujours de viser le centre du but avec un fusil bien réglé pour amener le centre de la gerbe sur le but.

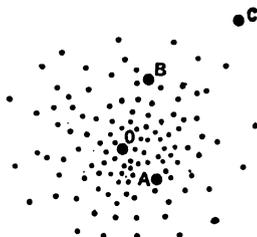
Le chasseur *idéal* qui penserait à tout dans le temps qui s'écoule entre le moment où il aperçoit une pièce et celui où il doit faire partir le coup, et qui, de plus, aurait une organisation physique susceptible d'exécuter exactement le pointage voulu, ferait, dans les diverses circonstances du tir à plombs, des corrections de pointage dont nous allons déterminer le sens et l'importance dans ce qui suit.

2. Cas où la correction de pointage est utile. — Dans quel cas est-il utile, avec un fusil bien réglé, tirant à plombs, de faire des corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but, de son éloignement, ou encore de l'influence du vent?

Si nous représentons (*fig. 145*) la section d'une gerbe de plombs, la correction sera inutile quand le but visé directement restera compris dans la partie dense de la gerbe, en A par exemple; la correction sera utile quand les positions relatives du but visé directement et du centre de la gerbe seront B et O; la correction sera indispensable pour que le coup produise de l'effet quand les positions relatives du but et de la gerbe seront C et O.

Pour déterminer l'utilité des corrections de pointage dans le tir

Fig. 145.



à plombs, il faut donc comparer la grandeur des corrections de pointage et le rayon de la gerbe correspondant à la même distance.

3. *Durée du trajet.* — Le calcul des corrections de pointage nécessite la connaissance des durées de trajet :

Durées de trajet de la partie antérieure des groupements de plombs.

PLOMBS.	{ Numéros..... Diamètres..... Poids..... Vitesses initiales.	1.	3.	5.	7.	9.
			4 ^{mm} , 0. 0 ^{gr} , 375. 363 ^m .	3 ^{mm} , 5. 0 ^{gr} , 247. 360 ^m .	3 ^{mm} , 0. 0 ^{gr} , 156. 360 ^m .	2 ^{mm} , 5. 0 ^{gr} , 090. 360 ^m .
PORTÉES.		DURÉE DU TRAJET.				
	^{mm}	^s	^s	^s	^s	^s
	10	0,030	0,030	0,031	0,031	0,033
	20	0,065	0,066	0,068	0,070	0,075
	30	0,103	0,107	0,111	0,117	0,127
	40	0,146	0,153	0,161	0,171	0,192
	50	0,195	0,205	0,216	0,233	0,270
	60	0,252	0,263	0,280	0,304	0,363
	70	0,317	0,327	0,350	0,387	0,472
	80	0,391	0,396	0,428	0,476	0,606
	90	0,476	»	»	»	0,772
	100	0,574	»	»	»	0,974
	110	0,686	»	»	»	»
	120	0,818	»	»	»	»
	130	0,976	»	»	»	»
	140	0,165	»	»	»	»
	150	1,390	»	»	»	»

4. **Vitesse du gibier.** — Le *Field* du 11 décembre 1886 a donné le résultat d'expériences faites en Angleterre pour mesurer la vitesse du vol des oiseaux de chasse.

On faisait traverser aux oiseaux deux cadres cibles, en fil de coton, espacés de 2^m,06, après que les oiseaux avaient parcouru en volant une galerie couverte de 36^m de long. La vitesse du vol entre les deux cadres était mesurée avec un chronographe Le Boulengé.

On a mesuré également leur vitesse à l'air entièrement libre, avec un chronographe à pointage, sur un parcours de 100^m et de 200^m. Voici les résultats obtenus :

Animaux.	Nombre d'observations.	Vitesse moyenne.	Écart probable des vitesses.	Mode d'observation.
Pigeons blue rock..	12	13,12 ^m	0,62 ^m	galerie couverte
Id. ..	4	12,03	0,25	air libre
Faisans.....	6	12,35	"	galerie
Id.	3	15,1	"	air libre
Perdrix	4	11,8	"	galerie
Id.	2	13,3	"	air libre

Les expériences ont été faites par temps calme.

Lorsque l'oiseau vole dans le lit du vent, il y a lieu d'ajouter la vitesse du vent à la vitesse propre de l'oiseau.

La vitesse du lièvre qui se sauve à toutes jambes est d'environ 15^m pendant les premières centaines de mètres de sa fuite.

En résumé, on voit que la vitesse des gibiers les plus communs est de 12^m à 15^m.

5. **Corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but.** — Les corrections de pointage à faire pour atteindre un but en mouvement dépendent de la vitesse perspective du but et de la façon dont s'exécute le tir.

À une même portée, les corrections de pointage à faire doivent être proportionnelles à la vitesse perspective du but.

Lorsque le but se meut dans le sens du tir ou dans le sens inverse, la vitesse perspective est nulle, ainsi que la correction de pointage.

Pour une même vitesse absolue, et à une même distance, la

vitesse perspective est d'autant plus grande que la direction du mouvement du but se rapproche davantage de la perpendiculaire à la direction du tir.

Dans ce qui suit nous calculerons les corrections maximum se rapportant au cas où le but se meut perpendiculairement à la direction du tir et celles se rapportant au cas où le but se meut sur une ligne inclinée de 30° sur la direction du tir. Les corrections, dans ce dernier cas, sont la moitié des corrections maximum.

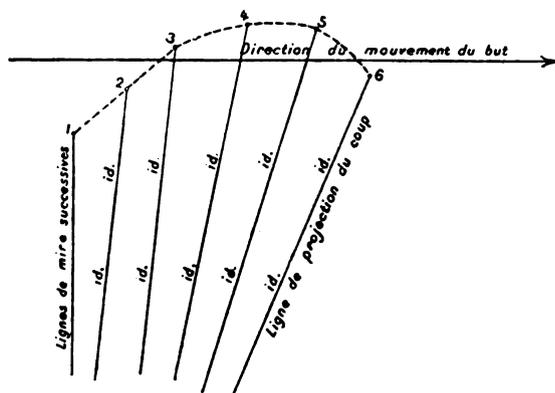
Le tir au fusil sur but mobile peut s'exécuter suivant deux procédés qui ne sont jamais entièrement suivis à la lettre par le tireur, mais que, cependant, nous supposons exécutés ainsi pour faciliter l'exposition et le calcul des corrections.

Dans le premier procédé, le tireur, appréciant le point où va passer le but, dirige la ligne de mire sur ce point, l'y *maintient immobile* et fait partir le coup au moment où il voit le but sur le prolongement de la ligne de mire.

Dans le second procédé, le chasseur dirige, dès le début, sa ligne de mire sur le but en mouvement, il imprime aussitôt à son fusil un déplacement angulaire, de façon à suivre le but en mouvement, et il fait partir le coup, tout en continuant à suivre la pièce (').

(') Dans la pratique, on n'applique pas rigoureusement l'un ou l'autre de ces

Fig. 146.



deux procédés de tir, mais bien partie de l'un et de l'autre. Pour tirer sur un

Nous allons chercher quel est l'écart qui doit exister entre le centre de la gerbe et le point visé en employant chacun de ces deux procédés de tir.

Supposons le coup pointé exactement au moment où le tireur se décide à faire feu sur un but dont la vitesse est W , et soit θ le temps qui s'écoule entre ce moment et celui où la charge de plomb arrive à hauteur du but. La distance entre le centre de la gerbe et le point visé sera égale à $W\theta$.

Voyons de quoi se compose θ , d'abord dans le cas du premier procédé de tir :

1° Le tireur commande à son doigt d'agir sur la détente quand son œil voit le coup bien dirigé. Or le doigt n'obéit pas instantanément à la volonté du tireur; le doigt n'exécute ce qui lui est commandé qu'avec un retard qui est de $0^s,1$ à $0^s,3$. Ce retard est moindre pour des tireurs exercés que pour des tireurs novices; mais il ne saurait descendre au-dessous de $0^s,1$ (1), notre constitution humaine ne le permet pas;

2° La détente doit parcourir plusieurs millimètres à une assez faible vitesse avant de déclencher la gâchette;

3° Le chien met $0^s,005$ à $0^s,01$ à s'abattre (2) suivant la force du ressort et le moment d'inertie du chien;

4° Il s'écoule de $\frac{3}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de seconde entre le moment où l'amorce est frappée et celui où la charge sort du canon.

L'ensemble de ces temps n'est presque jamais inférieur à $0^s,2$,

gibier en mouvement, le tireur met le fusil à l'épaule en le dirigeant à peu près dans la direction du but. Aussitôt que le tireur a pris la ligne de mire, il cherche à imprimer au fusil un mouvement angulaire de nature à amener le prolongement de la ligne de mire sur le point à viser, et il fait feu dès que ce résultat lui paraît à peu près atteint. A ce moment, il est rare que le fusil ait un mouvement angulaire dont la direction et la vitesse soient les mêmes que celles du but. Les tireurs très exercés constatent également qu'au moment où le coup part il est bien rare que la ligne de mire soit dirigée exactement sur le point voulu.

(1) Le temps qui s'écoule entre le moment où l'œil voit un fait et celui où le doigt peut commencer un mouvement pour le signaler a été trouvé être en moyenne de $0^s,19$ pour un grand nombre de sujets soumis à l'expérimentation.

(2) Avec deux fusils de chasse à chiens et à percussion centrale que nous avons, ce temps est de $0^s,005$ à $0^s,006$.

Avec le fusil de guerre à piston modèle 1857, le temps est de $0^s,0115$; avec la noix seule de ce fusil, sans chien, ce temps est de $0^s,003$.

et il faut y ajouter la durée de trajet du plomb de la bouche du canon jusqu'au but.

L'écart entre le centre de la gerbe et le point sur lequel était dirigée la ligne de mire au moment où le tireur a jugé à propos de faire feu sera donc généralement égal à $W(t + 0,2)$, en appelant t la durée du trajet du plomb.

Le Tableau ci-après donne cet écart pour un but animé d'une vitesse latérale de 12^m , vitesse qui est à peu près celle du lièvre ou de la perdrix qui se sauvent (¹).

Le tir devant être généralement sans résultat toutes les fois où l'écart entre le centre de la gerbe et le but est supérieur au rayon de la gerbe contenant 75 pour 100 des plombs, l'erreur maximum que l'on peut commettre sur la correction à effectuer pour que le tir conserve de l'effet est égale à ce rayon.

Écart entre le centre de la gerbe et le point visé lorsqu'on tire avec du plomb n° 5 (3^{mm} , 0), sans suivre l'image d'un but qui est animé d'une vitesse de 12^{mm} .

PORTÉES.	DIRECTION DU GIBIER inclinée sur la direction du tir.				RAYON de la gerbe contenant 75 pour 100 de plombs (canons cylindriques).
	à 90°.		à 30°.		
	Écarts absolus.	Écarts angulaires en millimètres de la distance.	Écarts absolus.	Écarts angulaires en millimètres.	
^m 10	^m 2,78	278	^m 1,39	139	^m 0,17
20	3,22	161	1,61	80	0,34
30	3,74	125	1,87	62	0,52
40	4,34	108	2,17	54	0,72
50	5,00	100	2,50	50	0,94
60	5,76	96	2,88	48	1,17

(¹) Lorsque la direction du gibier est oblique, la correction de pointage n'est pas tout à fait la même quand le gibier se rapproche ou qu'il s'éloigne. Toutefois la différence des corrections n'est que de $\frac{1}{16}$ au plus à la distance de 50^m avec une obliquité de la direction égale à 30° . Cette différence est donc pratiquement négligeable.

Le premier procédé de tir que nous avons indiqué conduit donc à faire aux distances moyennes de tir des corrections de pointage qui peuvent dépasser 4^m. En faisant feu au moment où le centre du but passe dans le prolongement de la ligne de mire, on est *certain* de manquer le but.

La correction *angulaire* de pointage diminue avec la distance lorsque l'on tire d'après ce procédé.

En appliquant correctement le deuxième procédé de tir que nous avons indiqué, il n'y a pas à se préoccuper des *temps perdus*, dus aux retards physiologiques et de départ de la cartouche, puisque la ligne de mire suit le point à viser pendant tout cet intervalle de temps.

Dans ce cas, le plomb sort dans la direction de la ligne de mire (¹), qui à ce moment est dirigée sur le point visé. L'écart entre le centre de la gerbe et le point visé sera sensiblement égal, dans ce cas, à *Wt*. Le Tableau ci-après donne la valeur de cet écart.

Écart entre le centre de la gerbe et le point visé lorsqu'on tire avec du plomb n° 3 (3^{mm},0) en suivant exactement l'image d'un but qui est animé d'une vitesse latérale de 12^{mm}.

PORTÉES.	DIRECTION DU GIBIER Inclinée sur la direction du tir.				RAYON de la gerbe contenant 75 pour 100 de plombs (canons choke).
	à 90°.		à 30°.		
	Écarts absolus.	Écarts angulaires en millèmes de la distance.	Écarts absolus.	Écarts angulaires en millèmes.	
m	m		m		m
10	0,37	37	0,19	19	0,10
20	0,82	41	0,41	20	0,23
30	1,33	44	0,67	22	0,36
40	1,83	46	0,97	24	0,53
50	2,60	52	1,30	26	0,74
60	3,26	54	1,68	28	0,97

(¹) Nous négligeons à dessein la petite déviation du plomb résultant de ce que le canon qui suit l'image du but est, au moment de la sortie du plomb, animé

On voit ainsi que la correction *angulaire* de pointage, pour tenir compte de la vitesse d'un but dont la direction est fixe, est à peu près constante à toutes les distances pratiques du tir de chasse, lorsqu'on suit le but avec la ligne de mire.

Toute pièce passant en travers ou à peu près, et qui sera bien visée en plein corps, sera manquée.

Les corrections de pointage calculées ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus sont applicables à la partie antérieure des charges de plombs. Or, aux portées moyennes, les grains d'une charge de plombs en mouvement se trouvent répartis sur une longueur à peu près égale au $\frac{1}{10}$ de la portée, soit sur une longueur de 3^m à la portée de 30^m. Il en résulte que, si les corrections de pointage étaient $\frac{1}{10}$ plus grandes que celles que nous avons calculées, pour le cas où l'on suit l'image du but, on atteindrait encore le but avec les plombs de la queue du groupement.

L'allongement du groupement et l'accroissement que l'on peut donner aux corrections de pointage qui ont été calculées seraient encore plus grands si, au lieu de tirer des plombs de même grosseur, comme on le fait habituellement, on tirait des plombs de différentes grosseurs.

Les corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but sont d'autant plus difficiles à exécuter que celui-ci est plus rapproché du tireur, car la vitesse angulaire à donner au fusil pour suivre des buts animés d'une même vitesse est d'autant plus grande et est d'autant plus difficile à bien régler que les buts sont plus rapprochés.

6. Correction de pointage pour tenir compte de l'éloignement du but. — Un fusil de chasse doit avoir son tir exactement réglé à la portée de 30^m à 40^m environ. Aux distances moindres, le coup portera un peu au-dessus du centre du but; aux distances plus fortes et jusqu'à la limite de portée efficace, le but restera compris

d'une vitesse latérale sensible qui se communique au plomb et se compose avec la vitesse initiale mesurée suivant l'axe du canon. Si l'on tient compte de cette déviation, l'écart entre le point visé et le centre de la gerbe sera égal à $W\left(t - \frac{1}{V_0}\right)$. Le terme $\frac{1}{V_0}$ étant très petit, il est peu utile de tenir compte de ce terme dans le calcul des corrections à effectuer.

dans la gerbe, quoique le centre de celle-ci porte un peu au-dessous du centre du but.

Lorsque le réglage est bien fait, les fusils à plombs portent environ 0^m,02 à 0^m,03 au-dessus du point visé aux distances de 10^m et de 20^m.

PORTÉES.	ABAISSEMENT du centre de la gerbe au-dessous de la ligne de projection.		COTES aux diverses distances du centre de la gerbe d'un fusil bien réglé.	
	Plomb n° 1 (4 ^m ,0).	Plomb n° 9 (2 ^m ,0).	Plomb n° 1 à 40 ^m .	Plomb n° 9 à 30 ^m .
m	m	m	m	m
10	0,005	0,007	sup. 0,02	sup. 0,02
20	0,020	0,024	0,03	0,02
30	0,047	0,066	0,02	0,00
40	0,097	0,14	0,00	inf. 0,06
50	0,17	0,26	inf. 0,04	0,15
60	0,26	0,41	0,12	0,28
80	0,56	0,95	0,36	0,78
100	1,04	1,40	0,80	

En résumé, avec un fusil qui porte 0^m,02 à 0^m,03 au-dessus du point visé, aux distances de 10^m et 20^m, il n'y a pas de corrections de pointage à faire pour tenir compte de l'éloignement du but dans les limites de portée où les plombs de chasse ont la possibilité de tuer.

Une canardière de gros calibre, destinée à tirer de fortes charges de gros plomb, doit être réglée pour la portée de 60^m environ. Les cotes du centre de la gerbe de cette arme tirant du gros plomb aux différentes distances doivent être :

PORTÉE.	PLOMB N° 1. — COTE DU CENTRE DE LA GERBE.
m	
10	supérieur 0,04
20	» 0,06
40	» 0,08
60	» 0,00
80	inférieur 0,20

7. Correction de pointage pour tenir compte de l'effet du vent.

— Nous avons déterminé l'effet du vent sur le plomb de chasse en tirant par un vent de travers dans deux directions opposées, avec un même fusil et une même espèce de cartouches.

Déviation due au vent. — Plomb n° 1.

PORTÉE.	DÉVIATION.		RAYON de la gerbe utile (75 pour 100) d'un coup de plomb n° 1 dans un fusil choke bored.
	Vent moyen. Vitesse 4 ^m .	Vent fort. Vitesse 10 ^m .	
m	m	m	m
20	0,04	0,1	0,19
30	0,12	0,3	0,32
40	0,24	0,6	0,48
50	0,40	1,0	0,67
60	0,68	1,7	0,89
70	1,00	2,5	1,16
80	1,32	3,3	1,55

La correction de pointage, pour tenir compte du vent, n'a d'importance qu'en direction. Elle n'est utile que pour des vents dont la vitesse est supérieure à 5^m.

La déviation produite par un fort vent de côté est supérieure au rayon de la gerbe efficace des canons choke, au delà de la portée de 30^m. Au delà de cette distance, on manquera donc à peu près sûrement toute pièce de grosseur moyenne, immobile, pointée directement et située de telle sorte que le vent soit perpendiculaire à la ligne de tir.

Lorsque le but est un oiseau qui fuit en prenant le vent, il n'y a pas de corrections à faire pour tenir compte de la vitesse du vent, parce que l'oiseau subit le même déplacement que le plomb, du fait du vent.

8. Préjugés relatifs à l'influence de l'eau et des ravins sur les portées. — Il existe, parmi les chasseurs, un préjugé assez répandu qui consiste à croire que la portée est moindre quand on tire au-dessus de l'eau ou au-dessus de ravins profonds que lorsqu'on tire en plaine. Ils attribuent cette action à une attraction produite par le *vide*.

Le préjugé de l'attraction par l'eau et par le *vide*, qui ne repose sur aucune observation sérieuse, et seulement sur des idées préconçues de gens entièrement dénués d'instruction scientifique sur la nature du *vide*, est attribuable à ce que, au-dessus de l'eau et des ravins, on apprécie les distances encore plus mal que sur un terrain ferme et peu accidenté. En raison de ces erreurs d'appréciation des distances au-dessus de l'eau ou des ravins, on tire souvent hors de portée. Dans le tir au-dessus de l'eau, le tireur voit facilement où porte son coup : il constate alors le défaut de réglage inhérent à presque tous les fusils de chasse, qui est de porter trop bas. Il attribue ce défaut, qu'il ne constate guère que dans cette circonstance, à une attraction produite par l'eau.

L'attraction de la terre est, en réalité, à très peu près partout la même. L'accélération due à la pesanteur, qui est de $9^m,8096$ en un point au bord de la mer, est de $9^m,8065$ en un point à la même latitude et à l'altitude de 1000^m (1).

Dans les montagnes élevées, que l'on tire ou non au-dessus des ravins, on constate, dans le tir à balles, un accroissement de portée très sensible aux grandes distances, dû à la raréfaction de l'air et qui dépend de l'altitude à laquelle on se trouve (2). Il n'y a pas lieu de tenir compte de cet accroissement dans les tirs à plombs.

Nous ajouterons, à ce que nous venons de dire, que nous avons fait des tirs à balles au-dessus de la mer; que les marins de toutes les nations en font journellement de semblables; que nous avons fait des tirs dans les Alpes au-dessus de ravins profonds de plusieurs centaines de mètres; que les bataillons alpins en font fréquemment de semblables; que nous avons souvent chassé dans de hautes montagnes très accidentées, et que ni nous, ni les marins,

(1) Mesures effectives de g :

	Altitude.	g .
	^m	^m
Sommet du Mont Blanc.....	4810	9,794 72
Chamounix.....	1050	9,803 94
Meudon.....	150	9,809 90

(2) Les balles modèle 1886 qui ont une portée de 2000^m quand on les tire à l'altitude de 100^m et à la température de $+20^\circ$ avec la hausse de 2000^m , ont une portée de 2415^m quand on les tire à une altitude 3000^m plus grande, à la même température et avec la même hausse.

ni les bataillons alpins n'avons jamais constaté la moindre diminution de portée produite soit par l'eau, soit par le *vide* ou le creux des ravins.

II. — ÉCARTS PERSONNELS DES TIREURS.

1. Influence de la nervosité. — Les écarts personnels des tireurs peuvent varier dans des limites considérables suivant leur adresse et surtout suivant leur état nerveux.

Devant un fauve dangereux, devant une pièce inoffensive, qui part inopinément, devant le danger ou dans la surprise, les nerfs se surexcitent, le tireur devient agité, et il peut commettre dans ce cas des écarts très considérables qui sont parfois plus de dix fois plus grands que ceux qu'il aurait commis en étant calme.

Que de cavaliers sont passés à quelques mètres de fantassins, exercés et *bons tireurs en temps de paix*, ont été visés, tirés et manqués! On n'a cependant pas souvent un gibier offrant une pareille surface.

Que de gens tirent des coups de revolver presque à bout portant et manquent leur homme!

Il est impossible de fixer au juste la limite maximum des écarts d'un tireur agité; mais on connaît la limite minimum des écarts d'un tireur parfaitement calme tirant, soit posément, soit rapidement, sur des buts fixes ou des buts mobiles dont l'apparition ne lui cause pas de surprise.

2. Tir du plomb de chasse. — Dans les concours de tir aux pigeons entre d'excellents tireurs, on a constaté que le nombre des pigeons tués était en moyenne de 75 pour 100 des pigeons envolés (1).

Dans ces concours, qui se font toujours avec des fusils choke et où l'on tire à la distance d'environ 30^m, le tireur a le droit de tirer son second coup sur le pigeon qu'il a manqué du premier coup.

(1) D'après Greener, dans une série de concours internationaux, sur un total de 1120 pigeons tirés, 36 tireurs ont tué 77,9 pour 100 des pigeons qu'ils ont tirés. Les vainqueurs de ces concours en ont tué 84 pour 100.

On en conclut que la probabilité de tuer le pigeon dans ces conditions, d'un seul coup de fusil, est à très peu près $\frac{1}{2}$.

Autrement dit, les tireurs qui fréquentent les tirs aux pigeons ne tuent en moyenne qu'une fois sur deux coups de fusil.

On relève bien rarement à la chasse, avec toute l'honnêteté désirable, le nombre *moyen* de coups tirés par les différents chasseurs pour abattre une pièce de gibier. On y *mesure* encore bien moins souvent les distances auxquelles on a tiré; aussi manque-t-on de renseignements précis et dignes de foi pour analyser les écarts qu'ont les tireurs à la chasse du petit gibier.

On sait, en gros, que les meilleurs tireurs ne tuent pas plus de 75 pour 100 des pièces qu'ils tirent dans de bonnes conditions et que les chasseurs ordinaires ne tuent pas plus de 25 pour 100 des pièces qu'ils tirent.

On sait, en outre, qu'il ne manque pas de chasseurs qui ne tuent jamais de gibier et qui ne sont dangereux que pour leurs voisins.

On a vu, page 346, que l'on peut tuer à peu près sûrement une pièce de petit gibier jusqu'à la distance de 35^m, à condition de pointer comme il faut un fusil de calibre suffisant dans lequel on tire du plomb de grosseur appropriée.

Lorsque l'écart entre le centre de la gerbe et le centre du but, à une distance de moins de 35^m, est égal au rayon du cercle qui contient 50 pour 100 des plombs, on ne tue plus qu'une fois sur deux; lorsque cet écart est égal au rayon des 75 pour 100, on ne tue plus qu'une fois sur quatre.

On peut déduire de ce qui précède l'erreur probable du pointage des tireurs qui obtiennent ces divers résultats. Ces erreurs sont données ci-dessous.

NOMBRE MOYEN		ERREURS PROBABLES DU POINTAGE AVEC DES CANONS			
de pièces tuées pour 100 coups tirés.	de coups de fusil tirés pour tuer une pièce.	choko		cylindriques	
		en millimètres de la distance.	en degrés.	en millimètres de la distance.	en degrés.
75	1,33	5,6	0.19'	7,9	0.27'
50	2	8,7	0.30	12,3	0.42
25	4	12,3	0.42	17,4	1.00

Les erreurs de pointage commises dans la tir sur du gibier en mouvement paraissent être en général imputables, pour la plus grande part, à l'imperfection des corrections faites pour tenir compte de la vitesse du but.

3. Tir à balles. — Les écarts imputables au tireur dans le tir à balles sont beaucoup mieux connus que ceux du tir à plombs, parce qu'il a été fait d'innombrables expériences sur ce sujet avec toutes espèces d'armes à feu et dans des conditions très variées, mais bien définies.

Lorsque l'on tire avec des fusils, sur un but bien net, les écarts *imputables aux tireurs* sont sensiblement proportionnels à la distance jusqu'à la portée de 1000^m au moins. Il suffit donc de donner la valeur de ces écarts à la portée de 100^m pour que l'on puisse en déduire facilement les écarts imputables à la même cause à une portée quelconque.

Les meilleurs tireurs exécutant le tir à bras sans appui, sur un but fixe, à distance connue, ont avec les meilleurs fusils rayés des écarts probables de 0^m,08 à la portée de 100^m.

Dans les mêmes conditions la moyenne des tireurs bien exercés ont des écarts probables de 0^m,12 à la portée de 100^m.

Ces deux catégories de tireurs peuvent tirer dans ces conditions de précision 5 à 6 coups par minute avec un fusil à répétition. Une diminution de la vitesse du tir n'augmente pas sensiblement la précision, mais un accroissement de vitesse la diminue très vite et dans les proportions ci-après :

Lorsqu'au lieu de tirer 5 à 6 coups par minute on en tire 11, les écarts sont augmentés de moitié et sont de 0^m,16 pour la moyenne des tireurs exercés. Le temps employé à viser dans ces conditions est d'environ deux secondes.

Lorsque l'on vise sommairement, comme on est souvent forcé de le faire à la chasse, et que le temps total employé à lever le fusil, viser et tirer est réduit à 1^s,8, les écarts probables sont d'environ 0^m,50 à la portée de 100^m (1).

Il ne faut pas que le temps que l'on met à lever le fusil, viser et

(1) Avec cet écart on manque une fois sur deux un homme ou un sanglier à la distance de 35^m.

tirer, descende beaucoup au-dessous de 1^s,8 pour que les écarts probables du tir atteignent 1^m (1).

Tous ces écarts sont ceux que l'on observe avec de bons tireurs moyens nullement émotionnés, tirant sur des buts fixes ou à éclipses, qu'ils s'attendent à voir paraître ou disparaître. Lorsque les tireurs sont agités, essoufflés, ou lorsqu'ils sont peu exercés, les écarts indiqués ci-dessus sont susceptibles d'être notablement plus grands.

Le Tableau ci-après indique le nombre de coups de fusil que devront tirer de bons tireurs moyens, calmes et de pied ferme, pour avoir la probabilité de toucher une fois un but rectangulaire de 0^m,40 de haut et de 0^m,60 de large à la distance de 200^m.

TYPE de fusil.	CALIBRE.	ÉCART PROBABLE VERTICAL				NOMBRE de coups à tirer pour atteindre un but de 0 ^m ,40/0 ^m ,60 la distance étant :	
		du fusil.		personnel au tireur.	dû à l'erreur sur la distance appréciée.	connue et de 200 ^m .	appréciée 200 ^m .
		Réglage.	Précision.				
	mm	cm	cm	cm	cm		
Colt ou Winchester.	10,7	12	17	22	40	5	9
Modèle 1874.....	11,0	12	10	22	27,2	4,2	6
Express.....	11,25	10	10	23	23,6	4,2	5,5
Hollandais.....	6,5	6	5,5	20,8	8,4	3,2	3,3

Les très bons tireurs, tirant avec un fusil Männlicher de 6^{mm},5 aussi bien réglé qu'on peut pratiquement le faire, obtiendront les résultats ci-après sur un même but de 0^m,40/0^m,60.

DISTANCE.	TIR A DISTANCE CONNUE.		TIR A DISTANCE APPRÉCIÉE.	
	Pour 100.	Nombre de coups à tirer pour atteindre un but de 0 ^m ,40/0 ^m ,60.	Pour 100.	Nombre de coups à tirer pour atteindre un but de 0 ^m ,40/0 ^m ,60.
200 ^m	53,1	1,9	48,4	2,1
300	30,1	3,3	20,6	4,9

(1) Avec cet écart, on manque une fois sur deux un cheval à la distance de 35^m et un homme ou un sanglier à la distance de 18^m.

Les renseignements ci-dessus permettront de se faire une idée du degré de probabilité souvent bien faible, des prouesses étonnantes en fait de tir que l'on trouve relatées dans la plupart des écrits sur la chasse, parus tant en France que dans les pays de langue anglaise.

Bien des personnes de bonne foi arrivent à considérer comme normal un résultat qu'elles ont vu se produire une fois par hasard et qui ne pourrait être reproduit qu'exceptionnellement dans une longue série d'essais.

La connaissance des diverses causes d'écart et de leur probabilité met à l'abri de semblables illusions.

4. Différence d'adresse des hommes. — Nous avons relevé les écarts de plusieurs milliers d'hommes dans les opérations de viser, de tirer et d'apprécier les distances à vue. Nous avons constaté ainsi que, lorsque l'on classe ces hommes en catégories d'une adresse déterminée, la loi de répartition du nombre d'hommes dans chaque catégorie est la même pour les opérations de viser, de tirer et d'apprécier les distances.

Pour bien faire comprendre cette loi de répartition, nous l'appliquerons au cas particulier des écarts dans l'opération de pointer un fusil sur un chevalet de pointage.

Un pointeur *parfait* pointerait toujours sur le même point; ses écarts de pointage seraient nuls. *Aucun* homme n'atteint et ne peut atteindre cette perfection.

Les meilleurs pointeurs ont des écarts probables de 20".

L'écart probable réalisé par le plus grand nombre d'hommes est de 40". Cet écart est simplement double de l'écart des hommes les mieux doués.

Les écarts réalisés par 99 pour 100 de ceux qui sont incorporés comme soldats sont inférieurs à 122". L'écart total entre ces derniers et les mieux doués est de 2,55 fois l'écart réalisé par le plus grand nombre.

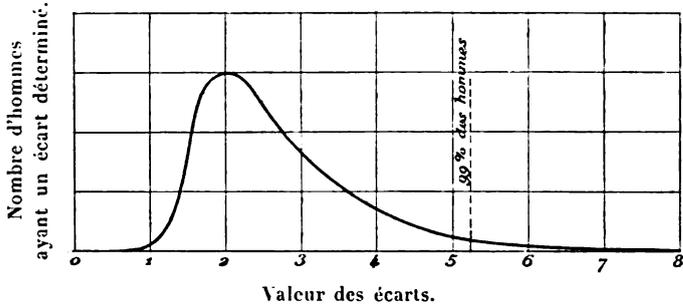
Les écarts réalisés par 1 pour 100 des hommes incorporés comme soldats, et fort probablement aussi par presque tous ceux qui ont été réformés du service militaire pour la vue, peuvent dépasser de beaucoup la limite donnée ci-dessus. On conçoit aisément qu'il doit en être ainsi avec des hommes qui ont trop mau-

vaïse vue pour pouvoir apercevoir distinctement le cran de mire, le guidon et le but.

Cette répartition des hommes suivant leur adresse est représentée par la *fig.* 147.

Cette loi de classement des hommes en catégories de même

Fig. 147.



valeur nous a paru être la même dans toutes les manifestations de l'adresse, de la force et de l'activité humaines que nous avons observées.

Elle est applicable, en particulier, à la vitesse de la marche et de la course, à la force musculaire, et même, nous semble-t-il, aux différentes manifestations de l'intelligence, quoique cette faculté n'ait pas de mesure définie.

Cette loi de répartition qui, à notre connaissance, n'a jamais été énoncée, est utile à connaître dans bien des cas et, en particulier, quand on chasse en compagnie : elle peut se formuler de la façon suivante en langage courant :

Les hommes les mieux doués sont aussi distants de la perfection qu'ils le sont de la majorité de leurs semblables. La maladresse, l'impuissance et la bêtise des hommes les moins bien doués peuvent dépasser toute limite.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.	
RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LES ARMES EN LES MUNITIONS.	
I. — <i>Renseignements sur les fusils</i>	1
1. Calibre des fusils de chasse non rayés.....	1
2. Calibre des fusils rayés.....	4
3. Des canons choke bored.....	4
4. Des canons choke rayés.....	5
5. Chambre du canon.....	6
6. Longueur du canon.....	7
7. Poids des fusils.....	8
II. — <i>Étuis de cartouches à plombs</i>	9
1. Étuis en carton.....	9
2. Étuis métalliques.....	10
3. Tableau des dimensions des douilles de chasse.....	11
4. Contenance maximum en poudre des douilles de 65 ^{mm}	12
5. Amorce.....	12
III. — <i>Poudres</i>	12
1. Poudres noires.....	12
2. Poudres pyroxyliées de chasse.....	13
3. Particularité des poudres pyroxyliées.....	14
4. Poudres BN.....	15
IV. — <i>Bourres</i>	16
1. Rôle de la bourre.....	16
2. Espèces de bourres.....	17
3. Emploi des diverses espèces de bourres.....	18
4. Défaut de fonctionnement des bourres.....	18
5. Rondelle sur le plomb.....	19
V. — <i>Plomb de chasse, chevrotines et balles sphériques</i>	19
1. Fabrication du plomb de chasse.....	19
2. Fabrication des balles et des chevrotines.....	20
3. Numéros des plombs de chasse.....	22
4. Poids et diamètre des projectiles sphériques en plomb.....	24

	Pages.
5. Densité gravimétrique du plomb de chasse.....	26
6. Des chevrotines.....	27
7. Poids normal de la charge de plombs.....	28
8. Déformation des grains de plomb.....	29
9. De l'emplombage.....	31
10. Grappes de plombs.....	33

CHAPITRE II.

PRESSION DES GAZ DE LA POUDRE.

I. — <i>Méthodes de mesure</i>	36
1. But de l'étude.....	36
2. Principes des méthodes de mesure.....	36
3. Unités de mesure.....	37
A. Mesure des pressions par la méthode statique.....	37
1. Appareils à écrasement.....	37
2. Estimation des pressions par les déformations de la cartouche.....	39
B. Mesure des pressions par la méthode dynamique.....	40
4. Mesures des pressions déduites des différences de vitesse dans les canons de différentes longueurs.....	40
5. Vélocimètre.....	42
II. — <i>Valeur des pressions</i>	43
1. Pressions expérimentales des poudres noires dans le calibre 16.....	43
2. Calcul des pressions des poudres noires dans les fusils des divers calibres.....	43
3. Pressions des poudres pyroxyllées françaises.....	48
4. Pressions des poudres pyroxyllées tirant le poids normal de plomb à la vitesse normale de 360 ^m	56
5. Pressions des poudres anglaises.....	57
6. Maximums de pressions pouvant être réalisés avec les cartouches de chasse.....	58
7. Charges dangereuses avec les poudres anglaises et étrangères.....	60
III. — <i>Variations des pressions produites par diverses causes</i>	61
1. Influence du poids de la charge de poudre noire.....	61
2. Influence du poids de la charge de poudre pyroxyllée.....	62
3. Variation de pression produite par une variation du poids du plomb.....	63
4. Variation de la nature et du poids du projectile.....	64
5. Influence du nombre et du forçement des balles.....	65
6. Influence de la grosseur du plomb.....	66
7. Influence du durcissement du plomb.....	66
8. Influence de la nature de la bourre sur les pressions et sur les vitesses.....	66
9. Influence de la température.....	68
10. Influence du tassage.....	68
11. Influence de l'humidité.....	71

TABLE DES MATIÈRES.

381

	Pages-
12. Influence de l'amorce.....	72
13. Influence propre de l'étui.....	73
14. Influence du raccordement et du calibre du canon.....	4
IV. — <i>Développement des pressions dans l'étendue du canon</i>	75
1. Mesure au moyen du vélocimètre.....	75
2. Emplois des canons de différentes longueurs.....	80
3. Emploi des appareils crushers.....	81
V. — <i>Tirs d'épreuve des armes de chasse</i>	85
1. Conditions des épreuves en France.....	85
2. Épreuves des canons.....	86
3. Épreuve des armes finies.....	86
4. Tableau des charges et pressions d'épreuve.....	87
5. Épreuve des fusils de chasse en Angleterre.....	90
VI. — <i>Résistance des canons de fusil</i>	92
1. Résistance des métaux à canons.....	92
2. Épaisseur à donner aux canons pour résister à une pression donnée.....	92
3. Répartition des pressions dans la longueur du canon.....	94
4. Dimensions et résistance des canons de chasse.....	95
5. Épaisseurs qui conviennent aux canons des fusils de chasse....	97
6. Recherches à faire.....	100
7. Procédés pour augmenter la résistance des canons.....	100
VII. — <i>Gonflement et éclatement des canons</i>	101
1. Tir de cartouches trop longues dans des chambres trop courtes.	101
2. Obstruction entre la chambre et la bouche.....	102
3. Gonflement ou éclatement par condensation des ondes gazeuses de la poudre.....	105
4. Dégradation de la partie étranglée des fusils choke.....	107
5. Usure des canons.....	107

CHAPITRE III.

VITESSE DES PROJECTILES.

I. — <i>Mesure des vitesses</i>	109
1. Définitions et notations employées.....	109
2. Méthodes de mesure.....	109
3. Résistance de l'air.....	110
4. Valeur des vitesses restantes.....	111
5. Variation des vitesses restantes suivant le diamètre du projectile.....	115
6. Vitesse individuelle des grains de plomb.....	117
7. Vitesse finale des projectiles.....	121
8. Calcul des vitesses initiales.....	122
9. Observations au sujet du calcul des vitesses initiales en partant des vitesses restantes.....	124

	Pages.
II. — <i>Valeur des vitesses initiales</i>	125
1. Vitesse réglementaire avec les poudres françaises.....	125
2. Vitesses pratiques avec les poudres noires.....	126
3. Vitesses des balles sphériques.....	129
4. Vitesses avec les poudres pyroxyliées.....	129
5. Charges de poudres donnant les $\frac{1}{4}$ de la pression d'épreuve.....	136
6. Charges de poudres anglaises donnant la vitesse normale.....	137
III. — <i>Causes diverses de variation des vitesses initiales</i>	137
A. Variations dues à la poudre.....	137
1. Variations des vitesses d'un lot de poudre à l'autre.....	137
2. Régularité des vitesses des cartouches chargées avec un même poids d'une même poudre.....	138
3. Influence de la température.....	139
4. Influence de l'humidité.....	140
5. Tassage de la poudre.....	141
B. Variations dues à l'étui.....	141
1. Étuis en carton.....	141
2. Étuis métalliques.....	141
3. Influence du sertissage.....	142
4. Influence de la rupture des étuis.....	142
5. Cartouches sectionnées.....	143
C. Influence de l'amorce sur la vitesse.....	143
D. Variation de vitesse due à la bourre.....	146
E. Influence de la charge de plomb.....	147
1. Influence de la grosseur des plombs.....	147
2. Influence du poids total du plomb ou des balles sur la vitesse.....	147
F. Variation de vitesse due au fusil.....	152
1. Influence de la longueur du canon.....	152
2. Vitesse comparative des plombs tirés dans les canons choke et les canons cylindriques.....	156
3. Influence du diamètre de la chambre.....	165
4. Influence du diamètre intérieur du canon.....	165
G. Incertitude des vitesses prévues.....	165

CHAPITRE IV.

DU REcul.

I. — <i>Mesure du recul</i>	167
1. Unité de mesure du recul.....	167
2. Vélocimètre.....	167
3. Mesure de la vitesse du recul par la méthode du fusil suspendu.....	168
4. Relation entre la vitesse du recul et la vitesse initiale.....	171
5. Recul pendant le parcours du projectile dans le canon.....	173

	Pages.
6. Vitesses comparatives du recul des canons choke bored et des canons cylindriques.....	173
7. Valeur du recul dans quelques types d'armes.....	174
II. — <i>Effets du recul sur le tireur</i>	174
1. Valeurs admissibles du recul.....	174
2. Préjugés concernant le recul.....	175

CHAPITRE V.

DISPERSION DU TIR A PLOMB.

I. — <i>Généralités sur la dispersion</i>	179
1. Utilité d'une gerbe ouverte.....	179
2. Forme du groupement.....	180
3. Forme de la gerbe.....	181
II. — <i>Méthodes de mesure de la dispersion du tir à plombs</i>	183
1. Cibles pour le tir à plombs.....	183
2. Unités de mesure de la dispersion du tir à plombs.....	184
3. Écart probable.....	185
4. Rayon du cercle contenant 50 pour 100 des coups.....	189
5. Rayon du cercle contenant une fraction quelconque des coups.....	191
6. Nombre et pour cent des grains contenus dans un cercle de rayon déterminé et constant.....	191
7. Nombre de grains par décimètre carré.....	195
8. Incertitude des mesures de la dispersion.....	196
9. Division des causes de la dispersion du plomb.....	198
III. — <i>Dispersion du plomb de chasse aux différentes distances</i>	199
1. Valeur des écarts.....	199
2. Pour cent et nombre absolu de grains dans des cercles de 0 ^m ,75 et 0 ^m ,762.....	200
IV. — <i>Étude des causes de dispersion du plomb dans les fusils lisses</i> ...	203
A. Influence du fusil.....	203
1. Cause de la dispersion initiale dans les canons cylindriques.....	203
2. Influence d'un étranglement à la bouche du canon sur la dispersion.....	206
3. Influence de la grandeur de l'étranglement sur la dispersion.....	210
4. Influence du calibre sur la dispersion d'un même numéro de plombs de chasse.....	213
5. Variations du diamètre intérieur des divers fusils de même calibre nominal.....	215
6. Raccordement de la chambre et du canon.....	216
7. Influence de la longueur du canon.....	218
8. Influence de l'épaisseur du canon.....	220
9. Influence du métal du canon.....	220

	Pages.
10. Influence des vibrations.....	220
11. Influence de l'état intérieur des canons.....	220
B. Influence des éléments de la cartouche sur la dispersion.....	221
B ₁ . Influence de l'amorce.....	221
B ₂ . Influence de l'étui.....	221
B ₃ . Influence de la poudre.....	222
1. Influence de la pression.....	222
2. Influence de la vitesse.....	223
3. Dispersion comparée des tirs avec les poudres noires et les poudres pyroxyliées.....	224
B ₄ . Influence de la bourre.....	228
B ₅ . Influence du plomb.....	229
1. Influence de la grosseur des grains.....	229
2. Influence du poids du plomb.....	229
3. Plomb pur et plomb durci.....	233
V. — Tir du plomb de chasse dans les armes rayées.....	234
1. Action de la rayure sur le plomb.....	234
2. Applications.....	236
3. Essais de perfectionnements.....	238
VI. — Artifices modifiant la dispersion.....	240
1. But à atteindre.....	240
2. Cartouches rayées et tubes rayés.....	240
3. Croisillons.....	242
4. Bourres faibles, bourres percées.....	243
5. Cartouches sectionnées.....	243
6. Charges grillagées.....	245
7. Autres emballages de la charge.....	245
8. Agglomération des grains de plomb.....	246
9. Substances pulvérulentes.....	247
VII. — Réglage des fusils.....	247
1. Convergence des canons.....	247
2. Angle de mire.....	248
3. Variation du réglage avec la charge de poudre.....	248
4. Vibrations des armes et influence de ces vibrations sur le réglage.....	251
5. Hausse corrigeant le défaut de réglage en hauteur.....	256
6. Courbure du canon.....	257
7. Résumé de l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse...	258

CHAPITRE VI.

TIR A BALLES DES ARMES DE CHASSE.

I. — Genres divers de chasses à tir à balles.....	260
II. — Classification des fusils employés pour la chasse à tir à balles..	260
1. Classification des fusils au point de vue du mode de chargement.....	260

	Pages.
2. Avantages et inconvénients des divers modes de chargement..	261
3. Classification au point de vue de la rayure.....	262
4. Classification au point de vue de la forme des balles.....	262
5. Classification au point de vue du calibre et des vitesses de la balle.....	263
III. — <i>Forme et nature des balles</i>.....	264
1. Classification des balles.....	264
2. Renseignements sommaires sur l'emploi, sur les avantages et les inconvénients des diverses espèces de balles.....	266
IV. — <i>Poudres à employer pour le tir à balles</i>.....	276
1. Balles sphériques.....	276
2. Emploi de la poudre J_0 pour le tir des balles allongées.....	277
3. Poudre BN et autres poudres pyroxyliées pour les tirs des fusils de petit calibre.....	279
V. — <i>Poids et recul des fusils</i>.....	279
1. Recul admissible.....	279
2. Poids des fusils.....	280
3. Recul des fusils à balles de divers types.....	280
VI. — <i>Tension des trajectoires</i>.....	282
1. Utilité de la tension.....	282
2. Influence de la tension sur les effets du tir.....	282
3. Table de tir des balles allongées de tous poids et de tous calibres, tirées dans les fusils rayés.....	283
VII. — <i>Réglage et précision du tir</i>.....	293
1. Réglage du tir.....	294
2. Précision du tir.....	295
VIII. — <i>Renseignements sur le tir à balles des divers types de fusils</i>.....	297
1. Fusils lisses.....	297
a. Tir de la balle sphérique en plomb.....	297
b. Tir à deux balles.....	303
c. Balles allongées tirées dans les fusils lisses.....	303
d. Balles à appendice postérieur.....	304
e. Cartouches rayées Courtier.....	307
f. Fusil à choke rayé (Paradox).....	309
g. Fusil à rayures elliptiques (Lancaster).....	310
2. Fusils rayés de très gros calibres (18 ^{mm} à 27 ^{mm}) à balles sphé- riques ou peu allongées.....	310
3. Cartouches pour fusils rayés de moyen et de petit calibre (8 ^{mm} à 15 ^{mm}).....	311
4. Fusils doubles rayés de moyen calibre.....	313
5. Carabine Colt à répétition.....	315
6. Bock büchse flinte.....	316
7. Fusils de guerre.....	316

CHAPITRE VII.

PUISSANCE ET EFFET DES PROJECTILES.

	Pages.
I. — <i>Portée maximum des projectiles</i>	318
II. — <i>Ricochets et choc des projectiles</i>	319
1. Lois générales.....	319
2. Définitions.....	320
3. Ricochets sur la terre et sur l'eau.....	320
4. Ricochets sur le bois.....	321
5. Danger résultant des ricochets à la chasse.....	322
6. Choc des projectiles sur des obstacles très durs.....	323
III. — <i>Pénétration des projectiles dans le bois et le papier</i>	323
IV. — <i>Puissance meurtrière des projectiles</i>	326
1. Importance vitale des divers organes.....	326
2. Sensibilité des animaux aux blessures.....	327
3. Influence de la puissance individuelle des projectiles.....	328
4. Importance comparative des blessures uniques ou multiples...	328
5. Effets des projectiles sur les diverses parties du corps.....	329
a. Effets sur les parties molles.....	329
b. Effet sur les os.....	331
6. Condition d'action maximum des projectiles.....	333
7. Puissance strictement nécessaire pour produire une plaie pénétrante dans les parties molles des animaux.....	333
8. Puissance nécessaire pour produire des blessures graves et la rupture des os.....	336
9. Puissance meurtrière des balles des différents types de fusils..	339
10. Puissance meurtrière des chevrotines.....	341
11. Choix des armes suivant la nature du gibier.....	341
12. Effets du plomb de chasse sur les petits animaux.....	343
V. — <i>Détermination du calibre et du poids du fusil, du poids et de la vitesse initiale des plombs qui sont les plus convenables pour la chasse du petit gibier</i>	347
1. Éléments dont dépend la puissance du fusil de chasse.....	347
2. Poids du fusil.....	348
3. Recul.....	349
4. Détermination de la vitesse initiale la plus avantageuse....	349
5. Pressions correspondant aux éléments adoptés.....	352
6. Calibres à adopter pour le tir du plomb de chasse.....	353
7. Éléments des fusils d'affût spéciaux à la chasse aux canards.	353
VI. — <i>Perfectionnements possibles des armes de chasse</i>	354
1. Perfectionnements possibles des fusils actuels.....	355
2. Principes pouvant servir à l'établissement des fusils de chasse à grande portée.....	357
3. Fusil mitrailleur.....	358
4. Tir d'obus dans les fusils de chasse.....	360

CHAPITRE VIII.

PRATIQUE DU TIR DE CHASSE.

	Pages.
I. — <i>Corrections de pointage</i>	362
1. Possibilité des corrections de pointage.....	362
2. Cas où la correction de pointage est utile.....	362
3. Durée de trajet.....	363
4. Vitesse du gibier.....	364
5. Correction de pointage pour tenir compte de la vitesse du but.	364
6. Correction de pointage pour tenir compte de l'éloignement du but.....	369
7. Correction de pointage pour tenir compte de l'effet du vent...	371
8. Préjugés relatifs à l'influence de l'eau et des ravins sur les portées.....	371
II. — <i>Écarts personnels des tireurs</i>	373
1. Influence de la nervosité.....	373
2. Tir du plomb de chasse.....	373
3. Tir à balles.....	375
4. Différence d'adresse des hommes.....	377

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TIR
DES
FUSILS DE CHASSE

PAR
LE GÉNÉRAL JOURNÉE

TROISIÈME ÉDITION
ENTIÈREMENT REFONDUE



Seulement les pages plus importantes
Pag-31-109; 162-216; 360-365; 398-411

PARIS
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
55, Quai des Grands-Augustins, 55
Nouveau tirage

—
1949

CHAPITRE V.

PLOMBS ET CHEVROTINES.

23. **Composition.** — Les projectiles sphériques tirés dans les armes portatives doivent avoir la plus grande densité possible, afin de ne pas perdre trop rapidement leur vitesse par le fait de la résistance de l'air. Le plomb est, de tous les métaux communs, celui qui convient le mieux pour faire ces projectiles.

On fait les plombs soit en plomb à peu près pur du commerce, auquel on ajoute un peu d'arsenic pour le rendre plus fluide et pour rendre les plombs plus sphériques, soit en plomb durci dont la composition est indiquée ci-après :

Plombs n° 7 provenant de	Nantes.	Newcastle		
		Chilled shot.	Rottweil.	
Composition pour 100 en	Plomb.....	96,76	98,0	97,6
	Arsenic.....	1,41	Traces	1,61
	Antimoine....	1,05	2,00	0,75
	Fer et cuivre.	»	Traces	»
Densité réelle.....	11,10	11,07	11,05	

Le tir des plombs durcis est plus efficace que celui des plombs mous.

Les chevrotines et les balles sphériques se font soit en plomb pur, soit en plomb durci par 2 à 5 pour 100 d'antimoine.

26. **Fabrication des plombs.** — La grenaille de plomb se fabrique en versant du plomb fondu dans une passoire à petits trous, placée à environ 40^m au-dessus d'un bassin contenant de l'eau. Les gouttes de plomb qui se forment au sortir de la passoire se solidifient partiellement pendant leur chute et finissent de le faire dans l'eau.

Les grains ainsi obtenus ont un diamètre compris entre 1^{mm} et 5^{mm}, 5. Ces grains sont triés avec des tamis dont la perce diffère de l'un à l'autre d'environ 0^{mm}, 25. On obtient ainsi des lots de

plombs dont les diamètres ne diffèrent au total que d'environ $0^{\text{mm}}, 25$. Les grains sont ensuite mis dans des tonnes tournantes avec de la plombagine, afin de les lisser.

27. **Fabrication des chevrotines et des balles sphériques.** — Les chevrotines sont de petites balles sphériques, dont le diamètre est de $5^{\text{mm}}, 5$ à $8^{\text{mm}}, 7$ de diamètre.

Les chevrotines et les balles sphériques sont fabriquées en versant du plomb fondu dans des moules à coquille munis d'une pièce qui forme, puis qui coupe le jet de coulée. Après la coulée, les chevrotines et les balles soignées sont roulées entre deux plateaux en fonte, pour abattre leurs aspérités et ce qui reste de leur jet de coulée. Ce roulage n'améliore pas beaucoup leur sphéricité, et leurs différents diamètres diffèrent encore souvent de $0^{\text{mm}}, 2$.

On peut également faire les chevrotines et les balles sphériques par étampage.

Les plombs, les chevrotines et les balles coulées ont tous, par suite du retrait que subit le plomb en se solidifiant, un léger vide à peu près central qui n'a pas d'influence sensible sur la dispersion de leur tir dans les fusils lisses. Les balles étampées sont sans vide intérieur.

28. **Numérotage des plombs.** — Les plombs des différentes grosseurs sont désignés, depuis au moins deux siècles, par des numéros conventionnels d'autant plus grands que le diamètre et le poids des grains sont plus petits.

La correspondance entre les numéros et les diamètres varie, en France, d'une fabrique à l'autre. Le n° 6, par exemple, a, suivant les fabriques, un diamètre qui varie entre $2^{\text{mm}}, 6$ et $3^{\text{mm}}, 4$, et le nombre des grains contenus dans une charge de 30^{s} varie entre 286 et 129. Ces numéros ne renseignent donc que très mal sur la grosseur et le poids individuel des plombs.

On a adopté depuis 30 ans en Allemagne, sur la demande des syndicats de chasseurs, une échelle métrique pour le numérotage des plombs, dans laquelle un accroissement d'une unité à un numéro correspond à une diminution de $0^{\text{mm}}, 25$ dans le diamètre des plombs. Ainsi, le n° 6 correspond à des plombs de $2^{\text{mm}}, 75$, et le n° 7 à des plombs de $2^{\text{mm}}, 50$.

L'échelle métrique des numéros, des diamètres et des poids des plombs est donnée au Tableau n° 4.

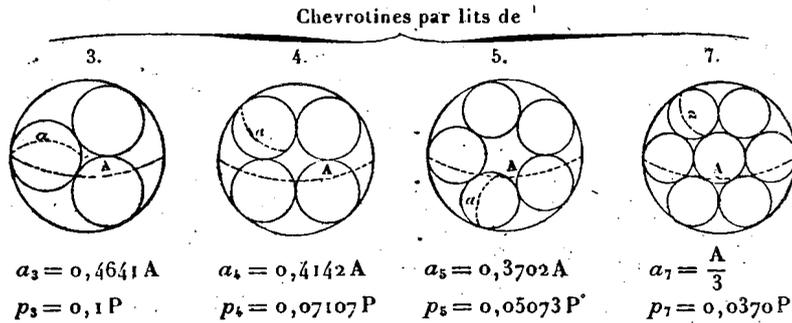
Cette échelle a été ultérieurement adoptée par la plupart des pays de langue germanique. La Chambre syndicale française de l'industrie des armes et munitions a également adopté cette échelle en 1902. Tous les fabricants français de plombs, sauf un, ont adhéré à cette décision; cependant, jusqu'à présent, ils ne s'y sont guère conformés.

Dans ce qui suit, nous ferons exclusivement usage de cette échelle, mais, pour toutes les expériences précises, nous indiquerons le diamètre moyen des plombs employés.

Le diamètre des chevrotines à tirer dans un fusil doit être choisi de telle sorte qu'elles forment des couches ou lits réguliers dans la cartouche. Chaque lit doit être de 3, 4 ou 7 chevrotines. Les lits de 5 ou 6 conviennent mal.

Désignons par a le diamètre de la chevrotine, A le diamètre de l'âme cylindrique, p le poids de la chevrotine, P le poids de la balle sphérique du calibre A .

Fig. 5.



L'échelle métrique des chevrotines adoptée par les armuriers français est donnée au Tableau n° 5.

29. Densité des plombs. — Le plomb pur ou allié à l'antimoine et comprimé de façon à combler les vides intérieurs produits par le retrait du plomb pendant sa solidification a la densité ci-après :

Antimoine (‰).....	0	1	2	3	4	5	6	10
Densité.....	11,36	11,28	11,20	11,13	11,05	10,98	10,91	10,6

La densité des plombs mous commerciaux varie entre 11,25 et 11,37.

Densité des plombs de chasse mesurée par la méthode du flacon.

PLOMBS.		DIAMÈTRE.	NOMBRE d'échantillons mesurés.	DENSITÉ moyenne.	VALEURS EXTRÊMES obtenues pour la densité.
Nature.	Origine.				
Mou.....	France.....	2,2 à 5,3 ^{mm}	11	11,27	11,23 — 11,30
Durci...	id.	2,2 à 2,8	2	11,09	11,01 — 11,17
id.	Newcastle...	3,7 à 7,7	10	11,20	10,94 — 11,28
id.	id.	1,6 à 3,3	10	11,11	11,01 — 11,22

30. Densité gravimétrique. — La densité gravimétrique d'un corps en grains a pour mesure le poids en kilogrammes d'un décimètre cube rempli de ces grains. La densité gravimétrique observée diminue quand les grains sont relativement gros par rapport au volume dans lequel ils sont contenus. Les mesures ci-après de la densité gravimétrique des plombs ont été faites avec une burette divisée, dont le diamètre intérieur était égal à celui des douilles calibre 12.

PLOMBS.		DENSITÉ GRAVIMÉTRIQUE DES PLOMBS			
Numéro.	Diamètre.	Mous.		Durcis.	
		Non tassés.	Tassés.	Non tassés.	Tassés.
11	1,5 ^{mm.}	6,75	6,85	6,51	6,61
9	2,0	6,70	6,80	6,47	6,59
7	2,5	6,64	6,73	6,40	6,55
5	3,0	6,57	6,66	6,32	6,49
3	3,5	6,49	6,57	6,22	6,39
1	4,0	6,40	6,47	6,10	6,27
2/0	4,5	6,29	6,35	5,98	6,15
Chevrotines	5,0	6,15	6,21	5,84	6,01
id.	6,0			5,53	5,70
id.	7,0			5,18	5,35

La densité gravimétrique des corps en grains, plus ou moins réguliers, est en général les 0,54 à 0,58 de leur densité réelle.

Le tassage des plombs moyens augmente leur densité gravimétrique de 2 pour 100.

31. Poids des sphères de plombs en fonction de leur diamètre et de leur densité. — Désignons par :

- p le poids des sphères en grammes ;
- a leur diamètre en centimètres ;
- D leur densité.

On a

$$p = \frac{\pi}{6} a^3 D = 0,5236 a^3 D,$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{1}{\frac{\pi}{6} D} p}.$$

D.	$\frac{\pi}{6} D.$	$\sqrt[3]{\frac{1}{\frac{\pi}{6} D}}$	D.	$\frac{\pi}{6} D.$	$\sqrt[3]{\frac{1}{\frac{\pi}{6} D}}$	D.	$\frac{\pi}{6} D.$	$\sqrt[3]{\frac{1}{\frac{\pi}{6} D}}$
11,36	5,9479	0,5519	11,22	5,8748	0,5542	11,08	5,8015	0,5565
11,34	5,9375	0,5522	11,20	5,8643	0,5545	11,06	5,7911	0,5568
11,32	5,9271	0,5526	11,18	5,8538	0,5548	11,04	5,7807	0,5572
11,30	5,9167	0,5529	11,16	5,8434	0,5552	11,02	5,7700	0,5575
11,28	5,9062	0,5532	11,14	5,8330	0,5555	11,00	5,7595	0,5579
11,26	5,8957	0,5535	11,12	5,8224	0,5559	10,80	5,6550	0,5613
11,24	5,8853	0,5539	11,10	5,8120	0,5562	10,00	5,2360	0,5759

Lorsqu'on a mesuré le diamètre a et le poids p de plombs supposés sphériques, leur densité apparente est

$$D = 1,91 \frac{p}{a^3},$$

unités (grammes, centimètres, ou milligrammes, millimètres); la densité que l'on trouve ainsi pour les plombs durcis est

- 11,18 pour ceux de 3^{mm}, 2 à 7^{mm}, 5 de diamètre;
- 10,91 » » 1^{mm}, 2 à 3^{mm}, 1 »

32. Résistance des plombs à l'écrasement. — Lorsqu'une sphère en plomb se trouve écrasée entre deux plans parallèles, il

se forme deux méplats sur la sphère et nous avons constaté que sa résistance à l'écrasement était proportionnelle à l'aire du méplat.

Lorsque la pression exercée sur une sphère en plomb pur est relativement grande, l'écrasement augmente avec le temps; la vitesse d'écrasement, assez rapide au début, va ensuite en diminuant et elle devient très faible après une minute. L'écrasement est toutefois 2 à 3 fois plus grand après 24 heures qu'après 1 minute.

Le méplat produit sur des balles sphériques de 5^{mm},5 à 20^{mm} de diamètre est circulaire lorsque le plomb est homogène; le méplat produit sur les plombs de 1^{mm},5 à 4^{mm} de diamètre est de forme d'autant plus irrégulière qu'ils sont de moindre diamètre.

Désignons par :

α le diamètre primitif des balles ou des plombs en millimètres;

e l'écrasement en millimètres;

S la surface du méplat en millimètres carrés;

\mathcal{P} la pression en kilogrammes exercée sur la sphère.

Lorsque l'écrasement est compris entre 0,18 et 0,32 du diamètre, on a

$$S = 1,26 \alpha e.$$

La résistance du plomb en kg : mm² au bout d'une minute est :

$$\begin{aligned} \frac{\mathcal{P}}{S} &= 2 \text{ kg : mm}^2 \text{ pour le plomb très pur,} \\ &= 3,0 \text{ à } 4,5 \text{ pour les plombs mous,} \\ &= 7 \text{ à } 8 \text{ pour les gros plombs durcis français,} \\ &= 8 \text{ à } 12 \text{ pour les petits plombs durcis français,} \\ &= 6 \text{ pour les plombs n}^\circ 6 \text{ chilled shot de Newcastle.} \end{aligned}$$

33. Mesure du poids et du diamètre moyen des plombs. — Le poids moyen des plombs se détermine en pesant une ou plusieurs séries d'un grand nombre de plombs. On obtient rapidement et exactement des séries d'un même nombre de plombs au moyen d'une palette dite *compte-plombs*. Celle-ci est constituée par une plaque de laiton creusée de cavités hémisphériques dans chacune desquelles ne peut se loger qu'un plomb. On garnit chacune de ces cavités d'un plomb en plongeant la palette dans une caisse allongée remplie de plombs.

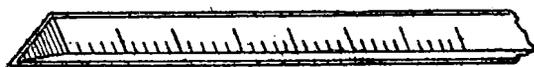
Le diamètre individuel des plombs peut se mesurer avec un palmer, sur la vis duquel on doit agir avec beaucoup de douceur

pour ne pas écraser le plomb. Quand on se sert d'un palmer à *friction* assez douce, la pression produite par la vis actionnée par cette friction suffit pour écraser de plusieurs centièmes de millimètre les plombs de 1^{mm},5 à 3^{mm} de diamètre.

La méthode à employer, pour obtenir rapidement le diamètre moyen des plombs, consiste à mettre une file de 50 à 100 plombs jointifs dans une gouttière dièdre en zinc ou en laiton, dont une troisième face sert de butée à la file des plombs.

On lit la longueur de la colonne de plombs sur la division en millimètres qui se trouve gravée ou collée à l'intérieur de la gouttière. A défaut de gouttière métallique, on peut en faire une avec du papier quadrillé au millimètre.

Fig. 6.



34. Défauts de sphéricité des plombs. — Les plombs sont rarement bien sphériques, ils ont presque tous une forme plus ou moins ovoïde; la différence entre le plus grand et le plus petit de leurs axes atteint assez souvent le $\frac{1}{10}$ du diamètre des plombs de 2^{mm} à 3^{mm},5 : cette différence peut atteindre 0^{mm},5 et a une valeur extrême de 0^{mm},75 pour les plombs de 4^{mm},5 ou numéro 00.

Il y a peu d'intérêt à avoir des plombs parfaitement sphériques en raison des déformations que la majorité d'entre eux subissent dans le canon au moment du tir.

35. Variations du poids et du diamètre des plombs. — Le poids et le diamètre *moyen* des plombs d'un numéro, pris dans des sacs différents provenant d'une fabrique, ont souvent des différences sensibles. Il n'est pas rare que les diamètres moyens diffèrent de 0^{mm},2.

Les plombs pris dans un sac des bonnes marques ont des différences de poids et de diamètre dont nous donnerons plus loin les valeurs.

Y Désignons par :

C le poids des charges de N plombs;
 p le poids moyen d'un plomb;

E l'écart probable du poids des plombs pesés un à un ;
 E_c l'écart probable du poids des charges C ;
 α le diamètre moyen d'un plomb ;
 e l'écart probable de leurs diamètres ;
 e_m l'écart probable de la longueur l des files de m plombs ;
 η l'écart probable du nombre des plombs de charges pesées à moins d'un plomb près.

On a les relations ci-après entre ces divers éléments :

$$\begin{aligned} p &= \frac{C}{N} \pm \frac{E}{\sqrt{N}} = \frac{C \pm E_c}{N}, \\ E &= \frac{E_c}{\sqrt{N}}, \\ \alpha &= \frac{l}{m} \pm \frac{e}{\sqrt{m}} = \frac{l \pm e_m}{m}, \\ e &= \frac{e_m}{\sqrt{m}}, \\ N &= \frac{C \pm E \sqrt{N}}{p} = \frac{C \pm E_c}{p}, \\ \eta &= \frac{E \sqrt{N}}{p} = \frac{E_c}{p}, \\ E &= 17,6 \alpha^2 e, \\ \frac{E}{p} &= 3 \frac{e}{\alpha}. \end{aligned}$$

Le nombre *i* de plombs de diamètre *a*, contenus dans une couche de diamètre A, est à peu près

$$i = 0,75 \left(\frac{A}{a} \right)^2.$$

Valeurs expérimentales des écarts probables et totaux du poids et du diamètre des plombs pris dans un sac des bonnes marques.

Diamètre <i>a</i> (mm)	1,64	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Poids <i>p</i> (g)	0,0262	0,0463	0,0904	0,157	0,250	0,374	0,534
Ecart probable de <i>p</i> , E.... (g)	0,0038	0,0038	0,006	0,008	0,011	0,016	0,021
Ecart total de <i>p</i> , E _t (g)	0,021	0,021	0,033	0,043	0,06	0,08	0,10
Ecart total relatif, $\frac{E_t}{p}$ (%)	80	45	36	27	24	21	20
Ecart probable de <i>a</i> , e.... (mm)	0,054	0,06	0,06	0,06	0,07	0,10	0,12
Ecart total de <i>a</i> , e _t (mm)	0,70	0,30	0,28	0,30	0,35	0,50	0,70
Ecart total relatif, $\frac{e_t}{a}$ (%)	43	15	11	10	10	13	16

On voit ainsi que les poids et les diamètres des plombs des diamètres inférieurs 2^{mm},2 sont très irréguliers et que les plombs relativement les plus réguliers sont ceux dont le diamètre est compris entre 2^{mm},5 et 3^{mm},5.

Variation du nombre N de plombs contenus dans des charges de 32^s pesées à moins d'un plomb près.

Diamètre a (mm)	1,6 $\frac{1}{2}$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Nombre total N.....	1221	692	354	204	128	86	60
Ecart probable de N, η	5,1	2,2	1,3	0,71	0,51	0,38	0,31
Ecart total de N.....	25	10	7	4	3	2	2

Au concours de fusils de tir aux pigeons fait à Monaco en 1913, les fabriques de plombs de Nantes et de Rothweil ont présenté des échantillons de plombs durcis, aussi réguliers que possible et qui ont fourni les résultats ci-après :

PROVENANCE.	NUMÉRO.	POIDS P .	DIAMÈTRE a .	RÉSISTANCE à l'écrasement.	DENSITÉ.	ÉCARTS PROBABLES			
						de p .		de a .	
						E.	$\frac{E}{P}$.	e .	$\frac{e}{a}$.
		(1)	(2)	(3)		mg		mm	
Nantes.....	6	0,1208	2,736	10,8	11,062	2,62	0,0216	0,0248	0,0091
	7	0,0946	2,514	8,6	11,066	1,99	0,0210	0,0263	0,0105
	8	0,0654	2,237	8,4	11,049	2,34	0,0357	0,0212	0,0095
Rothweil....	9	0,0494	2,032	9,4	11,096	1,17	0,0237	0,0199	0,0098
	7	0,0927	2,515	9,5	11,053	2,44	0,0265	0,0336	0,0142

(1) Séries de 40 plombs pesés un à un.
 (2) Séries de 40 plombs mesurés un à un au palmer.
 (3) Résultat des mesures de l'écrasement entre deux plans parallèles par des pressions maintenues pendant une minute.

36. Poids normal de la charge de plombs. — La pratique a amené les chasseurs expérimentés à tirer dans les fusils de chasse des différents calibres et de poids normal des charges de plombs dont le poids est voisin de celui de la balle sphérique en plomb du calibre du fusil.

\mathfrak{X} étant le calibre nominal du fusil, la charge C de plombs est donc voisine de

$$C = \frac{453}{\mathfrak{X}}.$$

La charge normale de plombs a une hauteur 12 pour 100 plus grande que le diamètre de l'âme.

Avec les bonnes poudres de chasse, on n'augmente généralement pas la dispersion des plombs en tirant un poids de plombs 15 pour 100 moindre que celui de la balle sphérique, mais on diminue d'autant le nombre de plombs qui toucheront. Il est assez habituel de ne tirer dans les fusils calibre 12 de poids moyen que 32^s de plombs alors que le poids de la balle sphérique est de 37^s,2. Les chasseurs ont adopté cette charge parce que les fusils calibre 12 de poids moyen sont ceux qui sont relativement les plus légers pour leur calibre (n° 8) et parce que le tir d'une charge de 37^s,2 à la vitesse normale de 375^m y donnerait lieu à un recul pénible.

Si l'on tirait un poids de plombs 15 pour 100 supérieur à celui de la balle sphérique, il faudrait augmenter de 10 pour 100 la charge de poudre pour obtenir la vitesse normale. Dans ces conditions, on aurait une pression de plus de 700^{kg} : cm² qui est excessive pour le tir des fusils à plombs.

Les charges normales de poudre convenable et de plombs, avec le bourrage utile, trouvent place dans les douilles longues de 65^{mm} des calibres 12 à 32.

Lorsqu'on mesure les charges de poudre et de plombs avec une charge à main, on a les variations ci-après dans le poids des charges :

Écart du poids des charges (pour 100).		

	Écart probable.	Écart total.
Poudres	{ T, T ^{bis} , BF.....	1,4 6,5
	{ noires, M, J.....	0,7 3,0
	{ S.....	3,0 15
Plombs n° 4 à 12.....	1,0	5,0



DEUXIÈME SECTION.

FUSILS ET CARTOUCHES A BALLE.

CHAPITRE VI.

FUSILS.

37. Fusils lisses. — Tous les fusils à plombs peuvent être employés à tirer à balle, mais ils ne sont utilisables ainsi à la chasse que jusqu'à la distance d'environ 50^m, en raison du défaut de précision et de réglage de ce tir.

38. Fusils rayés. — Les fusils rayés employés à la chasse peuvent se classer de la façon suivante :

a. Carabinés de petite puissance pour le tir des corbeaux et des lapins. Leurs calibres varient de 5^{mm},6 à 8^{mm},5.

b. Fusils de moyenne puissance pour le tir des animaux pesant de 20^{kg} à 200^{kg} (chevreuil, sanglier, etc.). Leurs calibres varient de 8^{mm} à 11^{mm}.

c. Fusils de grande puissance pour le tir des animaux dangereux pesant de 100^{kg} à 1000^{kg} (lion, buffle, etc.). Leurs calibres varient de 10^{mm} à 12^{mm}.

d. Fusils de puissance maximum pour le tir des plus gros animaux pesant de 1000^{kg} à 6000^{kg} (rhinocéros, hippopotame, éléphant). Leurs calibres actuels varient de 11^{mm},5 à 12^{mm},8.

39. Organisation extérieure. — *a.* Les carabines de petite puissance sont à un seul canon et à culasse mobile : les carabines soignées ont généralement la fermeture Martiny; celles vendues bon marché ne sont fermées que par le chien, avec un volet ou un étrier comme extracteur.

Toutes ces balles ont une portée efficace qui n'est pas même la moitié de celle d'un coup de fusil de chasse lisse à chevrotines.

Toutes ces balles tirées dans des fusils rayés dispersent leurs morceaux, au sortir du canon, dans un cône dont l'ouverture varie de 10 à 20 pour 100 de la portée, suivant le pas de la rayure.



DEUXIÈME PARTIE.

MÉTHODES ET INSTRUMENTS DE MESURE, DES VITESSES, DES PRESSIONS ET DU RECOL.

CHAPITRE I.

MÉTHODE DE MESURE DES VITESSES.

36. Définitions. — Lorsque des plombs ou une balle sont tirés dans un canon de fusil avec une assez forte charge de poudre, ils prennent, dès que la poudre explose, une vitesse rapidement croissante qui augmente encore un peu après leur sortie du canon, en raison de l'action des gaz qui sortent après eux. Cette vitesse décroît ensuite en raison de la résistance de l'air.

On a constaté au Japon, en cinématographiant une balle tirée dans un fusil du calibre de $6^{\text{mm}},5$, que sa vitesse qui était de $671^{\text{m}},8$ au sortir du canon, atteignait son maximum à $1^{\text{m}},6$ de la bouche du canon et qu'elle était alors de $676^{\text{m}},2$. L'accroissement de vitesse après la sortie hors du canon était donc de $4^{\text{m}},4$, soit $0,65$ pour 100 de cette vitesse.

Par une autre méthode, on a trouvé que la vitesse de la balle D (640^{m}), tirée dans la mitrailleuse de Puteaux, s'était accrue de 7^{m} , soit $1,1$ pour 100, par suite de la poussée des gaz après la sortie hors du canon.

On peut admettre que le maximum de vitesse des plombs tirés aux charges ordinaires se produit à environ $1^{\text{m}},5$ de la bouche du canon et que l'accroissement de la vitesse normale, après la sortie, est de 4^{m} , soit $1,1$ pour 100.

Dans un but de simplification, on admet, dans les calculs de balistique, que le maximum de vitesse se produit à la bouche et que la résistance de l'air s'exerce en plein à partir de ce moment.

La vitesse répondant à cette supposition s'appelle la *vitesse initiale* et se désigne par V_0 . La vitesse restante à une distance telle que 30^m se désigne par V_{30} .

La vitesse initiale est utile à connaître parce qu'elle constitue une mesure de la puissance de la cartouche dans le fusil employé : cette vitesse sert de base à tous les calculs de balistique intérieure et extérieure.

La vitesse restante d'un projectile aux différentes distances et son poids sont les éléments de la mesure de son énergie cinétique et de sa puissance meurtrière à ces distances.

37. Méthode de mesure et de calcul des vitesses restantes. — La vitesse restante V des projectiles de toute nature se déduit habituellement de la durée t de leur trajet sur un parcours restreint x , par la formule

$$(1) \quad V = \frac{x}{t}$$

et l'on admet que V représente la vitesse instantanée du projectile au milieu du parcours x .

Le parcours x sur lequel on mesure habituellement, en France, la vitesse des plombs est de 30^m et a son origine à la bouche du fusil. On obtient donc ainsi la vitesse V_{15} . Avec les plombs de grosseur moyenne et les charges ordinaires de poudre, la vitesse V_{15} est inférieure d'environ 100^m à la vitesse initiale. En plaçant l'origine du parcours à 40^m et sa fin à 60^m, on obtiendrait V_{50} .

La vitesse des balles se mesure habituellement sur les 50 premiers mètres de leur parcours, lorsque cette vitesse est supérieure à 350^m ; elle se mesure sur 20^m ou 30^m, lorsqu'elle est comprise entre 150^m et 350^m.

Quand le chronographe employé ne peut donner qu'une seule durée de trajet par coup et lorsqu'on veut mesurer la vitesse restante à plusieurs distances, on mesure successivement la vitesse à ces distances. On n'a pas ainsi une très grande régularité dans ces vitesses, parce que la vitesse initiale et souvent aussi la forme et le poids des projectiles sont quelque peu variables d'un coup à l'autre. Il est préférable d'employer, pour faire cette mesure, un genre de chronographe capable d'enregistrer, pour chacun des coups tirés, la durée de trajet correspondant à plusieurs distances.

C'est cette dernière méthode que nous avons employée pour obtenir la vitesse des plombs ou des balles aux différentes distances et pour en déduire la résistance de l'air sur ces projectiles.

Soient t_1, t_2, t_3, t_4 les durées de trajet des distances x_1, x_2, x_3, x_4 , on formera et l'on résoudra les quatre équations du type

$$(2) \quad t = ax + bx^2 + cx^3 + dx^4,$$

de façon à déterminer les coefficients a, b, c et d .

Quand les distances x sont $10^m, 20^m, 30^m$ et 40^m , on formera le Tableau ci-après :

x .	t .	DIFFÉRENCES.			
		Δt .	$\Delta^2 t$.	$\Delta^3 t$.	$\Delta^4 t$.
0.....	0				
10.....	t_1	Δ_0	Δ_0^2	Δ_0^3	
20.....	t_2	Δ_1	Δ_1^2	Δ_1^3	Δ_1^4
30.....	t_3	Δ_2	Δ_2^2		
40.....	t_4	Δ_3			

On en déduira facilement les coefficients a, b, c, d par les formules ci-après :

$$(3) \quad \begin{cases} a = \Delta_0 - \frac{\Delta_0^2}{2} + \frac{\Delta_0^3}{3} - \frac{\Delta_0^4}{4}, \\ b = \frac{\Delta_0^2}{2} - \frac{\Delta_0^3}{2} + \frac{11}{24} \Delta_0^4, \\ c = \frac{\Delta_0^3}{6} - \frac{\Delta_0^4}{4}, \\ d = \frac{\Delta_0^4}{24}. \end{cases}$$

on peut alors calculer la vitesse V_x à une distance quelconque, ne dépassant pas x_4 , par la formule

$$(4) \quad V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{a + 2bx + 3cx^2 + 4dx^3}$$

que l'on déduit des formules (4) ou (8). La différence entre ces vitesses est :

$$(10) \quad V_x - V'_x = \frac{\Delta^3}{6} x^2 V_x V'_x.$$

En moyenne, $\Delta^3 = 1,08$ (unités de m et m sec.). Dans ces conditions avec

$$V_0 = 380^m, \quad a = 2^{mm}, 68, \quad c = \frac{\Delta a^2}{p} = 0,07485,$$

	V_5	V_{10}	V_{15}
V_x	351 ^m	318 ^m	288 ^m
$V_x - V'_x$	0 ^m , 55	1 ^m , 8	3 ^m , 3

Les plombs dont on mesure habituellement la vitesse sont ceux de la partie antérieure et centrale de la gerbe ; ces plombs ont plus de vitesse que ceux qui sont sur les bords extérieurs de la gerbe. Pour obtenir des durées de trajet comparables et une série correcte des vitesses des plombs, il est indispensable que chacune des trois ou quatre plaques, sur lesquelles les plombs vont frapper, reçoive à peu près la même fraction de la partie centrale de la gerbe de ces plombs. On y arrive en disposant ces plaques en échelons, en hauteur et en largeur et en dirigeant le tir sur le point de croisement de leurs silhouettes.

§8. Vitesse initiale déduite de la vitesse maximum du recul. —

Nous verrons plus loin comment on peut mesurer la vitesse maximum du recul.

Désignons par :

P le poids du fusil ou du canon qui recule ;

p' le poids du projectile et des bourres ;

ω' le poids de la poudre et de la charge d'amorce ;

v la vitesse maximum du recul ;

V_0 la vitesse initiale du projectile ;

θ un coefficient dont les valeurs sont données dans les Tableaux nos 10, 11 et 12, on aura

$$(1) \quad V_0 = \frac{Pv}{p' + \theta\omega'}$$

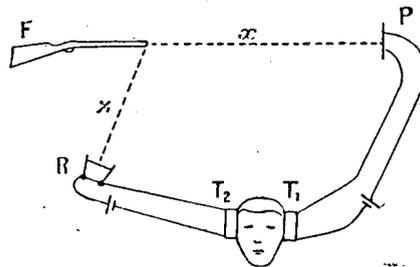
Lorsqu'on a le matériel nécessaire pour mesurer exactement la vitesse du recul, cette méthode est celle qui donne les résultats les

plus sûrs pour la vitesse initiale des plombs et des balles. Pour obtenir ainsi de bons résultats, il faut évidemment que le poids du canon, de la poudre et du projectile soient exactement connus.

59. Méthode Planiol de mesure des vitesses restantes. — Le lieutenant Planiol, de la 22^e Section de repérage par le son, a imaginé une méthode de mesure de la vitesse des projectiles, jusqu'à présent inédite et qui a été essayée pour la première fois et avec succès, en 1919, à la Société française des munitions. Cette méthode ne nécessite que l'emploi d'instruments moins coûteux et plus communs que les chronographes électriques; elle est basée sur les observations physiologiques ci-après.

Lorsqu'on entend dans les deux oreilles deux bruits différents, on ne peut les distinguer l'un de l'autre que quand ils arrivent successivement aux oreilles après un intervalle supérieur à 0,03. Lorsqu'on reçoit ces bruits dans deux téléphones appliqués aux oreilles, on peut apprécier, à moins de 0,0001 près, s'ils sont simultanés ou séparés par un intervalle.

Fig. 11. 4



Soit un fusil F dont le projectile va frapper une plaque P munie d'organes qui interrompent un courant électrique au moment du choc. Soit encore un résonateur R qui interrompt également un courant électrique, quand il est atteint par l'onde sphérique émanée de la bouche du fusil au moment où les gaz de la poudre en sortent : le résonateur est sur le côté du fusil; il ne doit pas être en avant, quand la vitesse dépasse 300^m.

On établit les deux circuits électriques :

- a. Téléphone T₁, P, accumulateur de 2 volts;
- b. Téléphone T₂, R, accumulateur de 2 volts.

Soient :

- x la distance du fusil F à la plaque P ;
- z la distance du fusil F au résonateur R ;
- V la vitesse moyenne du projectile sur le parcours x ;
- S la vitesse du son sur le parcours z ;
- t_1 la durée de trajet du projectile sur le parcours x ;
- t_2 la durée de trajet du son sur le parcours z ;

on a

$$t_1 = \frac{x}{V} \quad \text{et} \quad t_2 = \frac{z}{S}.$$

Si, après un premier coup tiré, on constate dans les téléphones que t_1 est plus petit que t_2 , on diminuera la distance z et par suite t_2 . En opérant par encadrement, comme dans les réglages de tir en portée, on trouvera une distance z , telle qu'il y ait autant de coups où t_1 est plus petit que t_2 , que de coups où t_1 est plus grand que t_2 . Dans ces conditions, la distance z est réglée et l'on a

$$V = \frac{x}{t} = \frac{xS}{z}.$$

Connaissant la vitesse du son⁽¹⁾, il suffira de mesurer les distances z et x pour obtenir la vitesse moyenne V des projectiles avec une approximation égale à celle des bons chronographes électriques.

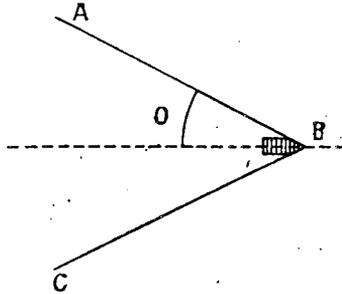
60. Méthode photographique.—Lorsqu'un projectile a une vitesse supérieure à celle du son dans l'air, soit 346^m.2 à la température de 15°, son avant produit dans l'air une onde qu'il est possible de photographier en tirant dans une chambre noire et en faisant couper par le projectile un circuit électrique dont la rupture produit une étincelle éclairant le projectile et ses ondes. Avec des dispositions appropriées, cette étincelle peut avoir une durée inférieure à $\frac{1}{1000000}$ de seconde et peut donner l'image du projectile et de son onde sans flou sensible, même lorsque la vitesse est de 800^m. Il existe actuellement plusieurs méthodes pour rendre distinctes les ondes condensées et pour en obtenir des photographies nettes et aussi des cinématographies.

(1) A la température θ , on a $S = 330,9 + 0,626\theta$ m : sec.

Désignons par O l'angle avec la trajectoire de l'onde antérieure formée dans l'air par le projectile dont la vitesse est V et désignons par S la vitesse du son dans l'air, on a

$$V = \frac{S}{\sin O}.$$

Fig. 12.



Cette méthode de mesure des vitesses peut fournir des résultats très sûrs avec les balles, mais la difficulté de son emploi la limite à des recherches exceptionnelles : elle ne peut être que fort peu appliquée à la mesure de la vitesse des plombs parce que les ondes faites par les divers plombs se brouillent ; de plus, la vitesse des plombs devient inférieure à celle du son à partir de la distance de 6^m à 8^m.

CHAPITRE II.

INSTRUMENTS DE MESURE DES DURÉES DE TRAJET ET DES VITESSES.

61. Chronographe Leboulengé. — Le chronographe Leboulengé est actuellement l'instrument le plus employé pour obtenir la vitesse des projectiles.

Le modèle le plus employé en France est le Leboulengé modifié par Breger (*fig.* 13).

Le chronographe Leboulengé est organisé pour mesurer de courtes durées de trajet des projectiles, d'où l'on déduit leur vitesse comme il a été indiqué n° 57. Les durées mesurées avec le Leboulengé n'ont pas de limite inférieure; leur maximum est de 0^s, 2 (1). Quand on veut mesurer la vitesse des plombs ou d'une balle à une faible distance de la bouche, le commencement de la durée est signalé par la rupture du courant électrique du chronographe, passant dans un fil de cuivre tendu devant la bouche du canon et qui est brisé par le projectile sortant du canon. A la fin du parcours, les plombs ou la balle frappent sur une plaque d'acier qui est disposée pour produire la rupture du deuxième courant du chronographe.

Nous allons donner quelques indications sur l'organisation du matériel particulier qui convient aux mesures de vitesses des plombs et des balles.

Le fil de cuivre, tendu devant la bouche, doit avoir environ

(1) On trouvera, dans notre Ouvrage *sur l'Expérimentation des fusils de classe*, la théorie de ce chronographe et des détails pour son organisation dans les tirs à plombs.

On trouvera la théorie de ce chronographe et son organisation pour les tirs à balles dans :

La Notice sur le chronographe Leboulengé, par LEBOULENGÉ;

La Notice sur le chronographe Leboulengé-Breger publiée par DOIGNON, constructeur de cet instrument;

L'Ouvrage *Mesure des vitesses*, par CHARBONNIER et GALY-ACHÉ.

variation ΔV_0 de V_0 correspondant à une différence de 1^m dans la longueur du canon,

$$\Delta V_0 = \frac{\Delta^2 N}{100 \Delta}.$$

Des exemples des résultats ainsi obtenus vont être donnés au n° 73.

TROISIÈME PARTIE.

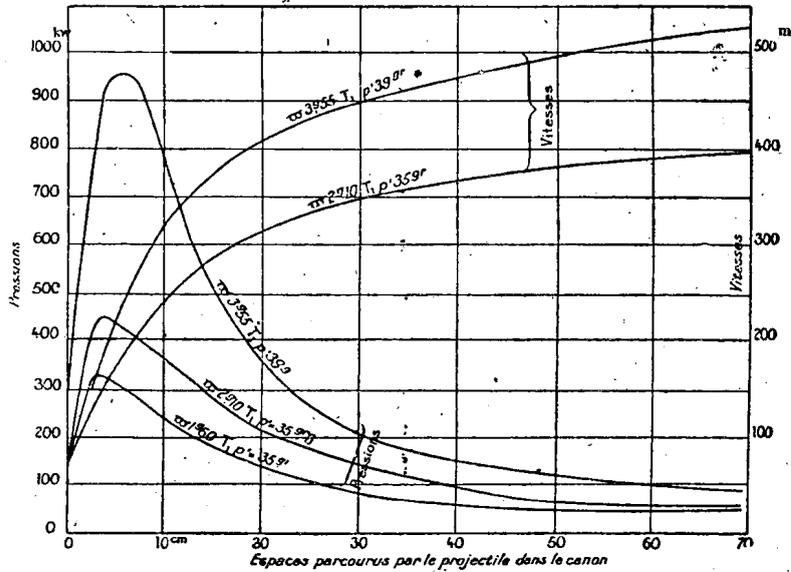
BALISTIQUE INTÉRIEURE.

CHAPITRE I.

VITESSES ET PRESSIONS SUCCESSIVES DANS LE CANON.

73. Balistique pendant le parcours des plombs dans le canon.
 Quand on tire des canons des calibres 4 à 28, longs de 38 cali-

Fig. 27



Vitesses et pressions successives dans un canon calibre 12.

bres, avec des poudres de chasse noires ou pyroxyliées et un projectile du poids de la balle sphérique, on a en moyenne :

Pression maximum (en kg)	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	2000
Pression à la bouche	30	34	38	43	53	63	73	87	110

NOTATIONS DU N° 72 ET DE LA PAGE XI.

CANON.			POUDRE.		Plombs et bourres p'. V.	PRESSIONS.						AVANCE du projec- tile au moment du maximum de pression.	DURÉE de parcours dans le canon.	ΔV_0 pour $\Delta t = 1''$		
Calibre.	A.	C.	Type.	gr.		Maximum.		Distance à la culasse.								
						Crusher.	Vélocim.	10 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	Bouche.					
4	23,46 mm	800 mm	T ₁	7,25	85,0	491 ^m	878 ^{kg}	1000 ^{kg}	930	480	310	75	85 ^{mm}	0,0026	0,73	
			T ₁	5,2	83,5	375	530	677	305	195	155	45	33	0,0030	0,65	
			M.....	5,9	83,5	356	629	750	300	165	105	42	27	0,0030	0,70	
			J ₂	7,5	83,5	375	508	697	300	215	160	50	19	0,0030	0,82	
			Ordin. 3 ou forte 2.	12,8	83,0	378	600	671	300	210	155	60	22	0,0028	0,70	
12	18,45	700	T (AT).....	2,30	35,0	377	329	360	290	195	135	47	38	0,0030	0,70	
			T ₁	2,15	35,3	392	397	532	310	182	112	40	25	0,0024	0,56	
			T ₁	3,55	38,5	518	940	989	800	460	260	100	37	0,0017	0,77	
			Balistine de chasse.	1,75	35,0	381		395					37	27	0,0034	0,71
			id.	3,50	35,6	650	1505	1497					71	31	0,0019	0,80
			T ₁ (Long feu)	3,20	17,1	280		85					72	173	0,0133	2,4
28	14,00	690	T ₁	1,20	19,5	398	460	660	350	190	125		33	0,0024		
			T ₁	2,10	20,0	557	919	1007	940	460	240	65	55	0,0018	0,84	

S'il était possible de faire une poudre donnant une pression constante pendant le parcours du projectile dans le canon, on obtiendrait une même vitesse initiale avec une pression constante beaucoup moindre que la pression maximum qui est atteinte avec les poudres actuelles.

En désignant par P_c cette pression constante et en prenant pour les autres éléments les notations du n° 72, on aurait

$$P_c = \frac{(p' + 0,75 \varpi') V_0^2}{2 \times 9,81 \times s \times u_b}$$

en appliquant cette formule au tir normal d'un canon calibre 12 ($s = 2\text{cm}^2$, 688 , $u_b = 0^m, 70$, $V_0 = 375^m$), on aurait

$$P_c = (p' + 0,75 \varpi') 3810, \quad (p' \text{ et } \varpi' \text{ en } k_g)$$

qui donnerait ce qui suit dans les tirs à plombs, avec diversés poudres :

POUDRE.	DE LOT.	ϖ .	p' .	PRESSION		$\frac{P_M}{P_c}$
				constante P_c .	maximum P_M .	
		g	g	kg : cm ²	kg : cm ²	
T ₁	lent	2,30	35,0	139,8	315	2,25
T ₁	vif	2,03	id.	140,0	430	3,07
T ₁	moyen	2,30	39,5	157,2	470	2,99
J ₁	id.	4,48	id.	163,4	440	2,69
J ₂	id.	4,03	id.	162,1	507	3,13
Ordinaire 0.	id.	6,58	id.	169,4	365	2,15
Extra fine..	id.	5,00	id.	164,9	570	3,46
Balistine 2..	id.	2,44	id.	157,6	370	2,35
E. F.....	id.	1,82	id.	155,7	1370	8,8

On voit ainsi que, pour les bonnes poudres de chasse, le rapport $\frac{P_M}{P_c}$ est compris entre 2,2 et 3,2.

Le rendement de la poudre T ou rapport du travail effectué au travail théoriquement possible est de 0,27 dans les tirs à plombs à la vitesse de 375^m.

CHAPITRE III.

RECU.

A. — EFFETS MÉCANIQUES DU RECU.

79. **Mesure de l'effet mécanique du recul.** — Désignons par :

P le poids du fusil ;
 c la vitesse du recul ;
 $g = 9^m,81$ la gravité.

L'énergie cinétique du recul est $\frac{P c^2}{2g}$.

Sa quantité de mouvement est $\frac{P}{g} c$.

Le recul des fusils, non automatiques, de tous calibres, tirant des plombs ou des balles, le recul des pistolets et celui des pièces d'artillerie se produit suivant les mêmes lois.

80. **Début du recul.** — Les fusils, dont le chien et le percuteur ont un mouvement rectiligne, reculent d'une façon appréciable lorsque le chien se porte en avant pour faire partir le coup. Ce recul s'arrête en même temps que le chien.

Le recul dû au tir commence dès que le projectile se porte en avant.

La vitesse de ce recul croît dans le même rapport que celle du projectile ; aux charges ordinaires ou plus fortes, elle s'accélère pendant tout le parcours du projectile dans le canon.

81. **Durée du recul accéléré.** — La vitesse de recul d'un fusil ou d'un canon libre croît encore pendant quelque temps après que le projectile est sorti du canon, en raison de la détente des gaz de la poudre.

Avec un canon calibre 12, ayant une longueur de 70^{cm} et qui recule librement, le temps qui s'écoule, entre le début du mouve-

ment de recul et le moment où la vitesse du recul atteint son maximum, est

0,016	quand	$V_0 = 150^m$
0,010	»	350
0,008	»	500
0,006	»	700

L'accroissement relatif de la vitesse du recul, après la sortie et jusqu'au maximum de cette vitesse, est :

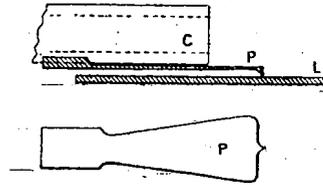
CANON.			V_0	ACCROISSEMENT relatif de la vitesse du recul après la sortie des gaz de la poudre.
Calibre.	Longueur			
	en centimètres.	en calibres.		
4.....	80	34	m 200	pour 100 11
			300	13,5
			400	16,5
			500	20
			600	23
12.....	70	38	200	7,5
			300	9
			400	10,5
			500	11,5
28.....	70	50	500	11,5
			600	13,5
8 ^{mm} (mod. 1886)	80	92	700	13,5
			720	15

82. Recul au moment de la sortie des gaz de la poudre. — On a besoin, dans certaines recherches balistiques, de connaître la quantité reculée par le fusil au moment où le projectile sort du canon. Cette quantité peut être enregistrée comme il suit :

On fixe au canon, par une vis ou une brasure, une plume en acier, assez flexible au milieu, dont l'extrémité antérieure est recourbée et forme une pointe courte, raide et fine qui s'appuie contre une plaque L en cuivre, maintenue fixe. On fait marquer à la pointe sa position initiale sur la lame. Au moment où les gaz de la poudre sortent du canon, ils appuient fortement la pointe de la plume sur la lamé et lui font marquer un nouveau point.

La distance entre ce point et celui de la position initiale est la somme des reculs produits, en premier lieu, par le mouvement en avant du chien et, en second lieu, par le tir de la cartouche. Cette distance n'a de signification précise que quand le recul est libre ;

Fig. 27.



le vélocimètre se prête très bien à sa mesure. Les canons de vélocimètre que nous avons employés ont eu, au moment de la sortie du projectile, un recul compris, suivant les canons et leurs charges, entre 3^{mm} et 6^{mm}. Un fusil calibre 12, à canons longs de 70^{cm}, pesant 3^{kg} et tirant des cartouches chargées à 2^g,2 de poudre T et 35^g de plombs et de bourres, a reculé de 6^{mm},5 au moment où les gaz sortent du canon.

Quand on tire une série de cartouches, ayant le même chargement, dans un canon de vélocimètre, le recul enregistré au moment de la sortie peut varier *au total* de 0^{mm},3 à 0^{mm},4 d'un coup à l'autre, en raison des vibrations longitudinales du canon. causées par la pression des gaz de la poudre. Nous avons mesuré le recul au moment de la sortie, pour une centaine de coups tirés dans divers canons de vélocimètre. La moyenne de ces reculs est à fort peu près dégagée de l'influence des vibrations longitudinales.

Tous ceux qui se sont occupés de cette question ont admis, d'après une théorie de Piobert, non contrôlée par l'expérience, que l'on devait avoir, avec les notations du n° 72,

$$Pv = (p' + 0,5\pi')V_u.$$

La moyenne des mesures de recul, au moment de la sortie des gaz, que nous avons faites avec des canons de vélocimètres calibres 4, 12, 24 et 28, se trouve représentée par la formule

$$Pr = (p' + 0,75\pi')u_b,$$

d'où l'on déduit

$$Pv = (p' + 0,75\pi')V_u.$$

83. **Recul après la sortie des gaz.** — Les gaz de la poudre sortant du canon mettent en mouvement une masse d'air importante. La réaction de ces gaz et de cet air a pour effet d'augmenter notablement la vitesse du recul, qui n'atteint son maximum qu'un temps notable après la sortie du projectile, et est alors représentée par la formule

$$Pv = (p' + \theta w')V_0,$$

où θ est le coefficient, supérieur à l'unité, dont les valeurs sont données dans les Tableaux nos 10, 11 et 12.

Il n'avait été fait jusqu'à ce jour que de rares expériences permettant d'obtenir les valeurs de θ . Les seules qui soient à notre connaissance ont été faites avec des canons de 47^{mm} et de 100^{mm} de l'artillerie navale.

La Commission de tir de Metz a fait, de 1840 à 1850, de nombreuses mesures de la vitesse du recul et de la vitesse initiale des balles ou boulets ronds tirés avec de la poudre noire dans des fusils ou canons se chargeant par la bouche, mais les résultats de ces mesures faites, avec des pendules balistiques et des projectiles ayant du vent, sont peu précis.

Ayant constaté que le moyen le plus sûr d'obtenir la vitesse initiale des plombs était de la déduire de la valeur maximum du recul, nous avons fait de nombreuses expériences pour déterminer les valeurs variables de θ .

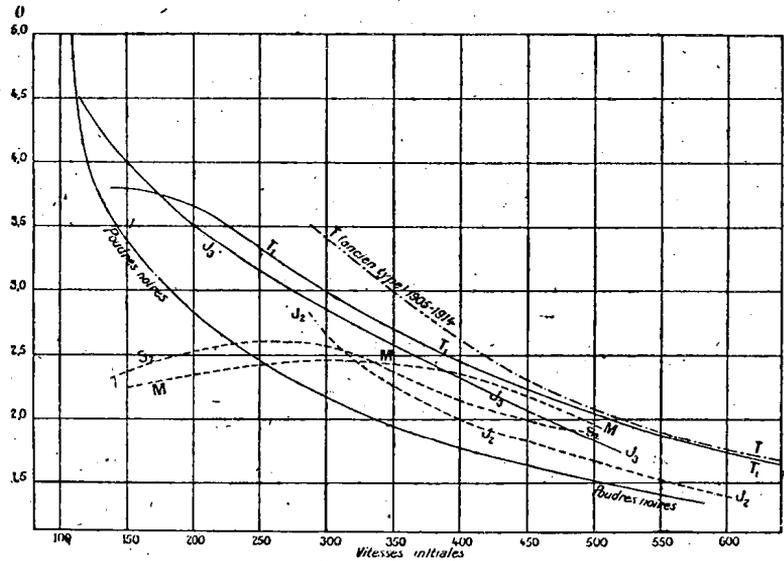
84. **Méthode de mesure de θ .** — *a. Tir à balles.* — Nous enregistrons avec le vélocimètre la vitesse du recul et le passage de la balle à la bouche, puis dans deux cadres cibles aux distances de 20^m et 40^m, nous en déduisons la vitesse de la balle aux distances de 10^m et 30^m et la résistance de l'air dans cet intervalle. Nous calculons ensuite V_0 en admettant, comme il est d'usage, et faute de pouvoir faire mieux, que la résistance de l'air exerce son plein effet dès la sortie du canon. La vitesse initiale V_0 ainsi calculée est un peu plus grande que la vitesse maximum réelle de la balle (n° 56). Nous avons déduit ainsi les valeurs de θ résultant du tir de 2300 cartouches.

b. Tir à plombs. — Nous enregistrons avec le vélocimètre la vitesse du recul et la durée de trajet des plombs pour les distances

de 10^m, 20^m et 30^m, d'où nous déduisons leur vitesse initiale par la méthode indiquée au n° 57. Nous déduisons les valeurs de θ des V_0 obtenues. Nous avons mesuré ainsi les θ de 1600 cartouches à plombs des calibres 4, 12 et 28.

Les θ ainsi obtenus ont été en moyenne 5 à 10 pour 100 plus grands avec les plombs qu'avec les balles. Cette différence est attribuable à ce que les vitesses initiales calculées pour les balles étaient en moyenne 2^m à 3^m plus grandes que leur vitesse maximum réelle (n° 56), tandis que les vitesses initiales des plombs déduites du prolongement graphique de la courbe des vitesses restantes étaient probablement plus approchées de leur vitesse maximum réelle. Les valeurs de θ déduites des tirs à balles ont été, en moyenne, au moins deux fois plus régulières que celles déduites des tirs à plombs, ce qui est dû à ce que le prolongement graphique de la courbe des vitesses restantes des plombs offre une certaine incertitude.

Fig. 28.



Valeurs de θ correspondant aux différentes vitesses initiales des balles sphériques tirées avec les poudres noires, S₂, M, J₂, J₃, T et T₁ dans un canon calibre 12 (A = 18^{mm},45; U = 700^{mm}).

85. Valeurs de θ . — Les valeurs que nous avons obtenues pour θ ont été régularisées graphiquement et sont données dans les Tableaux nos 10, 11 et 12, ainsi que dans la figure 28. Les valeurs de θ relatives aux poudres noires et T sont très sûres; celles relatives aux autres poudres le sont moins.

On voit sur la figure 28 que θ dépend de V_0 et de la nature de la poudre. Les poudres dont la combustion ne donne que des produits gazeux et telles que les balistites, la mulerite, avec lesquelles nous avons fait quelques mesures de θ , nous ont fourni des valeurs sensiblement égales à celles fournies par la poudre T.

86. Variations et irrégularités des θ . — Les θ correspondant à une espèce de poudre et à une vitesse ne sont réguliers d'un coup à l'autre que quand la poudre est entièrement brûlée pendant le parcours du projectile dans le canon.

Les θ correspondant à une poudre que l'on tire dans des conditions telles que tous les grains ne soient pas entièrement brûlés sont variables avec la vivacité de l'échantillon de poudre. Ainsi, en tirant des poudres T (ancien type), T₁ et T bis, à des charges donnant avec chacune d'elles, dans un canon calibre 12, la vitesse initiale de 380^m, à 32^s de plombs, on a eu :

$\theta = 3,09$	avec la poudre T (ancien type),
$\theta = 2,73$	» T ₁
$\theta = 2,01$	» T bis

Les θ des poudres S, J₂, M et T sont sans aucune régularité dans les tirs à plombs ou à balles aux vitesses inférieures à 300^m. Les θ de ces poudres ont une bonne régularité quand la vitesse est voisine de 350^m et une meilleure encore quand la vitesse dépasse 400^m.

Les θ de la poudre noire sont notablement plus réguliers que ceux des poudres pyroxylées; les θ de cette poudre sont suffisamment réguliers dès que la vitesse initiale est supérieure à 150^m. Les poudres noires de chasse sont entièrement comburées pendant le parcours du projectile dans le canon quand on les tire avec une charge normale de plombs ou une balle sphérique du calibre, à une vitesse initiale supérieure à 150^m.

Avec les mêmes projectiles que ci-dessus, la combustion des

poudres S, J, et M n'est à peu près complète dans le canon que quand la vitesse est d'au moins 350^m et la pression d'au moins 350 kg : cm².

La combustion de la poudre T, dans les canons calibre 12 est à moitié complète quand $V_0 = 340^m$ et quand la pression est de 370 kg : cm²; elle est complète quand la pression est de 550 kg : cm².

La combustion n'entame qu'à peine les grains de la poudre BN₃F quand la pression est 200 kg : cm². La combustion de cette poudre n'est complète dans le canon que quand la pression maximum y est d'au moins 2500 kg : cm².

Nous avons estimé la fraction brûlée des poudres en grains plats, et telles que les poudres T, BN₃F, balistite, en comparant l'épaisseur de leurs grains avant le tir et celle des grains trouvés dans le canon ou en avant de celui-ci, après le tir.

87. Influence sur le recul de l'air contenu dans le canon. — Quand on tire dans un canon calibre 12, des cartouches chargées avec 0^s,6 de poudre noire, des bourres en feutre et 37^s de plombs, les bourres s'arrêtent avant d'arriver à la bouche du canon et empêchent les gaz de la poudre d'en sortir. Les plombs sortent avec une vitesse initiale de 60^m à 110^m. Dans ces conditions, on a

$$Pv = pV_0 + 1,7V_0 \quad (P \text{ et } p \text{ en grammes}),$$

ce qui semble prouver que la colonne d'air contenue dans le canon et refoulée par le projectile a une influence sensible sur le recul.

88. Quantité de mouvement des gaz de la poudre. — Dans la formule du recul mise sous la forme

$$Pv = p'V_0 + \theta\omega'V_0,$$

la quantité $\theta\omega'$ représente la masse de la poudre et de l'air mis en mouvement par les gaz sortant du canon, quand on suppose leur vitesse moyenne égale à V_0 . La quantité $\theta\omega'$ a les valeurs ci-après lorsqu'on tire une balle sphérique du calibre.

CANON.			POUDRE.	V ₀ compris entre	t ₀ (t' en grammes).
Calibre.		Longueur en calibres.			
nominal.	en millimèl.				
12.....	18,45	38	forte 3....	100 et 300	0m' = 3,48 + 1,17 m'
			T ₁	340 et 580	= 3,44 + 1,06 m'
			J ₂	300 et 450	= 4,37 + m'
			M.....	300 et 450	= 3,68 + 1,1 m'
24.....	14,71	54	noire.....	150 et 400	= 1,75 + 1,4 m'
			T ₁	250 et 400	= 1,73 + 1,3 m'
			J ₁ et J ₂ ...	id.	= 1,73 + 1,2 m'

89. Régularité comparative des V₀ déduites du recul ou des durées de trajet. — Les vitesses initiales des plombs déduites de la vitesse du recul ont plus de régularité que celles déduites des durées de trajet. Les écarts donnés ci-après résultent de plusieurs séries de tir à plombs.

Écarts probables des vitesses initiales des tirs à plombs avec la poudre T₁.

	Pour 100
Déduites de la vitesse du recul.....	1,7
» $V_5 = \frac{10}{t_{0-10}}$	2,5
» $V_{10} = \frac{10}{t_{0-20}}$	1,8
» $V_{15} = \frac{10}{t_{0-30}}$	2,5
» $V_{20} = \frac{10}{t_{0-20}}$	2,7

Écarts probables des vitesses initiales des tirs à plombs avec la poudre noire.

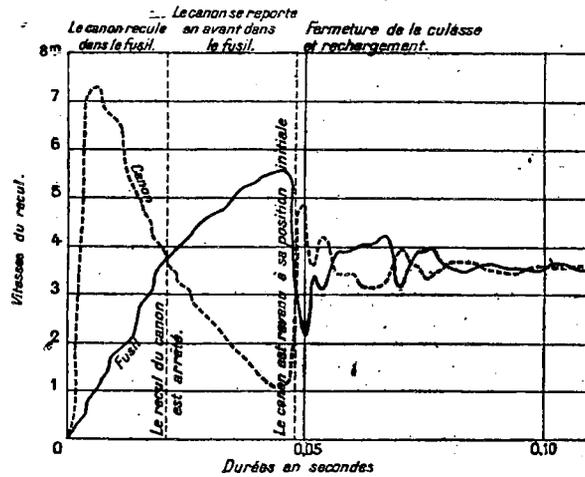
Déduites de la vitesse du recul:.....	0,4
» $V_{15} = \frac{30}{t_{0-30}}$	0,9

90. Recul des fusils à chargement automatique. — Nous avons enregistré séparément, par la méthode du fusil suspendu, la

vitesse de recul du canon et celle du reste de l'arme d'un fusil Browning, calibre 12 à chargement automatique, en fixant des diapasons, d'une part au canon et d'autre part à la boîte de culasse.

Le fusil tirait des cartouches chargées à 2^e, 2 de poudre T. (AT) et 38^e, 5 de plombs et bourres. La vitesse initiale de ces cartouches a été sensiblement la même et de 355^m, dans le fusil Browning que dans un autre fusil à simple charge.

Fig. 29.



Recul du fusil Browning calibre 12.

Poids du fusil complet 3^{kg}, 989.

» canon 1^{kg}, 586.

L'énergie cinétique du recul final du Browning est la même que celle d'un fusil ordinaire du même poids, mais le choc sur l'épaule étant exercé avec moins de brusquerie par le Browning, l'impression ressentie par le tireur est un peu moins forte qu'avec les fusils ordinaires.

Le fonctionnement complet et automatique du fusil Browning se fait en 0^s, 08. Les cinq coups qui constituent le chargement complet de ce fusil pourraient donc être tirés en 0^s, 4, si le doigt du tireur était capable d'agir avec une pareille rapidité sur la détente. En raison de la nécessité de repointer après chaque coup, il faut environ 3 secondes à un tireur très exercé pour

tirer les cinq coups du fusil Browning avec une précision suffisante pour le tir à plombs à la chasse.

Le fonctionnement automatique du mécanisme du Browning n'a généralement pas eu lieu complètement lorsque le fusil était tiré suspendu par des cordes, tandis qu'il s'est, au contraire, toujours bien produit, avec la même espèce de cartouches, lorsqu'il était tiré à l'épaule. Dans le premier cas, l'inertie du fusil était insuffisante pour assurer le fonctionnement.

Au moment de la sortie des gaz de la poudre, le canon avait reculé de 15^{mm},3 et le reste du fusil de 1^{mm},6.

Le recul des fusils ou pistolets automatiques de tous systèmes est analogue à celui du fusil Browning

B. — EFFET PHYSIOLOGIQUE DU REcul SUR LE TIREUR.

91. **Rapport entre la sensation et l'énergie cinétique du recul.** Lorsqu'on tire une même espèce de cartouches dans deux fusils de poids différents, réalisant la même vitesse initiale, on constate que l'impression du recul est d'autant plus grande que le fusil est plus léger.

Soient P et P' les poids de ces fusils, v et v' leurs vitesses de recul, on a dans tous les cas

$$Pv = P'v' = (p' + \theta\omega')V_0.$$

La quantité de mouvement restant la même quel que soit le poids des fusils, il en résulte que l'impression du recul n'est pas proportionnelle à leur quantité de mouvement, contrairement à ce qu'ont écrit tous ceux qui ont traité ce sujet.

En tirant dans des fusils de différents poids, des charges de plombs ou des balles de différents poids, avec des charges différentes de poudres diverses, à différentes vitesses initiales, nous avons constaté que l'impression du recul sur le tireur est toujours en rapport avec l'énergie cinétique $\frac{Pv^2}{2g}$ du recul.

En comparant l'énergie cinétique des reculs à l'estimation de l'impression que nous en avons ressentie et en limitant ces comparaisons à des groupes de deux coups, tirés, l'un peu de temps après l'autre, nous avons commis dans l'estimation du recul une erreur

probable de 10 pour 100, lorsque l'énergie cinétique des reculs comparés était notablement différente, et une erreur probable de 5 pour 100 lorsque ces énergies étaient à peu près égales.

92. Vitesse et énergie cinétique du recul de différents fusils.

FUSIL.			POUDRE.		POIDS du projectile		V ₀ .	RECU L	
Type.	Calibro.	Poids.	Nature.	Poids.	scul.	avec les bourres.		Vitesse v.	Énergie cinétique $\frac{Pv^2}{2g}$.
		kg		g	g	g	m	m	kgm
De chasse	4	7,70	T.	5,20	76	83	375	4,73	8,78
id.	8	5,50	id.	3,50	56	60,5	375	4,78	6,40
id.	12	2,95	id.	2,20	32	35	375	5,12	4,00
id.	10	2,80	id.	1,75	27,9	30,9	375	4,67	3,11
id.	20	2,60	id.	1,45	22,3	24,0	375	4,05	2,17
Express.....	465 ^{mp}	4,80	pyroxylée	4,9	31,1		650	5,21	6,6
					23,7		690	4,47	4,9
Mod. 1842.....	18 ^{mm}	4,33	noire	6,75	27		450	4,32	4,11
Mod. 1874.....	11	4,22	id.	5,25	25	25,2	45	3,95	3,36
Mod. 1886.....	8	4,25	BN ₃ F	3,00	12,8		701	2,88	1,80
Carabiné mod. 1890.	8	3,17	id.	3,00	12,8		650	3,59	2,08
Fusil allemand anti-tank	13,0	16,75	allemande pyroxylée	13,08	52,26		790	3,375	9,70
Canon canardier...	50,5	73	J ₂	43,5	733	785	375	4,50	75,5

93. **Limites acceptables de l'énergie cinétique du recul.** — Le recul produit sur le tireur une sensation qui est beaucoup plus ressentie au tir à la cible que lorsque l'attention est absorbée par l'intérêt de la chasse. Lorsque le tireur a l'appréhension du recul de son fusil, ses écarts personnels en sont augmentés et les résultats de son tir en sont diminués.

Les chasseurs de vigueur moyenne et moyennement exercés au tir n'aiment pas avoir à supporter, dans le tir de chasse, un recul dont l'énergie cinétique soit supérieure à 4^{kgm}; ils jugent pénible un recul de 5^{kgm}.

L'appréhension du recul nuit à la précision du tir à la cible de presque tous les tireurs, lorsque l'énergie cinétique du recul

dépasse 3^{ksm},5. Il n'y a que très peu de tireurs qui puissent tirer des balles à la chasse ou à la cible, avec toute la précision qu'elles peuvent avoir, quand le recul est de 4^{ksm},5; il n'y en a aucun qui puisse le faire avec un recul de 6^{ksm}.

On peut atténuer l'impression du recul en garnissant la crosse d'un sabot en caoutchouc poreux ou en se rembourrant l'épaule.

94. Préjugés concernant le recul. — *a.* Certains tireurs simplistes et peu observateurs croient qu'un fusil a plus de recul dans un stand fermé qu'en plein air. En réalité, le bruit des coups de fusil est beaucoup plus fort dans un local fermé qu'en plein air; l'ébranlement nerveux produit par la détonation s'ajoute à celui qui est produit par le recul et leur ensemble produit sur le tireur une sensation notablement plus grande dans le local fermé qu'en plein air.

b. Des tireurs peu exercés et épaulant mal ont souvent accusé certains fusils d'avoir un recul différent de celui d'autres fusils du même poids tirant les mêmes cartouches. Aucun tireur exercé n'a constaté de fait semblable.

Nous avons constaté par la mesure précise de la vitesse du recul de plusieurs milliers de cartouches à plombs ou à balles, chargées avec des poudres très variées, que cette vitesse dépend, dans tous les cas, des poids du fusil, de la poudre et du projectile et de la vitesse initiale comme l'indique la formule du n° 83.

c. Un grand forçement de la balle par excès de calibre augmente la résistance à son départ et la vitesse de combustion de la poudre: il entraîne généralement un accroissement de la vitesse initiale de la balle et en conséquence du recul, surtout avec les poudres pyroxylées, mais le forçement de la balle dans le canon n'a par lui-même aucune influence sur le recul parce que l'excès de pression que doit développer la poudre pour vaincre le forçement du projectile, qui se traduit par un excès de pression sur la culasse, est exactement compensé, au point de vue du recul, par le frottement du projectile contre les parois du canon qu'il tend à entraîner en avant.

d. Contrairement à ce qu'on a souvent écrit, une poudre vive donne lieu à une moindre impression du recul qu'une poudre lente, lorsque les charges de ces poudres sont réglées de telle sorte

que les vitesses initiales qu'elles communiquent au projectile soient les mêmes. Prenons pour exemple les tirs d'un fusil calibre 12 pesant 3^{kg}, d'une part avec 4^g,5 de poudre J₁ qui est très lente et d'autre part avec 2^g,4 de poudre J₃ qui est très vive. Ces deux charges communiquent la vitesse initiale de 375^m à 36^g de plombs, et fournissent les résultats suivants :

	Poudre	
	J ₁ .	J ₃ .
Vitesse du recul (en mètres).	6,07	5,62
Énergie cinétique du recul (en kg:m).	5,63	3,82

La différence de vivacité des poudres n'a d'effet sur l'accélération du mouvement du canon que pendant les premiers 0^{mm},03 de son recul et pendant une durée inférieure à 0^s,001 ; elle n'a aucun effet appréciable sur le mouvement de la crosse qui transmet le recul à l'épaule, parce que le mouvement de recul de la crosse débute par une flexion d'une amplitude d'environ 5^m et d'une durée d'environ 0^s,02.

e. Le centre de gravité des fusils à plombs ou à balle se trouve généralement à 23^{mm} en dessous de l'axe des canons. La force produisant le recul étant dirigée suivant l'axe du canon, il en résulte, au moment du recul, un pivotement du fusil élevant la bouche du canon, qui se fait autour du centre de gravité lorsque le recul est libre et qui se fait autour de l'épaule lorsque la crosse y est fortement appuyée. Un fusil calibre 12 pesant 2^{kg},98 ayant des canons longs de 0^m,70, dont la crosse est pentée dans des conditions moyennes, prend, par suite du tir de cartouches contenant 2^g,20 de poudre T₁ et 35^g de plombs et de bourres, un mouvement de pivotement dont l'énergie cinétique de rotation est 0^{kgm},0852 et un mouvement de recul dont l'énergie cinétique est 4^{kgm},03. L'énergie de rotation n'est donc que les 0,022 de l'énergie du recul.

Dans les limites où peut varier pratiquement la pente de la crosse, l'énergie de la rotation ne peut varier que d'une faible quantité, et elle ne peut pas faire varier d'une façon sensible l'impression du recul ressentie par le tireur, quoique le contraire soit affirmé dans presque tous les ouvrages sur l'armurerie de chasse.

Ce qui a fait croire qu'une diminution de la pente de la crosse accroît le recul, c'est qu'avec une crosse relativement droite le tireur doit appliquer le haut de la joue contre la crosse pour viser le long du canon ; au moment du tir, il reçoit un choc sur la pommette de la joue et, de plus, si la tête est penchée en avant, le pouce de la main droite vient choquer le nez. L'ensemble de ces deux chocs peut être très désagréable et faire trouver le recul pénible : le tireur attribue la douleur ressentie à un accroissement du recul, qui, en réalité, est resté le même, mais a été appliqué en partie sur des points du corps plus sensibles.

—enveloppe de maillechort, sans que leur précision soit notablement diminuée ; mais leur précision est très-diminuée après 20000 coups. L'usure des fusils rayés par le tir est 5 fois plus rapide avec les poudres contenant de la nitroglycérine (cordite, ballistite) qu'avec celles à la nitrocellulose pure (BN₃F). L'usure par le tir se produit surtout à l'arrière du canon et aussi un peu du côté de la bouche.

Les canons de fusils rayés perdent beaucoup de leur précision quand ils sont évasés du côté de la bouche de 0^{mm},1 sur une longueur de 5^{cm}. Les fusils rayés sont plus souvent évasés à la bouche par l'abus des nettoyages que par le tir.

151. Rouille des canons. — Les canons cylindriques à plombs dont l'âme a été fortement rouillée ont, dans un tir de quelques coups, la même dispersion des plombs que les fusils neufs : mais la rouille facilite l'emplombage du canon et, après quelques coups, la dispersion augmente,

La rouille du choke augmente la dispersion des plombs.

Des fusils rayés des calibres 6^{mm} à 11^{mm}, laissés pendant un an à l'air sans être graissés et très fortement rouillés, ont, après le premier coup et dans le tir de balles à enveloppe dure, à peu près la même précision que des fusils du même type bien entretenus sans rouille. Si l'on cherche à enlever les piqûres de rouille par un polissage au cylindre de plomb enduit d'émeri, on enlève au fusil toute sa précision.

D'après M. l'inspecteur général des poudres Barral, le tir des poudres qui ne laissent aucune couche de résidus dans le canon les fait rouiller plus rapidement que le tir de celles qui y laissent une légère couche de résidus contenant un alcali fixe. C'est dans le but de retarder la rouille qu'on a substitué, dans les poudres J, 3 pour 100 de bichromate de potasse à autant de bichromate d'ammoniaque.

Les chasseurs qui prennent la précaution de passer un chiffon gras dans le canon à la fin de chaque journée de chasse et sans attendre au lendemain, surtout s'il a plu, ne voient jamais l'intérieur de leurs canons se rouiller, quelle que soit la poudre tirée.

QUATRIÈME PARTIE.

BALISTIQUE EXTÉRIEURE.

CHAPITRE I.

RÉSISTANCE DE L'AIR.

132. **But de la mesure de la résistance de l'air.** — Les projectiles de toute espèce, lancés dans l'air, subissent de la part de l'air, une résistance qui diminue leur vitesse initiale et la portée qu'ils auraient eue s'ils avaient été tirés dans le vide. La connaissance de la résistance de l'air permet de calculer les éléments caractéristiques des trajectoires décrites dans l'air et en particulier la vitesse en chacun des points de ces trajectoires.

133. **Lois de la résistance de l'air.** — Les expériences très nombreuses, faites par un grand nombre d'expérimentateurs au sujet de la résistance de l'air sur les corps en mouvement, ont établi :

- a. Que cette résistance croît rapidement avec la vitesse ;
- b. Qu'elle dépend de la forme du corps ;
- c. Qu'avec des corps de forme semblable, elle est proportionnelle à la surface opposée à l'air ; avec des projectiles sphériques, elle est proportionnelle à la surface du grand cercle de la sphère ;
- d. Qu'elle est proportionnelle à la densité de l'air ⁽¹⁾ ;
- e. Nous avons reconnu que, pour les plombs tirés en paquet,

(¹) Cette densité, qui dépend de la hauteur du baromètre, de la température de l'air et de son état hygrométrique, est donnée dans le Tableau n° 7, ainsi qu'un graphique permettant de déduire l'état hygrométrique de l'air des températures du psychromètre.

elle varie avec la distance des plombs les uns aux autres, tant que cette distance est inférieure à 150 fois leur diamètre.

154. Formules de la résistance de l'air employées en balistique.

— Désignons par :

R la résistance de l'air en kilogrammes;

J l'accélération retardatrice de la vitesse due à cette résistance;

a le diamètre en mètres du projectile;

p son poids en kilogrammes;

Δ la densité de l'air en $\text{kg} : \text{m}^3$;

V la vitesse du projectile en m : seconde;

$f(V)$ une fonction caractéristique de la résistance de l'air à la vitesse V;

$c = \frac{\Delta a^2}{p}$ le coefficient balistique du projectile.

On a

$$(1) \quad R = \frac{\Delta a^2}{g} f(V) V^2,$$

$$(2) \quad J = \frac{\Delta a^2}{p} f(V) V^2 = c f(V) V^2.$$

Lorsqu'on tire des plombs, le calcul de $\frac{a^2}{p}$ est plus commode quand on exprime a en millimètres et p en grammes.

Dans ces conditions, on a

$$c = \frac{\Delta a^2}{1000 p}.$$

Lorsqu'on n'a que le poids ou le diamètre des plombs, on peut calculer $\frac{a^2}{p}$ par les relations ci-après :

	Densité des plombs		
	11,05.	11,20.	
(3)	$\frac{a^2}{p} = \frac{1}{3,223\sqrt[3]{p}}$	$\frac{1}{3,252\sqrt[3]{p}}$	(p en milligrammes);
(4)	$\frac{a^2}{p} = \frac{1}{5,786a}$	$\frac{1}{5,864a}$	(a en millimètres).

155. Formules de la résistance de l'air employées en aérotechnie.

— Dans les questions d'aérotechnie il est d'usage de représenter la résistance de l'air par des formules un peu différentes de

celles employées en balistique; nous aurons plus loin l'occasion de passer des unes aux autres pour comparer les résultats obtenus par les différentes méthodes de mesure.

En aérotechnie, on représente la résistance de l'air par la formule

$$(5) \quad R = KSV^2,$$

dans laquelle K est un coefficient analogue à $f(V)$ dans la formule (1) du n° 154 et dans laquelle S est la surface en mètres carrés opposée à l'air.

La comparaison des formules (1) et (5) appliquées aux projectiles sphériques donne

$$(6) \quad \frac{\Delta a^2}{g} f(V) V^2 = K \frac{\pi a^2}{4} V^2,$$

$$(7) \quad f(V) = \frac{g\pi}{4\Delta} K.$$

K est généralement rapporté à une densité de l'air $\Delta = 1,225$. Dans ces conditions et avec $g = 9,8096$, on a

$$(8) \quad f(V) = 6,289 K.$$

156. Calcul des vitesses. — Les vitesses successives V_1 et V_2 des projectiles soumis à la résistance de l'air sur le parcours x sont représentées par les formules ci-après :

$$(9) \quad V_1 = V_2 e^{cx f(V)},$$

$$\log V_1 = \log V_2 + 0,4343 cx f(V),$$

$$(10) \quad f(V) = \frac{\log V_1 - \log V_2}{0,4343 cx}.$$

La formule (9) permet en particulier de calculer V_0 lorsque l'on connaît la vitesse V_x à la distance x et la $f(V)$ correspondant à

$$V = \frac{V_0 + V_x}{2}.$$

Ce calcul se fait par approximations successives de V_0 et de V . Les traités de balistique indiquent encore la formule ci-après :

$$(11) \quad V_1 = V_2 + cx V f(V).$$

Cette formule qui ne nécessite pas l'emploi des logarithmes est

moins exacte que la formule (9); elle donne pour V_1 des résultats qui diffèrent de 1 pour 100 de ceux de la formule (9) quand

$$\frac{V_1 - V_2}{V} = 0,3,$$

et dont la différence croît assez vite quand $\frac{V_1 - V_2}{V} > 0,3$. Ce dernier cas se trouve réalisé quand on veut déduire V_0 de la vitesse V_1 des plombs de grosseur moyenne tirés aux charges normales. Il y a donc lieu d'employer toujours la formule (9) pour les vitesses des plombs.

En désignant par t la durée de trajet entre les distances correspondant à V_1 et à V_2 , on a

$$(12) \quad t = \frac{\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}}{cf(V_1)}$$

Cette formule ne donne t qu'avec une faible approximation quand $V_1 - V_2$ dépasse 150^m.

CHAPITRE II.

RÉSISTANCE DE L'AIR SUR LES PLOMBS.

157. **Expériences étrangères.** — M. Griffith, directeur de la Schultze Gunpowder Company, est le seul qui, en dehors de nous, et à notre connaissance, ait fait des séries de mesures de vitesses des plombs à différentes distances, d'où l'on puisse déduire la résistance de l'air. Les résultats de ces mesures de vitesses ont été publiés par le *Field* en 1886. On y trouve les vitesses des plombs de 1^{mm},8 à 3^{mm},6 de diamètre aux distances de 2^m,3 à 52^m. Ces vitesses sont erronées pour les distances supérieures à 35^m et les valeurs que nous en avons déduites pour la résistance de l'air sur les plombs sont inacceptables.

158. **Expériences de l'auteur.** — Nous avons fait de 1886 à 1897 un certain nombre de mesures de la vitesse restante des plombs de diverses grosseurs, aux différentes distances. La résistance de l'air déduite de ces expériences a été donnée dans la deuxième édition (1902) du présent livre. Les résultats de ces expériences incomplètes ne constituaient qu'une première approximation de cette question fort compliquée.

Nous avons repris les expériences à ce sujet, à partir de 1912, à la Société des munitions, en améliorant constamment les méthodes et les instruments employés.

Tous les tirs à ce sujet ont été faits dans des canons de vélocimètre de façon à déduire la vitesse initiale de la vitesse du recul et à mesurer les vitesses successives des plombs de chaque coup à plusieurs distances par la méthode du n° 57. La grande majorité de ces tirs a été faite avec un canon calibre 12 dont la partie antérieure était amovible et permettait d'en faire à volonté soit un

canon choke, soit un canon cylindrique de même longueur. Les autres tirs ont été faits avec un canon calibre 4 choke et avec un canon calibre 28 cylindrique.

Nous avons tiré ainsi des plombs et des chevrotines dont les diamètres ont varié de 1^{mm},7 à 8^{mm},6. Les plombs de diamètre inférieur à 2^{mm} ont fourni de médiocres résultats, surtout au delà de la distance de 20^m, en raison de la grande différence de diamètre des plombs d'une charge (n° 33). Les chevrotines ont également fourni des résultats peu réguliers en raison de leur petit nombre et des différences de leurs vitesses individuelles.

Nous avons fait varier les vitesses initiales de 80^m à 550^m, mais la plupart d'entre elles ont été comprises entre 320^m et 420^m. Le calcul des vitesses et de la résistance de l'air a été fait sur les résultats moyens de séries de 5 à 10 coups, tirés dans la même séance, ayant le même chargement et dont les éléments avaient été pesés à moins de 0^e,01 près. Le diamètre et le poids moyen des plombs ou chevrotines tirés avaient été mesurés aussi exactement qu'il est possible.

Les vitesses mesurées et la résistance de l'air que nous en avons déduite sont relatives à la partie antérieure et centrale de la gerbe des plombs.

Nos expériences à ce sujet ont comporté le tir de plus de 1500 cartouches à plombs ou à chevrotines.

159. Approximation des $f(V)$ obtenues avec les plombs. —

Les plombs d'une charge ont des différences de poids et de diamètres notables (n° 33); en outre, les plombs d'un coup ont des différences de vitesse, même quand il s'agit de ceux au centre de la gerbe (n° 161). Les durées de trajet des diverses distances ne pouvant être mesurées que pour différents plombs d'un coup, il y a, en conséquence, des irrégularités inévitables dans les durées et dans les vitesses qu'on en déduit. On ne peut y remédier qu'en renouvelant beaucoup les mesures.

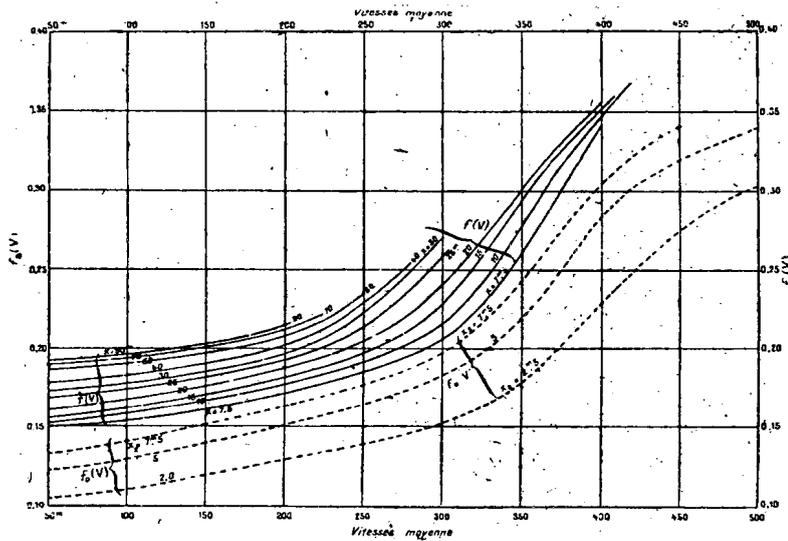
Les valeurs que nous avons obtenues pour $f(V)$ dans les divers tirs à une même distance ont été régularisées graphiquement; la figure 33 est une reproduction, à échelle réduite, des courbes ainsi obtenues. Les valeurs régularisées de $f(V)$ sont également données dans les Tableaux n°s 18 et 19.

Le Tableau ci-après indique les variations des $f(V)$ obtenues dans les diverses expériences :

Distance moyenne.	Intervalle.	Écart probable relatif des $f(V)$. — pour 100]
2 ^m ,5.....	5	8
7 ^m ,5.....	5	10
10 ^m	10	10
15 ^m à 35 ^m	10	10
20 ^m à 90 ^m	20	6

L'incertitude des valeurs régularisées des $f(V)$, relatives aux distances inférieures à 50^m et aux plombs ayant un diamètre de

Fig. 33 bis.



Valeurs de $f(V)$ et de $f_0(V)$ dans les tirs à plombs avec les canons choke.

$$V = \frac{Vx_1 + Vx_2}{2},$$

$$x = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

2^{mm},3 à 3^{mm},3, tirés aux vitesses initiales de 300^m à 400^m, nous paraît être inférieure à 5 pour 100.

Les $f(V)$ des plombs de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre sont plus grandes aux petites distances avec les canons cylindriques qu'avec

les canons choke, parce que les intervalles séparatifs des plombs sont plus grands avec les canons cylindriques qu'avec les canons choke.

DISTANCES.			EXCÈS RELATIF DES $f(V)$ des canons cylindriques sur celles des canons choke.
x_1 .	x_2 .	$\frac{x_1 + x_2}{2}$.	
m	m	m	pour 100
5	10	7,5	8
5	15	10	6
10	20	15	4,5
20	30	25	3

Au delà de la distance moyenne de 25^m, cette différence n'est plus mesurable.

Les $f(V)$ ne varient pas d'une façon appréciable avec le nombre de plombs de la charge, lorsque ce nombre est compris entre 200 et 800 et lorsque le diamètre des plombs des cartouches calibre 12 est compris entre 2^{mm} et 3^{mm}.

Les chevrotines, au nombre de 9 à 28 par coup, ont, aux petites distances, des $f(V)$ notablement plus grandes que celles des plombs.

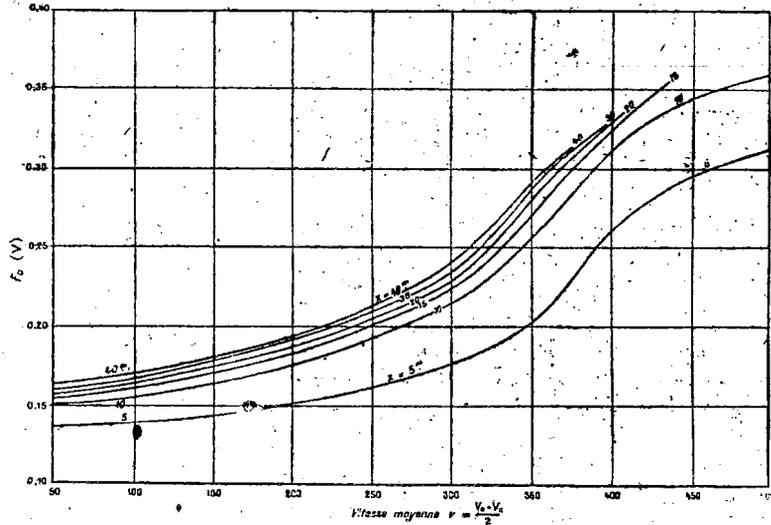
	Distances.....	5 ^m .	10 ^m .	15 ^m .	20 ^m .	30 ^m .	>30 ^m .
Excès en valeur absolue des $f(V)$.	des chevrotines de 8 ^{mm} ,6 sur celles						
	des plombs de 2 ^{mm} ,7.....	0,08	0,09	0,05	0,04	0,01	0,0

160. Fonction $f_0(V)$ correspondant aux vitesses V_0 et V_x . — Il est commode pour le calcul soit des vitesses V_0 des plombs en partant de leurs vitesses restantes V_x à la distance x , soit de leur vitesse V_x en partant de V_0 d'avoir les valeurs de $f_0(V)$ correspondant à $V = \frac{V_0 + V_x}{2}$.

Les $f_0(V)$ sont plus petites que les $f(V)$ correspondant à la même vitesse et à la même distance : la différence est d'autant plus grande que la vitesse V est elle-même plus grande.

Les valeurs de $f_0(V)$ sont données dans les Tableaux nos 20 et 21 et dans les figures 34 et 35. Ces valeurs correspondent au tir

Fig. 34.

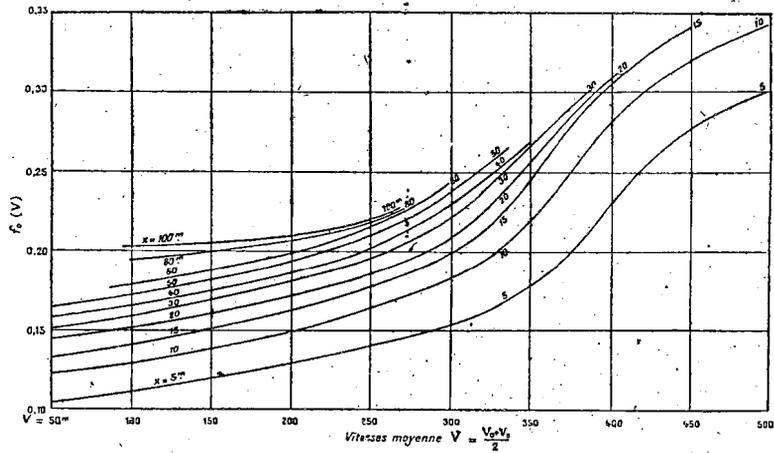


Valeurs de $f_0(V)$ dans les tirs de plombs de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre avec des canons cylindriques :

$$V = \frac{V_0 + V_x}{2};$$

au delà de $x=40^m$, les $f_0(V)$ sont les mêmes pour les canons cylindriques que pour les canons choke et se trouvent sur la figure 35.

Fig. 35.



Valeurs de $f_0(V)$ dans les tirs de plombs de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre avec des canons choke :

$$V = \frac{V_0 + V_x}{2}.$$

des plombs de 2^{mm},7 de diamètre; elles peuvent être appliquées au calcul des vitesses des plombs dont le diamètre est compris entre 2^{mm} et 3^{mm}. Les valeurs de $f_0(V)$ croissent avec le diamètre des plombs; le Tableau n° 22 donne le rapport entre les $f_0(V)$ des plombs de 2^{mm},7 et celles des plombs de diamètre plus grand. Ces rapports ne sont qu'approchés, car les $f_0(V)$ obtenues avec les gros plombs et les chevrotines ont été notablement moins régulières que celles obtenues avec les plombs de grosseur moyenne.

La vitesse des plombs à une distance telle que 50^m, en partant de V_0 , peut être obtenue par un seul calcul au moyen de la formule (9) du n° 156 et des valeurs $f_0(V)$, tandis que si l'on employait les valeurs de $f(V)$ il faudrait calculer successivement V_{10} , V_{20} , V_{30} , V_{50} , ce qui serait plus long et qui accumulerait les erreurs.

$$V_0 = 375^m, \quad c = 0,08.$$

Distances x	5 ^m	10 ^m	15 ^m	20 ^m	30 ^m	40 ^m	60 ^m	100 ^m
Écart probable des $f_0(V)$ obtenues dans les diverses expériences.....	0,028	0,013	0,011	0,012	0,012	0,012	0,008	0,008
Erreur probable des V_x déduites des $f_0(V)$ régularisées.....	1,2 ^m	2,5	3,3	4,0	5,1	5,7	6,2	5,2
Valeur moyenne de V_x avec un canon cylindrique.....	345 ^m	309	278	251	213	183	134	70

CHAPITRE III.

VITESSES INDIVIDUELLES DES PLOMBS.

161. **Différence des vitesses individuelles.** — Les plombs forment dans l'air une gerbe de forme ovoïde dans laquelle la densité du nombre de plombs diminue du centre à la périphérie et dont le grand axe coïncide avec leur trajectoire moyenne. La vitesse des plombs situés à la périphérie de la gerbe est moindre que la vitesse moyenne de ceux qui sont au centre de la gerbe.

En mesurant au moyen du chronographe Le Boulengé la différence de durée de trajet des plombs en tête et de ceux sur les côtés de la gerbe d'un fusil calibre 16, nous avons obtenu les résultats ci-après :

PLOMBS. { NUMÉRO..... DIAMÈTRES..... V ₀	7 2 ^{mm} ,49 378 ^m		6 2 ^{mm} ,98 370 ^m		3 3 ^{mm} ,42 349 ^m	
	20 ^m	48 ^m	20 ^m	48 ^m	20 ^m	48 ^m
DISTANCES.....						
Retard moyen des plombs de côté sur ceux en tête.....	0 ^s ,008	0 ^s ,046	0 ^s ,0012	0 ^s ,030	0 ^s ,0038	0 ^s ,013
Différence de vitesse des plombs en tête et de ceux de côté.....	10 ^m	16 ^m	5 ^m	13 ^m	4 ^m	6 ^m

Le n° 64 donne le principe des chronographes destinés à mesurer la vitesse individuelle des plombs : on a obtenu les résultats ci-après à Sevrans-Livry, avec le chronographe Billardon et des plombs n° 6 tirés dans un calibre 16.

L'écart probable des vitesses des plombs d'un coup est de $7^m, 2$ à la distance de 30^m : leur écart extrême est de 30^m à 40^m , leur vitesse moyenne étant de 225^m .

D'après les expériences faites par Griffith avec un chronographe à plaque tournante du même genre que le chronographe Billardon, on a :

PORTÉES	10 ^m	20 ^m	30 ^m	40 ^m	
Différence de vitesse des plombs en tête de la gerbe et des plombs	au centre de la gerbe. ^m	3	7	11	17
	en queue de la gerbe.	14	36	58	80
Longueur totale de la gerbe avec les canons	choke.....	0,6	1,3	2,2	3,0
	cylindriques.....	0,8	1,7	2,7	4,0

162. Intervalles séparatifs des plombs au centre de la gerbe. — Nous allons chercher quels sont, en moyenne, les intervalles des plombs dans la portion centrale de la gerbe contenant 50 pour 100 des plombs tirés.

Désignons par :

I_c l'intervalle séparatif moyen, en centimètres, des plombs dans la partie centrale de la gerbe ;

R_{50} le rayon en centimètres du cercle contenant la moitié des plombs dans le groupement fait sur une cible perpendiculaire à la ligne de tir (Tableaux n^{os} 55 et 57) ;

N le nombre de plombs tirés ;

on aura

$$I_c = \frac{2 R_{50}}{\sqrt[3]{\frac{N}{2}}}$$

Lorsque le poids total de la charge de plombs est de 32^s , l'intervalle séparatif I , exprimé en diamètres a des plombs, est

$$\frac{I}{a} = 1,43 R_{50}.$$

Intervalles séparatifs $\frac{l}{a}$ des plombs au centre de la gerbe
d'une charge de 32^e.

DISTANCES.	CANONS					
	cylindriques.			choke.		
	Diamètre a des plombs.			Diamètre a des plombs.		
	2mm,5	4mm,0	8mm,6	2mm,5	4mm,0	8mm,6
m	$\frac{l}{a} = 16$	14	15	$\frac{l}{a} = 9$	8	8
10.....						
20.....	33	30	29	19	18	17
30.....	52	47	45	32	30	29
40.....	75	65	63	52	46	45
50.....	99	84	80	74	65	60
60.....	122	112	97	97	82	77
70.....	150	123	116	123	101	99
80.....	180	146	130	152	130	124

La figure 33 fait voir que $f(V)$ croît avec la distance très notablement jusqu'à 10^m et encore sensiblement jusqu'à 80^m. On en conclut que la résistance de l'air est diminuée par le rapprochement des plombs, d'une façon très notable tant que les intervalles des plombs sont inférieurs à 15 diamètres et que cette diminution est sensible tant que ces intervalles sont inférieurs à 150 diamètres.

Ce fait s'accorde avec l'observation suivante : « La résistance de l'air est encore influencée très sensiblement par le rapprochement, lorsque les intervalles séparatifs de fils de 0^{mm},03 de diamètre sont de 3^{cm}, soit 100 fois leur diamètre. » (FAVÉ et CARPENTIER, *C. R. de l'Académie des Sciences*, 18 avril 1904, p. 967.)

163. Influence des différences de diamètres des plombs. — Les plombs d'une charge ont des différences de diamètre qui sont de 0^{mm},28 quand ils sont de grosseur moyenne et des différences encore plus grandes quand ils sont très petits ou très gros (n° 33).

La variation de vitesse restante V_x des plombs ayant le diamètre

moyen a en millimètres et résultant d'une différence da des diamètres peut se calculer par la formule

$$\log V_x - \log V'_x = 0,4343 \Delta x f_0(V) \frac{da}{5,80 a^2}$$

Appliquons cette formule au cas ci-après :

$a = 2^{\text{mm}}, 5$, $da = 0^{\text{mm}}, 28$, $V_0 = 375^{\text{m}}$, $\Delta = 1,200$, canon choke;

$$V_5 = 347^{\text{m}} \quad V_{15} = 285^{\text{m}} \quad V_{30} = 153^{\text{m}}$$

$$V_x - V'_x \dots \dots 3^{\text{m}} \quad 8^{\text{m}}, 7 \quad 15^{\text{m}}$$

Les plombs dont le diamètre est $1^{\text{mm}}, 64$ ont des différences totales de diamètre de $0^{\text{mm}}, 7$ qui causent, sur leur vitesse moyenne $V_{30} = 157^{\text{m}}$, une différence totale de 54^{m} .

Les plombs n° 00 ($a = 1^{\text{mm}}, 5$) ont des différences totales $da = 0^{\text{mm}}, 7$ qui entraînent, sur leur vitesse moyenne $V_{30} = 207^{\text{m}}$, une différence totale de 18^{m} .

CHAPITRE IV.

VITESSES RESTANTES MOYENNES DES PLOMBS.

164. Valeur des vitesses restantes moyennes. — Les vitesses restantes moyennes des plombs de tous les diamètres, tirés aux vitesses initiales de 325^m, 375^m, 425^m, sont données dans les Tableaux n^{os} 23 à 34. Ces vitesses sont celles de la partie antérieure de la gerbe.

165. Influence du choke. — On a vu au n^o 115 que la vitesse initiale *moyenne de la charge* de plombs est un peu plus faible avec les canons choke qu'avec les canons cylindriques, ce qui tient à la résistance causée par l'étranglement au passage des plombs.

Lorsqu'on mesure, au moyen d'un chronographe, la vitesse restante des plombs à l'avant de leur gerbe, on constate les différences ci-après de vitesse, suivant que le tir est fait avec un canon choke ou avec un canon cylindrique :

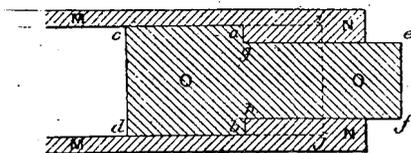
Vitesse restante mesurée au chronographe.....	$V_{2,5}$	V_5	V_{10}	V_{15}	V_{20}	V_{30}	$V_{>30}$
Excès de vitesse des plombs de 2 ^{mm} à 3 ^{mm} de diamètre tirés dans les canons choke sur celle des plombs tirés dans les canons cylindriques	3 ^m	10 ^m	13 ^m	9 ^m	5 ^m	2 ^m	0 ^m

Cet excès de vitesse des canons choke est d'autant plus grand que la vitesse initiale et l'étranglement du choke sont plus grands : il est dû aux causes ci-après :

Soit un canon M ayant à l'avant une partie étranglée N dont la section est la moitié de celle du canon.

Il est facile de se rendre compte que si un projectile plastique et non compressible est forcé de passer par la partie étranglée, la portion $efgh$ du projectile, qui y est engagée, aura une hauteur double de la hauteur ai qu'aurait eue la même quantité de matière dans la partie non étranglée du canon. Le passage dans cet étran-

Fig. 36.



glement aura pour conséquence de donner à l'avant du projectile une vitesse double de celle de l'arrière.

Cet effet se constate facilement avec une seringue, au moyen de laquelle on lance un jet d'eau avec une assez grande vitesse, tout en ne donnant qu'une faible vitesse au piston.

Soient :

S et s les sections de l'âme et de la partie étranglée d'un choke;
 V_0 la vitesse initiale *moyenne* de la charge;
 V et v les vitesses des couches avant et arrière de cette charge passant dans le choke;

on aura :

$$\frac{V}{v} = \frac{S}{s};$$

$$(1) \quad V = \frac{2V_0S}{S+s}, \quad (2) \quad v = \frac{2V_0s}{S+s}, \quad (3) \quad V - v = 2V_0 \frac{S-s}{S+s}$$

avec un canon calibre 12 dont l'âme a $18^{\text{mm}},5$ ($S = 2^{\text{cm}^2},688$) et dont la partie étranglée du choke a $15^{\text{mm}},4$ ($s = 2^{\text{cm}^2},378$); on aura avec $V_0 = 375^{\text{m}}$

$$V = 398^{\text{m}}, \quad v = 352^{\text{m}}, \quad V - v = 46^{\text{m}}.$$

Nous avons aménagé un fusil du calibre $13^{\text{mm}},6$ de façon à pouvoir fixer, au bout de son canon, un choke dont l'étranglement a varié de 0^{mm} à 3^{mm} et dont la longueur de la partie cylindrique étranglée a varié de 4 à 1 calibre.

Les plombs de l'avant des charges tirées dans ces choke ont eu à

peu près la vitesse que donne la formule (1), lorsque la longueur de la partie étranglée avait 1 à 2 calibres. Lorsque cette partie avait 4 calibres, elle diminuait l'effet du choke et elle réduisait l'accroissement de vitesse de la couche avant au tiers de ce qu'il était avec une partie étranglée longue de 1 à 2 calibres.

Dans les tirs du choke à étranglement de 3^{mm}, nous avons constaté plusieurs fois que les plombs de l'avant de la charge avaient eu une vitesse de plus de 400^m, tandis que ceux de l'arrière de cette charge s'étaient arrêtés dans le choke, soudés les uns aux autres et formant un bloc compact, qui avait empêché la sortie des bourres et des gaz de la poudre.

Le choke a pour effet d'allonger la charge de plombs et de faire

Fig. 37.

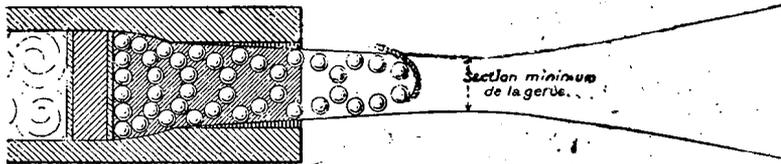


Schéma du mouvement d'une charge de plombs sortant d'un canon choke bored.

prendre aux plombs la disposition qui est représentée schématiquement par la figure 37 où l'étranglement du choke et l'intervalle entre les couches de plombs ont été exagérés à dessein (*fig. 48*).

On peut se faire une idée, ainsi qu'il suit, de l'espacement des couches de plombs dans le tir des canons choke. Une charge de 36^g de plombs de 2^{mm},6 contient 343 plombs, formant dans le calibre 12 neuf couches de 38 plombs; la hauteur de cette charge est de 22^{mm}. Lorsqu'elle passe dans un choke dont l'étranglement est 1^{mm},1, elle s'allonge de 2^{mm},9; la distance des centres de chaque couche est donc augmentée $\frac{2,9}{9} = 0^{\text{mm}},32$.

Le passage de la charge de plombs dans le choke produit une contraction de la charge qui se continue un peu au delà du choke. En tirant un canon choke, calibre 12, sur des planchettes de peuplier recouvertes d'une mince feuille de laiton, on peut constater que le diamètre du trou qui y est produit par les plombs a son minimum à la distance de 5^{cm} de la bouche du canon : ce diamètre

est alors $1^{\text{mm}},5$ inférieur à celui de la partie du canon d'où sortent les plombs. Cette particularité de la gerbe a été indiquée en l'exagérant sur la figure 37.

La dispersion latérale des plombs dans la partie centrale de la gerbe est moindre avec les canons choke qu'avec les canons cylindriques; cela contribue à diminuer la résistance de l'air et à augmenter la vitesse restante des plombs. Toutefois, la dispersion en longueur aux petites distances étant relativement grande, la résistance de l'air s'exerce avec plus de force sur les plombs qui sont en avant que sur ceux qui sont en arrière. Les plombs qui sont en avant sont rattrapés par ceux qui sont en arrière au bout d'un certain parcours. C'est pour cette raison que l'excès de vitesse chronographique des plombs tirés dans les canons choke n'est plus sensible au delà de 40^{m} .

166. Influence des grappes. — Les grappes de plombs conservent mieux leur vitesse que les plombs isolés. Quand il se forme une grappe de 5 à 10 plombs n° 6, elle a, par rapport aux plombs isolés, un excès de vitesse V_{15} d'environ 28^{m} , soit 9 pour 100.

Quand on tire des plombs durcis à la vitesse d'environ 375^{m} , il se forme presque toujours plusieurs grappes de deux plombs qui sont une cause d'erreur dans la mesure de la vitesse restante des plombs.

167. Influence de la densité des plombs. — La densité des plombs mous est en moyenne de 11,25, celle des plombs durcis de grosseur moyenne est 11,06. La différence de vitesse restante des plombs ayant une même vitesse initiale et un même diamètre, mais une densité différente, peut se calculer par la formule

$$\log V_x - \log V_x' = 0,4343 x \Delta f_0(V) \left(\frac{\alpha^2}{\rho d} - \frac{\alpha'^2}{\rho m} \right).$$

Appliquons cette formule au cas ci-après :

$$\alpha = 2^{\text{mm}},5, \quad V_0 = 375^{\text{m}}, \quad \Delta = 1,200;$$

$$\text{densités } 11,06 \text{ et } 11,25, \quad \text{canon choke.}$$

Vitesse des plombs durcis.....	$V_0 = 347^{\text{m}}$	$V_{15} = 285^{\text{m}}$	$V_{50} = 153^{\text{m}}$
Excès de vitesse des plombs mous sur celle des plombs durcis de même diamètre.....	$0^{\text{m}},5$	$1^{\text{m}},3$	$2^{\text{m}},4$

Les pertes de vitesse des plombs dans l'air dépendent, dans une large mesure, des déformations qu'ils ont subies dans le canon en s'écrasant les uns contre les autres, au moment du départ du coup. Les plombs durcis, se déformant à peu près deux fois moins que les plombs mous, conservent *en moyenne* mieux leur vitesse, malgré leur moindre densité.

168. **Influenca de la densité de l'air.** — Les vitesses restantes des projectiles tirés à une même vitesse initiale augmentent quand la densité de l'air diminue, ce qui a lieu quand la température ou l'humidité augmente et quand la pression barométrique diminue.

La différence de vitesse restante, causée par une différence de la densité de l'air Δ , peut se calculer de la façon suivante :

$$\log V_x - \log V'_x = 0,4343 x \frac{a^2}{p} f_0(V) (\Delta - \Delta')$$

on a, avec les éléments ci après :

$a = 2^{mm}, 5$, $V_0 = 375^m$, canon choke, humidité normale

Altitude de lieu.....	20 ^m	20 ^m	500 ^m	3000 ^m
Température.....	+ 15°	- 5°	+ 20°	+ 10°
Baromètre.....	755 ^{mm}	770 ^{mm}	718 ^{mm}	530 ^{mm}
Δ	1,200	1,332	1,131	0,868
Distance.....	15 ^m 50 ^m			
Vitesse restante V_x	285	153		
$V_x - V'_x$		- 8 - 14	+ 5 + 8	+ 22 + 41

Dans le tir d'une même espèce de cartouches à l'altitude de 20^m, on aurait, en outre, 15^m de vitesse initiale de moins à la température de - 5° qu'à celle de + 15°. Il en résulterait une variation de la vitesse restante donnée ci-après :

	Distance.....	15 ^m	50 ^m
Variation de la vitesse restante r résultant de la différence des.....	V_0	- 11 ^m	- 7 ^m
	Δ	- 8	- 14
	V_0 et Δ	- 19	- 21

169. **Vitesse relative des plombs atteignant le gibier en mouvement.** — Les plombs atteignant le gibier ont une vitesse au choc qui diffère sensiblement, suivant que le gibier se dirige sur le tireur ou qu'il s'en éloigne.

Plombs n° 7 ($\alpha = 2^{\text{mm}},5$), $V_0 = 375^{\text{m}}$.

Le gibier avance avec une vitesse de 13^{m}	VITESSE RESTANTE AU CHOC à la distance de	
	30^{m}	50^{m}
Perpendiculairement à la direction du tir.....	217 ^m	153 ^m
Vers le tireur.....	230	166
Du côté opposé au tireur.....	204	140

170. **Variations probables des vitesses restantes.** — L'ensemble des diverses causes produira les variations ci-après dans les vitesses restantes.

Plombs n° 6 ($\alpha = 2^{\text{mm}},75$), $c = 0,0766$, $V_0 = 375^{\text{m}}$.

Distances.....	15^{m}	30^{m}	50^{m}	
Vitesses restantes moyennes..... $V_c =$	288 ^m	222 ^m	165 ^m	
CAUSES DE VARIATIONS.		VARIATIONS DE V_c .		
Différence de 25^{m} dans V_0 (n° 136).....	16 ^m	8,7 ^m	5,0 ^m	
Différence de $0^{\text{mm}},5$ dans le diamètre des plombs.....	11	17	20	
Différence de densité de l'air résultant d'une différence de $\pm 10^\circ$ dans la température et de $\pm 120^{\text{m}}$ dans l'altitude du lieu.....	3,5	5	7	
Différence de vitesse des plombs d'une gerbe.....	2	5	12	
Variation probable résultant de l'ensemble des causes ci-dessus.....	30	20	25	

En résumé, quand on tire des fusils d'un même calibre nominal

avec des cartouches de provenance différente, vendues comme ayant la même charge de la même poudre, et le même poids de plombs du même numéro, on a des différences probables de 25^m dans les vitesses initiales, et de 20^m dans les vitesses restantes aux distances d'emploi. Dans les cas extrêmes, on peut avoir des différences 4 fois plus grandes.

CHAPITRE V.

RÉSISTANCE DE L'AIR SUR LES BALLES.

171. Résistance de l'air sur la sphère aux vitesses inférieures à 50^m. — La résistance de l'air sur la sphère aux vitesses inférieures à 50^m a été mesurée par de nombreux savants, et en premier lieu par Newton, au moyen de l'une ou l'autre des méthodes ci-après :

a. En la déduisant de la durée de chute de sphères ayant différents poids pour des hauteurs qui n'ont pas dépassé 70^m ;

b. En plaçant les sphères à l'extrémité du bras d'un manège que l'on faisait tourner à des vitesses variables et connues ;

c. En mesurant, ainsi que cela a été fait au laboratoire Eiffel, au moyen d'une balance, la poussée exercée par un courant d'air de vitesse connue, sur une sphère placée à l'extrémité d'un levier.

Les valeurs ainsi obtenues pour K (n° 153) dans ces expériences sont loin d'être concordantes et ont varié entre 0,011 et 0,042, soit du simple au quadruple. Les valeurs les plus sûres paraissent être celles obtenues au laboratoire aérodynamique de M. Eiffel, où l'on a observé ce qui suit. La valeur de K sur une sphère parfaitement polie, qui est 0,028 à la vitesse de 7^m, descend au minimum de 0,011 quand la vitesse est 12^m ; elle est ensuite constante jusqu'à la vitesse de 40^m, qui n'a pas pu être dépassée avec le matériel employé.

La valeur de K sur une sphère en bois non verni est double de ce qu'elle est sur une sphère en bois bien verni au tampon.

172. Résistance de l'air sur les projectiles sphériques aux grandes vitesses. — La résistance de l'air sur les projectiles sphériques aux grandes vitesses a été mesurée par la méthode balistique indiquée au n° 154 dans de nombreuses expériences faites en France et à l'étranger.

Les premières d'entre elles ont été faites par Robins et Hutton en Angleterre, à la fin du XVIII^e siècle.

Les résultats assez divergents de ces mesures ont été condensés par Hélie et donnés dans son *Traité de Balistique* (1862).

Nous avons jugé utile de faire d'autres expériences de même nature avec des balles sphériques.

Dans ce but, nous tirions des balles sphériques dans un canon de vélocimètre calibre 12 ou 28, sur deux cadres cibles garnis de fils de cuivre de 0^{mm},15 de diamètre, très peu résistants, aux distances de 20^m et 40^m. Nous enregistrons sur le vélocimètre la vitesse du recul, et les durées de trajet des distances de 20^m et de 40^m, d'où nous déduisons V_0 , ainsi que V_{10} et V_{30} .

Nous avons tiré des balles en plomb mou ou peu durci aux vitesses initiales inférieures à 380^m, des balles en plomb durci, à 10 pour 100 d'antimoine, aux vitesses de 380^m à 550^m; ces dernières balles nous ayant fourni des résultats irréguliers et anormaux, et ayant paru fondre partiellement dans le canon aux vitesses supérieures à 450^m, nous avons repris les expériences aux grandes vitesses avec des balles de zinc que nous avons tirées aux vitesses de 400^m à 700^m. Ces balles ne peuvent pas être employées dans ces expériences aux vitesses inférieures à 300^m, malgré les avantages qui résulteraient alors de leur faible densité, en raison de leur très mauvaise précision aux petites vitesses.

Ces diverses balles, coulées dans le même moule, avaient les dimensions ci-après :

	Diamètre.	Poids moyen.
Balles sphériques	en plomb à 3 pour 100 d'antimoine. ^{mm} 18,43	36,9
	id. à 10 id. .. 18,52	35,3
	en zinc..... 18,43	23,5

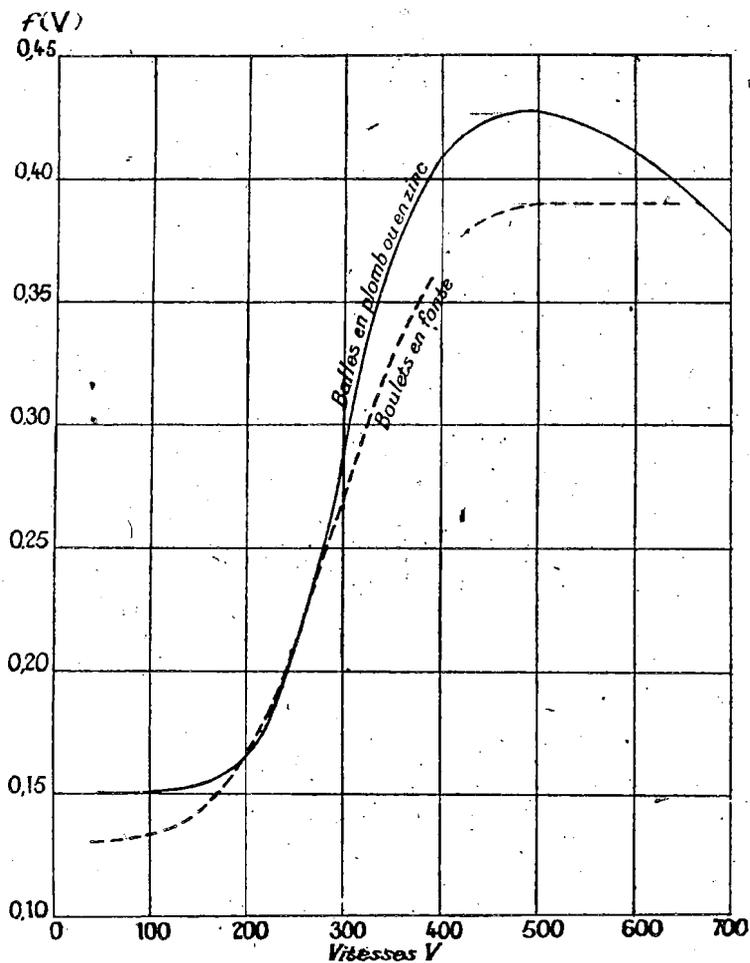
Entre le plus petit et le plus grand diamètre d'une balle, il y avait une différence de 0^{mm},1.

Nous avons mesuré ainsi 150 valeurs de la résistance de l'air à des vitesses moyennes comprises entre 65^m et 710^m. Les valeurs obtenues et régularisées graphiquement sont données dans le Tableau n° 41 et la figure 38.

De même que pour les obus ogivaux, le maximum de $f(V)$ des balles sphériques se produit à la vitesse d'environ 480^m.

Les valeurs obtenues pour $f(V)$ aux vitesses supérieures à 200^m ont été aussi régulières qu'on pouvait l'espérer. Les écarts *totaux*

Fig. 38.



$f(V)$ des projectiles sphériques isolés.

des valeurs des $f(V)$ des coups isolés n'ont que rarement dépassé 10 pour 100 de la valeur résultant de la régularisation finale. Les écarts *totaux* de $f(V)$ ont, au contraire, atteint 40 pour 100 de la valeur régularisée aux vitesses comprises entre 65^m et 150^m . Ce

manque de régularité des $f(V)$ aux petites vitesses est probablement attribuable, en grande partie, aux agitations inévitables de l'air, quoique nous ayons pris soin de ne faire les expériences à ce sujet que lorsqu'il y avait très peu de vent. On peut remarquer qu'à ces petites vitesses la précision du tir des balles sphériques tirées dans les canons lisses est très-mauvaise. Les irrégularités de la résistance de l'air et de la dispersion paraissent, dans ce cas, être dues aux mêmes causes.

173. Table pour le calcul des vitesses et des durées de trajet des balles sphériques. — Nous avons calculé, par les méthodes de Siacci, en nous servant des valeurs de $f(V)$, que nous avons obtenues pour les balles sphériques, les fonctions $D(V)$ et $S(V)$ qui permettent d'obtenir très facilement la vitesse et la durée de trajet d'une balle sphérique aux différentes distances, lorsqu'on connaît sa vitesse à une distance.

Les fonctions $D(V)$ et $S(V)$ sont données dans le Tableau n° 43; voici leur mode d'emploi.

Soient :

V_1 la vitesse au début du parcours x ;

V_2 la vitesse à la fin du parcours x ;

t , la durée de trajet de ce parcours ;

$c = \frac{\Delta \alpha^2}{p}$ le coefficient balistique de la balle.

On a

$$cx = D(V_2) - D(V_1),$$

$$ct = S(V_2) - S(V_1).$$

Exemple. — On demande quelle est la vitesse restante et la durée de trajet de la balle sphérique calibre 12 à la distance de 100^m, quand elle est tirée à la vitesse initiale de 388^m ?

$$\alpha = 18^{\text{mm}}, 5, \quad p = 37^{\text{g}}, 0, \quad \frac{\alpha^2}{p} = 0,00919, \quad \Delta = 1,200, \quad c = 0,01103;$$

$$D(V_{100}) = D(V_0) + 100 c,$$

$$t = \frac{S(V_{100}) - S(V_0)}{c}.$$

Tableau n° 43. :

$$\begin{aligned}
 D(388) &= + 1,429 \\
 100c &= + 1,103 \\
 \hline
 D(V_{100}) &= 2,532 \\
 V_{100} &= 272^{\text{m}}, 6. \\
 S(272,6) &= + 0,00621 \\
 S(388) &= - 0,00278 \\
 \hline
 \text{Différence} &= 0,00346 \\
 t &= \frac{0,00346}{0,01103} = 0^{\text{s}}, 314.
 \end{aligned}$$

174. **Vitesses restantes des balles sphériques.** — Le Tableau n° 42 donne les valeurs restantes des balles sphériques calibre 12 aux distances de 20^m, 50^m et 100^m, lorsqu'elles sont tirées aux vitesses initiales de 200^m à 700^m.

175. **Résistance de l'air sur les projectiles allongés.** — La résistance de l'air sur les projectiles allongés dépend de la forme de leur avant et de celle de leur arrière.

La balle D est, de toutes les balles employées pour la guerre ou la chasse, celle qui éprouve le moins de résistance de la part de l'air. Les balles généralement employées à la chasse ont une forme peu avantageuse au point de vue de la résistance de l'air; c'est sans grand inconvénient pour le tir à faible distance.

176. **Vitesses restantes des balles allongées.** — Le Tableau n° 45 donne les vitesses restantes, aux distances de 100^m, 200^m et 300^m, des balles allongées que l'on tire dans les fusils de chasse rayés.

On a admis que ces balles avaient un corps cylindrique et un avant de forme paraboloidale, long d'un calibre. Ces vitesses ont été calculées au moyen des Tables du *Traité de Balistique* de Charbonnier.

CHAPITRE VI.

ÉLÉMENTS DIVERS DE LA TRAJECTOIRE.

177. **Vitesse terminale.** — La vitesse des plombs et des balles décroît avec la distance, jusqu'à une limite qui est atteinte quand la résistance de l'air devient égale au poids du projectile. Cette vitesse limite est appelée *vitesse terminale*; elle est atteinte par les plombs et par les balles sphériques quand ils retombent sur le sol après avoir été tirés avec un angle de tir compris entre 90° et celui qui correspond à leur portée maximum, lequel est 17° pour les plombs de 2^m, 5 et environ 25° pour les balles calibres 12 et 16 tirées aux vitesses de 350^m à 450^m.

Désignons par q la vitesse terminale; en égalant le poids p du projectile à la résistance de l'air (n° 153), on a

$$p = \frac{\Delta a^3}{g} f(q) q^2.$$

Les plombs durcis de grosseur moyenne ont une densité de 11.08; entre leur poids et leur diamètre, on a la relation

$$p = 5,80 a^3 \quad (\text{unités } g, \text{ cm}).$$

À la vitesse terminale des plombs qui est de 20^m à 40^m, on a $f(q) = 0,20$. Dans ces conditions et avec une densité de l'air $\Delta = 1,200$,

$$q^2 = \frac{5,80 g a}{\Delta f(q)} = \frac{5,80 \times 9,81}{1,200 \times 0,20} a = 237 a,$$

$$q = 15,4 \sqrt{a} \quad (q \text{ en mètres, } a \text{ en millimètres}).$$

Avec les balles sphériques en plomb mou à la densité de 11,22, $p = 5,875 a^3$ et $f(q) = 0,150$ quand q est compris entre 50^m et 100^m. Dans ces conditions on a

$$q = 17,9 \sqrt{a}.$$

Vitesse terminale q des plombs durcis.

α (mm).....	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0
q (m).....	20	22	23	24	26	27	29	31	34	38	43

Vitesse terminale q des balles sphériques en plomb.

Calibre											
nominal.....	12 ^{mm} .	32.	28.	24.	20.	16.	14.	12.	10.	8.	4.
α (mm)....	10,4	12,75	14,0	14,7	15,6	16,8	17,6	18,5	19,7	21,2	23,75
p (g).....	6,61	12,19	16,12	18,65	22,30	27,86	32,0	37,2	44,9	56,0	78,7
q (m)....	58	64	67	69	71	73	75	77	79	82	87

178. Angles de projection et de chute, durées de trajet. — La connaissance des angles de projection permet :

a. de prévoir les corrections de pointage pour tenir compte de la distance du but ;

b. de régler la hausse d'un fusil pour les différentes distances, quand on a son réglage à une distance quelconque.

La connaissance des angles de chute n'a d'utilité que dans le tir à balle : elle permet de prévoir l'erreur admissible sur la distance ou sur la hausse d'un fusil, sans que la courbure de la trajectoire fasse manquer le but.

La connaissance des durées de trajet permet de prévoir les corrections de pointage à faire pour tenir compte de la vitesse du but et du vent.

Les Tableaux nos 39 et 40 donnent des renseignements sur les angles de projection et les durées de trajet des plombs et des balles sphériques aux différentes distances. Les Tableaux nos 44 et 45 donnent les tangentes des angles de projection et de chute, les vitesses restantes et les durées de trajet des balles allongées, des divers poids et calibres, susceptibles d'être employés à la chasse.

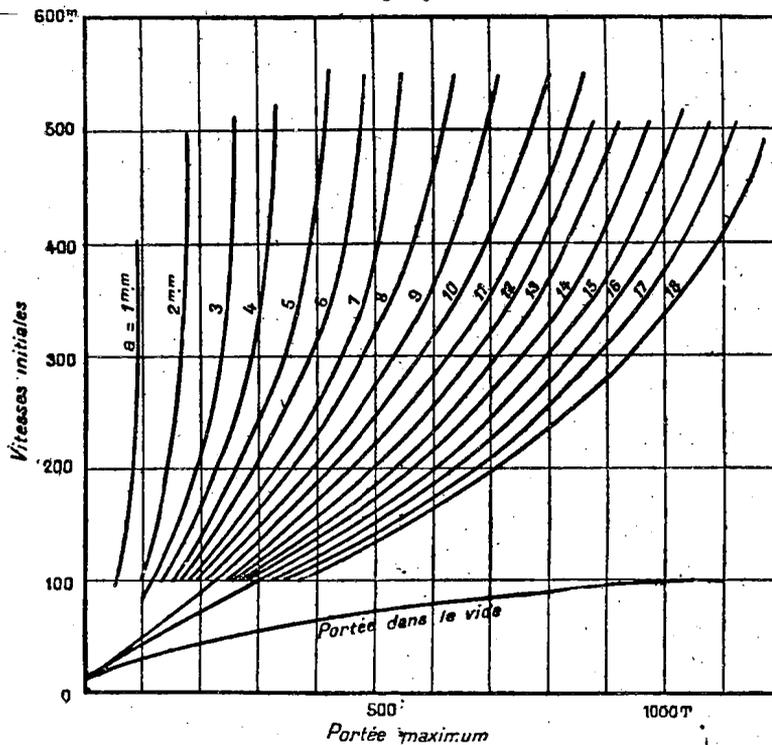
179. Portée maximum des projectiles. — Il peut être quelquefois utile pour prévenir des accidents ou simplement des réclamations, de connaître la portée maximum des projectiles que l'on tire.

La portée maximum de tous les projectiles serait obtenue dans le vide avec l'angle de tir de 45° , celle des projectiles d'armes por-

taives est obtenue dans l'air avec un angle toujours inférieur à 45° et d'autant moindre que le projectile est plus léger et que sa vitesse initiale est plus grande.

180. Portée maximum des projectiles sphériques en plomb. —
Les angles de tir avec lesquels on obtient la portée maximum des

Fig. 39.



Portée maximum des projectiles sphériques en plomb de diamètre a ,
aux différentes vitesses initiales.

projectiles sphériques en plomb, quand ils sont tirés à des vitesses initiales de 300^m à 400^m , sont :

Diamètre du projectile.....	1 ^{mm}	2 ^{mm}	3 ^{mm}	4 ^{mm}	6 ^{mm}	10 ^{mm}	18 ^{mm}
Angle de tir de la portée maximum.....	14°	16°	18°	19°	20°	22°	25°

La portée des projectiles sphériques reste très voisine du

maximum lorsque l'angle de tir est inférieur de un tiers ou supérieur de moitié à celui de la portée maximum.

La portée maximum des plombs et des balles sphériques en plomb ayant la vitesse initiale de 375^m est :

Diamètre ..	1^{mm}	2^{mm}	$2^{mm},5$	3^{mm}	$3^{mm},5$	4^{mm}	5^{mm}	6^{mm}	8^{mm}
Portée maximum..	90^m	170^m	210^m	245^m	280^m	315^m	380^m	440^m	550^m

Diamètre..	10^{mm}	12^{mm}	14^{mm}	$15^{mm},6$	$16^{mm},8$	$18^{mm},5$	20^{mm}	50^{mm}	100^{mm} (1)
Portée maximum..	660^m	760^m	860^m	940^m	990^m	1060^m	1150^m	2500^m	3950^m

La portée maximum des projectiles sphériques tirés aux vitesses de 100^m à 500^m est donnée (*fig. 39*) : on y voit que la portée maximum des plombs ne croît pas d'une façon sensible quand leur vitesse initiale croît au delà de 350^m . La portée maximum en mètres, des plombs tirés aux charges ordinaires de chasse, est en gros égale à 80 fois leur diamètre en millimètres.

A leur portée maximum, les plombs d'un coup se répartissent sur une longueur *totale* de près de 100^m ; les balles sphériques se répartissent sur une longueur *totale* égale à environ 15 pour 100 de cette portée.

181. Portée maximum des balles allongées. -- La portée maximum des balles allongées est obtenue avec l'angle de tir d'environ 32° : elle ne varie que de 4 pour 100 lorsque l'angle de tir varie entre 20° et 45° .

L'ancienne balle mod. 1873 du revolver mod. 1873 ($a = 11^{mm},2$; $p = 11^g,6$; longueur $l = 15^{mm}$; $V_0 = 170^m$) avait une portée maximum de 1050^m .

La balle du revolver mod. 1892 ($a = 8^{mm},18$; $p = 7^g,85$; $l = 15^{mm},6$; $V_0 = 225^m$) a une portée maximum de 1480^m .

La balle mod. 1883 du fusil mod. 1874 ($a = 11^{mm},05$; $p = 25^g,0$; $l = 27^{mm},15$; $V_0 = 445^m$) a une portée maximum de 2500^m à la température de -8° et de 2970^m à 29° .

L'ancienne balle mod. 1886 du fusil mod. 1886 ($a = 8^{mm},20$;

(1) La portée maximum des projectiles sphériques en plomb des diamètres de 50^{mm} et 100^{mm} a été déduite de celle qui a été observée avec des boulets sphériques en fonte ayant le même coefficient balistique.

$p = 15^g$; $l = 30^{mm},65$, $V_0 = 640^m$) avait une portée maximum de 2830^m à la température de -15° , de 3230^m à 15° et 3500^m à 35° .

La balle D du fusil mod. 1886 ($a = 8^{mm},20$; $p = 12^g,8$; $l = 39^{mm},2$; $V_0 = 702^m$) a une portée maximum de 4300^m à la température de 15° .

Les balles calibre 8^{mm} du poids de 15^g , ayant un corps cylindrique et un avant en forme de calotte sphérique, à flèche de 3^{mm} , n'ont qu'une portée extrême de 1900^m quand elles sont tirées à la vitesse initiale de 640^m .

La portée maximum en mètres des balles allongées à avant assez effilé a pour mesure, en gros, 100 fois leur longueur en millimètres, lorsque leur vitesse initiale est supérieure à 200^m .

182. Tir vertical. — Le seul élément de ce tir susceptible d'être observé est la durée du trajet depuis le départ du projectile jusqu'à son retour sur le sol :

PROJECTILE.			V_0 .	DURÉE du trajet. t
Nature.	Diamètre.	Poids.		
Plombs :	2,5 <small>mm</small>	0,0904 <small>g</small>	380 <small>m</small>	10,5 <small>s</small>
»	3,5	0,250	145 360	10,0 11,2
Balle sphérique	17,2	29,6	150 400	20 26
Balle mod. 1883	11,05	25,0	445	51
» 1886	8,20	15,0	40	51
» D	8,20	12,8	702	65

La vitesse restante des plombs, à une distance moyenne, est très peu différente suivant qu'on tire horizontalement ou verticalement.

La hauteur atteinte par les projectiles dans le tir vertical paraît être égale aux $0,77$ de leur portée maximum et être à peu près égale à $1,25 t^2$.

Cette hauteur paraît être :

- 160^m avec les plombs ($\alpha = 2^{\text{mm}}, 62$; $p = 0^{\text{s}}, 105$; $V_0 = 375^{\text{m}}$);
- 815^m avec la balle sphérique $\alpha = 17^{\text{mm}}, 1$; $p = 29^{\text{s}}, 45$; $V_0 = 380^{\text{m}}$);
- 2500^m avec la balle mod. 1886;
- 3300^m avec la balle D;
- 2800^m avec la balle S, allemande ($\alpha = 8^{\text{mm}}, 135$; $p = 10^{\text{s}}, 0$; $V_0 = 880^{\text{m}}$).

Pour faire retomber les projectiles près du tireur, il faut incliner le fusil du côté d'où vient le vent. Cette inclinaison atteint 20 pour 100 quand on tire à plombs avec un vent dont la vitesse est d'environ 7^m.

Les plombs de diamètre inférieur à 6^{mm} retombant sur le tireur sont sans danger pour lui. Les balles allongées du calibre 8^{mm} ont, en retombant, une vitesse de 120^m à 140^m. Ces balles pourraient blesser, même tuer l'homme qu'elles atteindraient.

CHAPITRE VII.

RICOCHET ET CHOC DES PROJECTILES.

183. *Lois générales.* — Lorsqu'un projectile frappe un obstacle il peut se comporter, suivant les cas, de trois façons différentes :

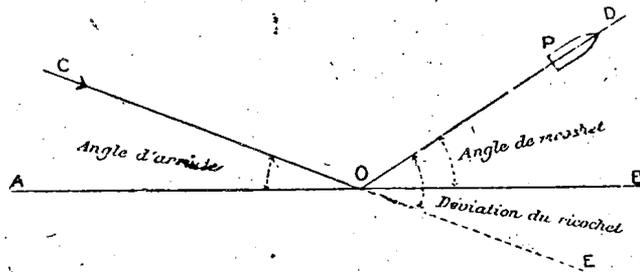
a. Lorsque l'angle que fait la trajectoire avec la surface frappée est inférieur à une limite donnée plus loin, le projectile ricoche. Les ricochets peuvent se produire sur des obstacles de dureté quelconque et tels que le fer, le bois, la terre et l'eau.

b. Lorsque l'obstacle frappé n'est pas très dur et très résistant, et lorsque la surface atteinte fait, avec la trajectoire, un angle supérieur à une limite donnée plus loin, le projectile pénètre dans l'obstacle.

c. Lorsque l'obstacle frappé est très dur et très résistant, et lorsque la surface atteinte fait un angle assez grand avec la trajectoire du projectile, celui-ci est arrêté et se brise quand la vitesse est grande.

184. *Définitions.* — Soit AB un obstacle frappé par un projectile P .

Fig. 40.



L'angle COA est l'angle d'arrivée.

L'angle DOB est l'angle de ricochet. La déviation du projectile

qui a ricoché est DOE et est égale à la somme des angles d'arrivée et de ricochet.

185. Ricochet sur la terre et sur l'eau. — Les projectiles de toute nature cessent de ricocher sur la terre et sur l'eau, quelle que soit leur vitesse, et s'y enfoncent lorsque l'angle d'arrivée est supérieur à 13° ou 14° . Ceux à avant très obtus cessent de ricocher sur l'eau à des angles d'environ 7° . Les angles de ricochet sur la terre sont très irréguliers, mais en moyenne ils sont doubles de l'angle d'arrivée, sauf de très près et à grande vitesse où ils sont notablement plus grands.

Les balles sphériques en plomb du calibre 16 qui sont tirées aux vitesses de 350^m à 450^m peuvent ricocher sur le sol jusqu'à la portée de 600^m .

Les balles allongées en plomb, des fusils de guerre actuels, peuvent ricocher sur un sol parallèle à la ligne de mire ou sur l'eau jusqu'à la portée de 2000^m à 2500^m . Les balles D ricochent jusqu'à la portée de 3100^m .

Les projectiles de toutes natures et de tous calibres qui frappent le sol, à une distance où le ricochet peut se produire, peuvent atteindre par plusieurs ricochets successifs la portée limite où ils cesseraient de ricocher en y arrivant de plein fouet. La portée de chacun de ces ricochets successifs est à peu près moitié moins grande que celle du ricochet précédent.

186. Ricochets sur le bois. — Lorsque des balles ou des plombs rencontrent du bois, l'angle limite d'arrivée au delà duquel les projectiles cessent de ricocher et pénètrent dans le bois dépend :

- a. De la vitesse d'arrivée ;
- b. De la dureté du bois ;
- c. De la forme de l'avant du projectile.

Angles limites d'arrivée avec lesquels les projectiles ricochent sur du bois.

VITESSE D'ARRIVÉE du projectile.	BOIS DUR (Chêne, orme, etc.).		BOIS TENDRE (Sapin, peuplier, etc.).	
	Projectile allongé.	Projectile sphérique.	Projectile allongé.	Projectile sphérique.
m				
150	37°	54°	23°	24°
200	27	37	17	18
250	21	29	13	14
300	18	24	10	12
350	15	19.30'	9.20'	10
400	13	18	8	9
500	10.30'	14	6.30'	7
600	8.40'	12	5.30'	6

Lorsque des balles ricochent sur du bois avec des angles d'arrivée inférieurs à 10° , l'angle de ricochet est généralement inférieur à l'angle d'arrivée ; avec des angles d'arrivée de 10° à 45° , l'angle de ricochet est généralement égal à l'angle d'arrivée. Avec des angles d'arrivée supérieurs à 45° , l'angle de ricochet est supérieur à l'angle d'arrivée.

Une balle sphérique ayant une vitesse de 140^m , qui ricoche sur du chêne avec un angle d'arrivée de 60° , a un angle de ricochet de 100° , une déviation *moyenne* de 160° : Elle peut revenir dans la direction du tireur.

Lorsqu'on tire des balles sur des surfaces de bois perpendiculaires à la direction de tir, les balles reviennent sur le tireur et peuvent l'atteindre s'il est à moins de 50^m , lorsque la vitesse d'arrivée sur du bois dur est inférieure à 120^m et sur du bois tendre lorsqu'elle est inférieure à 90^m .

187. **Danger résultant des ricochets à la chasse.** — Nous avons constaté dans des expériences que, contrairement à une opinion très répandue chez les chasseurs, l'angle limite avec lequel le ricochet se produit sur le bois est le même pour les plombs durcis que pour les plombs mous. Toutefois, les plombs durcis se déforment moins par le choc et leurs ricochets peuvent être dangereux

plus loin que ceux des plombs mous. Les plombs de 2^{mm},5 à 3^{mm},5 ricochant à moins de 40^m sur le sol ou sur du bois peuvent percer la peau ou crever l'œil de personnes peu éloignées. Les accidents de ce genre sont fréquents.

Les cartouches à balle sphérique pour fusils de chasse lisses sont souvent chargées, en raison de préjugés répandus, avec moins de poudre que les cartouches à plombs ; la vitesse initiale de leurs balles n'est que d'environ 300^m. Dans ces conditions, ces balles peuvent avoir une déviation de 60° à 90° en ricochant sur un arbre peu éloigné et elles peuvent revenir en arrière après deux ricochets successifs sur des arbres. Il y a souvent eu des blessures et des morts d'hommes dues à cette cause.

La déviation des balles par ricochet étant d'autant moindre que leur vitesse est plus grande, il convient de les tirer à une vitesse aussi grande que le permettent le recul et la pression à ne pas dépasser. Cette vitesse est de 400^m à 450^m avec les fusils de chasse lisses tirant des balles sphériques du calibre : elle peut être plus grande avec des balles moins lourdes que les précédentes.

Les balles allongées tirées dans les fusils rayés à des vitesses initiales de 500^m à 800^m ne sont que très peu déviées par ricochet aux petites distances ; elles ont, par contre, l'inconvénient de pouvoir atteindre, dans la direction de leur tir, la distance de plus de 2^{km} quand elles ne se trouvent pas arrêtées à leur arrivée de plein fouet ou après ricochet, par une pente montante, d'au moins 20 pour 100.

188. Choc des projectiles sur des obstacles très durs. — Lorsqu'un projectile en plomb frappe un obstacle dur, tel qu'une pierre ou du fer, avec une grande vitesse, la partie antérieure de la balle se pulvérise et se réduit même en vapeur, quand la vitesse est supérieure à 300^m ; le reste de la balle se brise en morceaux ; l'arrière reste à peu près intact.

Les balles de plomb font donc, dans ce cas, l'effet d'un projectile explosif d'autant plus puissant que la vitesse est plus grande. Lorsque le choc est normal à la surface atteinte, les morceaux sont projetés latéralement à plus de 50^m ; lorsque le choc est oblique, ces morceaux peuvent aller latéralement à 200^m en dehors de l'axe du tir.

L'enveloppe en maillechort ou en acier des balles allongées se brise à l'avant dès que la vitesse au choc dépasse 20^m et leur rupture est complète quand la vitesse dépasse 300^m.

Les balles en plomb, à arrière fortement creux, reviennent parfois en arrière à plus de 40^m, lorsqu'elles frappent une plaque de fer perpendiculaire à la direction du tir avec une vitesse de 200^m à 300^m.

Les balles sphériques calibre 12 choquant une plaque d'acier subissent l'écrasement relatif ci-dessous :

Vitesse d'arrivée.....	40 ^m	60 ^m	80 ^m	100 ^m	120 ^m	140 ^m	160 ^m	180 ^m
Écrasement des balles en plomb	} Mou..... 16% } A 10% d'an- } timoine... 6%	35	50	63	72	80		
		15	25	36	47	57	66	74

La mesure de cet écrasement permet de déduire la vitesse d'arrivée des balles avec une assez bonne approximation, dans les limites ci-dessus de ces vitesses.

CHAPITRE VIII.

PÉNÉTRATION DES PROJECTILES.

189. Milieux à pénétrer. — La comparaison de la pénétration des projectiles donne une idée assez juste de leur puissance meurtrière relative. C'est dans cet ordre d'idées que l'on mesure la pénétration des projectiles tirés dans les fusils de chasse.

Les milieux homogènes et modérément résistants sont les seuls dans lesquels la pénétration ait une certaine régularité; ceux d'entre eux qui conviennent le mieux sont : le papier pour la pénétration des plombs et le bois de sapin ou de peuplier pour celle des balles.

Toutes les feuilles du papier employé doivent être de même espèce, car la pénétration peut varier du simple au double suivant l'espèce.

Pour mesurer la pénétration des plombs dans le papier, on emploie généralement une longue boîte ouverte en dessus et en avant, qui est munie de rainures latérales intérieures, dans chacune desquelles on engage les bords d'une feuille d'un papier assez rigide. Les feuilles sont un peu espacées entre elles et l'on constate facilement, après le tir, le nombre de plombs qui ont traversé chacune d'elles.

Il est plus économique et plus simple d'employer du papier mince d'écriture ou d'imprimerie dont on met les feuilles en paquet. Après le tir on défait le paquet et compte le nombre de feuilles qui ont été franchement traversées ou qui ont simplement une déchirure visible, produite en fin de parcours du projectile.

La pénétration moyenne des plombs d'un coup dans le papier est celle obtenue par la moitié des plombs ayant atteint la première feuille. Il est illogique d'apprécier, ainsi qu'on l'a fait dans plusieurs concours, la pénétration des divers coups à plombs, par celle du plomb qui a percé le plus grand nombre de feuilles, car cette

pénétration maximum est généralement due, soit à une grappe de deux plombs, soit à un plomb notablement plus gros que la moyenne des autres, soit encore à deux plombs dont les empreintes étaient fortuitement très rapprochées.

La dimension des feuilles de papier doit être telle qu'elles reçoivent au moins 30 plombs par coup.

On se contente habituellement de comparer la pénétration des divers coups à plombs par le nombre de feuilles qui ont été traversées. Lorsqu'on veut mesurer la pénétration absolue dans le papier, on mesure l'épaisseur de plusieurs des feuilles, une à une, avec un palmer. Le produit de cette épaisseur par le nombre de feuilles traversées est alors la pénétration absolue dans le papier.

Les bois employés aux expériences de pénétration doivent être de même espèce et en planches, de préférence peu épaisses quand on tire à plombs, et d'épaisseur quelconque, mais uniforme, quand on tire à balle. Le bois doit être sain.

La pénétration dans une espèce de bois varie avec la direction des fibres et avec son état de siccité : elle est moindre dans les morceaux provenant du centre de l'arbre que dans ceux provenant des bords, même lorsqu'on en a enlevé l'aubier : elle est deux fois moindre dans les nœuds que dans les parties voisines. Elle dépend également du climat du pays dans lequel ont poussé les arbres dont les planches proviennent.

La mesure de la pénétration des plombs dans le bois nécessite le découpage du bois à la scie le long du trajet de chacun des plombs dans la dernière planche pénétrée.

La pénétration des plombs durcis dans le bois et le papier n'est supérieure à celle des plombs mous qu'autant que la vitesse d'arrivée est supérieure à 250^m, dans ce cas elle est 10 à 20 pour 100 plus grande que celle des plombs mous. Dans ce qui suit, il s'agira de la pénétration des plombs durcis ou des balles de diverses sortes.

La pénétration des projectiles en plomb dans les milieux de moyenne résistance tels que le papier, le bois, la terre, l'eau et les corps animés, n'augmente avec la vitesse qu'autant que ces projectiles ne sont pas fortement déformés ou brisés par le choc à l'arrivée dans le milieu.

Quand la vitesse augmente au delà de la limite ci-dessus, la pénétration reste stationnaire pour des augmentations ne dépassant pas 20 pour 100 et elle diminue pour des augmentations plus grandes de la vitesse. Dans ce cas, l'énergie cinétique du projectile se dépense autant à désorganiser le projectile que le milieu pénétré.

Les faits ci-après donneront une idée de la quantité d'énergie absorbée par la pulvérisation des balles en plomb par suite du choc.

Les balles en acier dur du calibre 8^{mm} et du poids de 13^g,7 percent 10^{mm} d'acier à la vitesse de 360^m, tandis que les balles en plomb du même diamètre et du même poids ne produisent le même effet qu'à une vitesse double et de 720^m. L'énergie cinétique absorbée par la pulvérisation de cette balle est 90^{kgm}, soit 25 pour 100 de son énergie avant le choc.

Une balle du calibre 7^{mm},7 et du poids de 13^g,8 pénètre de 54^{cm} dans du hêtre quand elle est à enveloppe de maillechort et seulement de 12^{cm} quand elle est à avant dénudé et du genre Dum Dum.

NATURE DU PROJECTILE.	MILIEU PÉNÉTRÉ.	VITESSE à partir de laquelle la pénétration en cesse de croître.
Plomb mou	Sapin	350 ^m
	Eau	300
Plomb durci	Sapin	450
En plomb à enveloppe de maillechort	Chêne, hêtre	600 ^m à 650 ^m

Lorsque la vitesse n'est que de 70^m à 100^m, les plombs ou balles sphériques rebondissent sur le sapin sans y pénétrer.

190. Pénétration dans le papier. — Désignons par :

Q la pénétration en millimètres ;

α le diamètre des plombs en millimètres ;

V la vitesse d'arrivée en mètres ;

J un coefficient déduit des résultats obtenus.

Les pénétrations que nous avons observées, en tirant sur diverses sortes de papier, des plombs, des chevrotines, des balles ayant des vitesses de 150^m à 350^m sont bien représentées par la formule

$$Q = J a^{1,6} V^{1,8},$$

dont le coefficient J est donné ci-après :

Genre de papier.	Épaisseur d'une feuille.	J.
Carte.....	0 ^{mm} ,480 à 1 ^{mm} ,165.	0,000025
»	0 ^{mm} ,356	0,000036
Journaux.....	0,05	0,000030
Livres.....	0,06	0,000036
Bulle.....	0,239	0,000061
Mou.....	0,252	0,000065

La pénétration moyenne des plombs n° 7 (2^{mm},62) que nous avons observée dans cinq espèces de papier d'épaisseur et de compacité différentes a été :

Vitesse.....	150 ^m	200 ^m	250 ^m	300 ^m	350 ^m
Pénétration.....	0 ^{mm} ,8	1 ^{mm} ,67	2 ^{mm} ,52	3 ^{mm} ,30	4 ^{mm} ,10

La pénétration à la vitesse de 300^m a varié de 3^{mm},08 à 7^{mm},89 suivant la nature du papier. Elle a donc varié plus que du simple au double.

191. Pénétration dans le bois. — Outre les notations indiquées au n° 190 désignons par :

s la section du projectile en centimètres carrés ;

l la longueur en millimètres des projectiles allongés, en plomb.

Dans les limites indiquées au n° 189 où la pénétration croît avec la vitesse, la pénétration des balles dans le sapin est bien représentée par les formules ci-après :

Genre de balles.	Formule de la pénétration.
Sphériques.....	$Q = 0,000125 \frac{P}{s} V^2$
Allongées.....	$Q = 0,000138 \frac{P}{s} V^2$
Allongées } courtes, pour pistolet. et en plomb } longues, pour fusil....	$Q = 0,000115 l V^2$
	$Q = 0,000130 l V^2$

La pénétration des balles allongées dans le peuplier est :

$$Q = 0,000115 \frac{P}{s} V^2,$$

$$Q = 0,000105 l V^2.$$

Lorsque les balles sont sphériques et en plomb à la densité de 11,20,

$$= -\frac{P}{s} = 0,7467a, \quad (a \text{ en millimètres});$$

dans ces conditions, la pénétration des balles sphériques de 8^{mm} à 18^{mm},5 de diamètre est bien représentée par les formules ci-après :

Nature du bois pénétré.	Formule de la pénétration.
Sapin.....	$Q = 0,000095 a V^2$
Chêne.....	$Q = 0,000053 a V^2$

La pénétration des plombs dans le bois est :

Plombs.	Bois.	Formule de la pénétration.
Mous	Peuplier	$Q = 0,000077 a V^2$
Durcis	Pin	$Q = 0,000045 a V^2$
Durcis	Sapin	$Q = 0,00006 a V^2$
Mous	»	$Q = 0,00005 a V^2$

La pénétration des plombs dans le sapin est en moyenne 3 fois plus grande que dans le papier.

192. Variation de la pénétration moyenne dans le papier à une même vitesse. — Lorsqu'on tire plusieurs coups à plombs de même grosseur, à une même vitesse, avec un canon cylindrique sur du papier à la distance de 5^m, on constate que la pénétration moyenne, déduite des pénétrations de 50 à 100 plombs par coup, a, d'un coup à l'autre, une variation probable relative qui est en moyenne de 8 pour 100. Le papier mou est celui dans lequel la variation est la moindre; elle n'y est que de 2 pour 100.

Dans plusieurs des concours de fusils de chasse qui ont eu lieu en Angleterre, on a essayé de classer les fusils et leurs cartouches d'après la pénétration moyenne des plombs dans des feuilles de

papier d'une même espèce ; on a dû y renoncer en présence de l'irrégularité évidente des résultats ainsi obtenus.

193. **Variation de la pénétration individuelle des projectiles de même espèce ayant la même vitesse.**— Lorsqu'on tire des plombs, à la distance de 5^m, avec un canon cylindrique, ou des balles ayant une vitesse régulière à une distance quelconque, dans du bois, du papier ou encore dans une terre homogène, on constate que les plombs d'un coup, ou les balles d'une série de coups, ont des pénétrations fort différentes.

Désignons par :

Q , la pénétration moyennée ;

Q_M , la pénétration maximum ;

Q_m , la pénétration minimum.

On a les relations ci-après entre ces pénétrations :

$$Q_M = 1,4 Q,$$

$$Q_m = 0,57 Q,$$

$$Q_M = 2,5 Q_m.$$

Les grappes de plombs, dont la pénétration a été éliminée des résultats ci-dessus, ont une pénétration supérieure à celle des plombs isolés ; celles des grappes de deux plombs est une fois sur deux sensiblement plus grande ; celle des grappes de plusieurs plombs est beaucoup plus grande.

194. **Causes influant sur la pénétration.** — Les préjugés des chasseurs et des professionnels de l'armurerie de chasse au sujet de la pénétration sont nombreux ; il suffit pour s'en convaincre de jeter un coup d'œil sur les prospectus et réclames des armuriers. Nous nous contenterons de leur opposer les affirmations ci-après qui résultent de très nombreuses observations faites dans des conditions aussi précises que possible.

La pénétration *moyenne* des plombs et des balles dans tous les milieux ne dépend que

a. De leur vitesse d'arrivée :

- b. De leur diamètre quand il s'agit de projectiles sphériques en plomb ;
- c. De leur dureté aux vitesses supérieures à 250^m ;
- d. Le calibre, la longueur et le type du fusil, ainsi que la nature de la poudre n'ont aucune influence propre sur la pénétration des plombs.

195. **Rapport entre la pénétration dans le sapin et dans le corps des animaux.** — Les balles ou plombs qui ne rencontrent pas de gros os dans le corps des animaux y pénètrent 7 à 10 fois plus que dans le sapin.

CHAPITRE IX.

PUISSANCE MEURTRIÈRE DES PROJECTILES.

196. Importance vitale des divers organes. — Les blessures faites par les projectiles aux animaux de toute espèce ont une action meurtrière et d'arrêt qui varie suivant les organes qui sont atteints.

Les blessures qui entraînent le plus rapidement l'arrêt et la mort des animaux sont celles du cerveau et surtout celles du cervelet. On paralyse les mouvements d'un animal en lui brisant la colonne vertébrale par un projectile. L'arrêt et la mort sont d'autant plus immédiats que la partie de la colonne vertébrale atteinte est plus près du crâne.

Un animal sauvage qui a le cœur traversé par une balle peut encore parcourir de 50^m à 300^m avant de tomber; il meurt au bout d'environ cinq minutes. Les blessures des poumons sont assez rapidement mortelles lorsque le projectile broie une côte ou l'épaule du côté du trou d'entrée; dans ce cas les éclats d'os et de balles coupent le plus souvent quelques-uns des gros vaisseaux qui sont au milieu des poumons. Dans le cas contraire, les blessures du poumon n'arrêtent pas les animaux. Il y a environ 50 pour 100 des blessures des poumons qui sont mortelles. Les blessures de l'abdomen entraînent la mort 50 fois sur 100, mais seulement au bout d'un temps assez long.

La fracture des os d'un membre n'empêche pas les petits quadrupèdes de courir; elle arrête généralement les grands quadrupèdes.

La fracture d'un os de l'aile fait tomber de suite les oiseaux.

Un projectile dont le diamètre n'est pas supérieur au $\frac{1}{50}$ de la longueur d'un animal et qui ne fait qu'en traverser les parties musculaires ne diminue pas son énergie d'une façon appréciable

et ne diminue pas la vitesse de sa course ou de son vol pendant le temps qui lui est nécessaire pour se mettre à l'abri ou pour attaquer son agresseur.

Un cheval traversé dans la longueur par une ou plusieurs balles des calibres de 6^{mm} à 11^{mm} peut encore galoper pendant 100^m à 200^m.

197. Rapport entre l'énergie cinétique et la puissance destructive des projectiles. — La pénétration des projectiles dans les parties molles des animaux est sensiblement proportionnelle à leur énergie cinétique par unité de surface $\frac{\rho V^2}{2gs}$, lorsqu'ils n'y sont pas fortement déformés par le choc : dans le cas contraire, la pénétration croît moins vite que l'énergie cinétique.

L'effet destructif sur les os longs est à peu près proportionnel à l'énergie cinétique $\frac{\rho V^2}{2g}$ des projectiles, sous la même réserve que ci-dessus, en ce qui concerne la perte d'énergie résultant de la pulvérisation de la balle par le choc aux grandes vitesses. L'effet destructif des balles sur les os est sensiblement indépendant de leur diamètre.

198. Influence du diamètre. — Les balles ont généralement une énergie plus que suffisante pour traverser complètement le corps des animaux lorsqu'ils n'y rencontrent pas de gros os. Les plombs de grosseur appropriée peuvent également le faire aux distances inférieures à 30^m. Dans ce cas le volume des chairs désorganisées est d'autant plus grand, la blessure est d'autant plus grave et la commotion est d'autant plus intense que le diamètre du projectile est plus grand. C'est pour cette raison qu'on emploie, pour la chasse à balles, les calibres les plus gros que le permettent les autres conditions à remplir. Dans des expériences faites en France, on a tué des chevaux à la distance de 1000^m en les atteignant avec une balle dure du calibre 4^{mm} pesant 25,5, mais on a reconnu qu'on obtenait plus sûrement le même résultat avec des balles d'un calibre plus grand.

On a de même reconnu pendant la guerre qu'on arrête bien plus sûrement un homme avec un pistolet de 9^{mm}, tel que le pistolet allemand *Parabellum*, qu'avec un pistolet de 7^{mm},65. Les

Américains préfèrent même les pistolets de 11^{mm} à 12^{mm} malgré leur recul pénible.

Jusqu'à présent on n'a pas su *chiffrer* l'importance relative du diamètre des balles.

Un fort coup de bâton donne lieu généralement à une commotion plus grande que celle que produit la pénétration d'un petit projectile ou d'une épée dans la même région du corps.

199. Effets des projectiles sur les parties molles des animaux. —

La peau offre une résistance assez grande à la pénétration des projectiles; après avoir été percée il suffit qu'il reste au projectile assez peu d'énergie pour qu'il pénètre profondément dans les chairs.

La balle mod. 1883 du fusil mod. 1874 ($a = 11^{\text{mm}}$; $p = 25^{\text{g}}$) perce la peau de l'homme et pénètre de 4^{cm} dans les chairs à la vitesse de 50^m; cette balle perce la peau du cheval à la vitesse de 110^m. Une balle sphérique ($a = 11^{\text{mm}}, 3$; $p = 8^{\text{g}}, 3$) produit une légère déchirure de la peau de l'homme à la vitesse de 60^m.

Un projectile qui pénètre dans les parties molles à une vitesse supérieure à 150^m y fait un trajet sensiblement rectiligne et dans le prolongement de sa trajectoire dans l'air. Aux vitesses inférieures à 160^m, le projectile, frappant très obliquement, peut cheminer entre cuir et chair et contourner les organes.

Les projectiles en plomb pur et les balles Dum Dum à avant dénudé commencent à se déformer dans les chairs à la vitesse d'arrivée de 330^m. Leur déformation y est très grande à la vitesse de 450^m.

Les balles allongées, à enveloppe dure et complète, peuvent traverser les chairs sans se briser jusqu'aux vitesses de 700^m à 900^m, suivant l'épaisseur de l'enveloppe. L'obliquité de l'axe des balles sur leur trajectoire dans les chairs augmente rapidement avec la pénétration et d'autant plus qu'elles sont plus longues. Les balles de 3,5 calibres sont complètement de travers après un parcours d'environ 50^{cm} dans les chairs, elles y font alors de larges dégâts. A vitesse égale, et sur de courts trajets, on obtient de plus grands effets destructifs dans les chairs avec des balles à avant obtus ou à ogive très tronquée qu'avec des balles à avant allongé et pointu.

200. Effets des projectiles sur les os. — Les projectiles de moyenne grosseur, qui frappent à la vitesse de 350^m les os minces ou les parties spongieuses des os longs, les traversent sans les faire éclater et n'y faisant que des fêlures. Lorsque la vitesse est plus grande, les os spongieux éclatent.

Lorsqu'un projectile atteint avec une énergie cinétique suffisante les parties médianes des os longs, il brise l'os et le fissure sur une grande partie de sa longueur.

Les balles en plomb mou et nu commencent à se briser sur les gros os quand leur vitesse est de 160^m . La pulvérisation de l'avant de la balle et la fragmentation du reste sont d'autant plus complètes que la vitesse est plus grande et que l'os est plus résistant : la désorganisation de la balle sur de gros os est complète à la vitesse d'environ 350^m à 400^m .

L'enveloppe de maillechort de moyenne épaisseur commence à se briser sur les gros os à la vitesse de 150^m , leur rupture est complète à la vitesse de 400^m . Ces enveloppes n'augmentent que peu la résistance des balles à la fragmentation.

201. Effets explosifs. — Quand une balle en plomb nu ou à enveloppe dure se pulvérise en partie et se brise pour le reste sur un os dur qu'elle a broyé sur toute son épaisseur, les fragments de la balle et de l'os sont projetés en avant dans les chairs, suivant un cône assez ouvert, et les mettent en bouillie. Quand l'énergie cinétique de la balle est considérable, la bouillie de plomb, d'os et de chairs est projetée hors du corps, en faisant dans la peau un trou de sortie qui peut avoir une ouverture de 10^{cm} à 20^{cm} . On dit, dans ce cas, que la balle a produit un effet explosif.

Lorsqu'un projectile animé d'une grande vitesse rencontre un organe compact et gorgé de liquide tel que le cerveau, le cœur, le foie, la rate, la vessie pleine, il en résulte une pression hydraulique très brusque dans les parties voisines de celles qui sont traversées; cette pression peut faire éclater l'organe ainsi atteint. A énergie cinétique égale, l'effet produit est sensiblement proportionnel à la section du projectile. Une balle de 8^{mm} ayant 600^m de vitesse qui atteint le cerveau d'un animal de 60^{kg} fait éclater toute la boîte crânienne et la projette en morceaux avec le cerveau et

une grande partie du reste de la tête. Cette balle peut aussi déchiqueter le cœur, ou broyer une partie du foie et en briser le reste en plusieurs morceaux. On dit également dans ce cas que la balle a produit un effet explosif.

Les balles allongées des calibres 8^{mm} à 11^{mm} produisent des effets explosifs sur les grands animaux quand leur vitesse au choc est supérieure à 400^m.

202. Effets des balles Dum Dum (n° 52).— Les balles Dum Dum sont organisées de façon à s'épanouir dans les chairs, à y faire des blessures beaucoup plus larges que celles qu'y feraient des balles peu déformables et à y produire des effets explosifs.

Les balles Dum Dum à avant dénudé commencent à s'épanouir dans les chairs à la vitesse au choc de 300^m à 350^m. Elles peuvent y produire de grands effets explosifs à la vitesse de 550^m. Elles ont moins de pénétration que les balles pleines et à enveloppe dure complète.

203. Influence du nombre d'atteintes. — L'arrêt et la mort des animaux sont d'autant plus certains et plus rapides que le nombre des projectiles pénétrants qui les atteignent est plus grand. On a constaté par des observations innombrables, faites dans les guerres, que les *balles* atteignant des hommes ou des chevaux leur causaient :

- 25 pour 100 de blessures mortelles ;
- 15 pour 100 de blessures graves des os avec fractures ;
- 60 pour 100 de blessures légères.

Sur quatre blessures, il y en a donc en moyenne une qui cause la mort *dans un temps plus ou moins éloigné* (1).

Il faut faire à un animal *au moins* cinq blessures très pénétrantes pour avoir *des chances* de le faire mourir en peu de temps : on n'a *la certitude* de tuer rapidement qu'en produisant au moins dix blessures pénétrantes.

(1) Pendant la guerre de 1914-1918, la proportion des hommes de l'armée française qui sont morts sur le terrain de combat, c'est-à-dire, en général, dans la journée où ils ont été atteints, a été de 21 pour 100 du nombre total des hommes atteints. La proportion des hommes qui sont morts rapidement ou longtemps après avoir été atteints a été de 32 pour 100 du nombre total des hommes atteints.

Les observations que nous avons faites dans les tirs aux pigeons ou à la chasse confirment ces déductions des blessures de guerre.

Quand un animal n'est traversé que par un seul projectile dans une partie *quelconque* du corps ou des membres, il a 4 chances sur 5 d'échapper au chasseur, surtout si celui-ci n'est pas aidé dans sa recherche par des chiens.

On a fréquemment vu des sangliers, des cerfs, des lions, etc., n'être arrêtés qu'à la dixième ou onzième balle qui les traversaient.

Roosevelt a écrit dans *Mes chasses en Afrique* qu'il dut tirer 7 balles, qui toutes avaient fait de grands ravages dans le corps, pour venir à bout d'un rhinocéros. Il lui a généralement fallu de 5 à 9 balles pour tuer un éléphant : il a rarement tué un animal avec une seule balle ayant touché.

On peut tuer un animal en le criblant de petits projectiles, mais on obtient plus sûrement et plus vite sa mort en le frappant avec 5 à 10 projectiles dont le poids total soit égal à celui des petits projectiles qui viennent d'être envisagés.

Une charge de plombs de grosseur moyenne a, jusqu'à la distance de 5^m au moins, autant de puissance meurtrière que celle de la balle pesant le même poids et ayant la même vitesse.

Un homme a de grandes chances de mourir s'il reçoit dans le corps ou la tête un coup de fusil choke à plombs n^{os} 5 à 7, tiré à charge normale, à la distance de 10^m à 20^m. Un coup de plomb n^o 00, aux distances de 15^m à 35^m, lui serait bien souvent fatal.

Beaucoup d'officiers faisant la guerre dans la brousse du Tonkin préféraient le fusil de chasse chargé à gros plombs à toute autre arme de défense.

On trouvera peut-être étrange que nous nous soyons autant occupé des blessures que peuvent causer à l'homme les projectiles des armes de chasse. Nous l'avons fait parce que ces armes sont souvent maniées par des maladroits et des imprudents qui trop souvent blessent ou tuent des humains. Les armes de chasse sont, en outre, fréquemment employées par leurs possesseurs, soit pour défendre leur vie et leurs biens contre des malfaiteurs, soit par ces derniers pour se débarrasser des défenseurs des biens qu'ils convoitent.

204. Relations entre l'énergie cinétique des projectiles et la

gravité des blessures. — Nous avons fait de nombreuses expériences pour déterminer la relation entre l'énergie cinétique des projectiles et la gravité des blessures qu'ils peuvent produire (1). Soient :

- B, le poids de l'animal en kilogrammes ;
 p, le poids du projectile en kilogrammes ;
 a, le diamètre des projectiles sphériques ;
 s, la surface en centimètres carrés des projectiles de forme quelconque projetée sur la surface du corps frappé ;
 V, la vitesse restante à l'arrivée en mètres par seconde ;
 $\frac{\rho V^2}{2g}$ sera l'énergie cinétique des projectiles en kilogrammètres ;
 $\frac{\rho V^2}{2gs}$ sera leur énergie cinétique en kilogrammètres par centimètre carré.

Le *minimum* de l'énergie cinétique nécessaire pour produire des blessures est donné par les formules ci-après, dont l'application est rendue très facile par le Tableau n° 48.

a. On perce la peau des *mammifères*, on pénètre un peu dans les parties molles, mais on ne produit aucun effet sur les os et l'on ne produit que des blessures sans importance vitale, lorsque :

$$(1) \quad \frac{\rho V^2}{2gs} = \frac{B^{\frac{4}{5}}}{13},$$

$$(2) \quad V = \frac{1,23 B^{\frac{4}{5}}}{\left(\frac{p}{s}\right)^{\frac{1}{2}}}.$$

Quand les projectiles sont sphériques et en plomb à la densité de 11,22, on a :

$$(3) \quad \frac{p}{s} = 0,00748 a^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} a \text{ en centimètres,} \\ p \text{ en kilogrammes,} \\ s \text{ en centimètres carrés,} \end{array} \right.$$

et, en conséquence,

$$(4) \quad V = \frac{14,2 B^{\frac{4}{5}}}{a^{\frac{1}{2}}}, \quad a \text{ en centimètres.}$$

(1) Les expériences que nous avons faites sur les blessures de l'homme et du cheval ont été exposées dans la *Revue d'Artillerie*, mai 1907.

b. On pénètre assez profondément dans les parties molles, on perce les os minces, on fêle ou on entame les os longs, on peut produire des blessures qui n'entraînent presque jamais l'arrêt immédiat, mais qui peuvent produire tardivement la mort, lorsque :

$$(5) \quad \frac{\rho V^2}{2g} = \frac{B^{\frac{4}{5}}}{5,6},$$

$$(6) \quad V = \frac{1,87 B^{\frac{4}{10}}}{\rho^{\frac{1}{2}}}.$$

Lorsque les projectiles sont en plomb et sphériques, on a également pour les vitesses supérieures à 120^m

$$(7) \quad V = \frac{0,773 B^{\frac{4}{10}}}{a^{\frac{3}{2}}}, \quad a \text{ en décimètres.}$$

c. On traverse le tronc, on traverse les os longs en les brisant, on peut produire des blessures graves qui peuvent entraîner l'arrêt immédiat et la mort rapide, lorsque :

$$(8) \quad \frac{\rho V^2}{2g} = \frac{B^{\frac{4}{5}}}{2,8},$$

$$(9) \quad V = \frac{2,65 B^{\frac{4}{10}}}{\rho^{\frac{1}{2}}}.$$

Lorsque les projectiles sont en plomb et sphériques, on a également pour les vitesses supérieures à 170^m

$$(10) \quad V = \frac{1,094 B^{\frac{4}{10}}}{a^{\frac{3}{2}}}, \quad a \text{ en décimètres.}$$

d. On peut brôyer les os longs et produire de grands désordres dans le corps, qui peuvent amener l'arrêt et la mort rapide, lorsque :

$$(11) \quad \frac{\rho V^2}{2g} = B^{\frac{4}{5}},$$

$$(12) \quad V = 4,43 \frac{B^{\frac{4}{10}}}{\rho^{\frac{1}{2}}}.$$

e. On produit les effets explosifs dans les corps, où le projectile rencontre un os épais et dur ou des organes gorgés de liquide, quand :

$$(13) \quad \frac{\rho V^2}{2g} = 2,5 B^{\frac{4}{3}},$$

$$(14) \quad V = 7 \frac{B^{\frac{4}{3}}}{\rho^{\frac{1}{2}}}.$$

Ces formules établies d'après les effets observés sur diverses sortes d'animaux, dont les plus petits étaient des pigeons de 0^{kg}, 150 et les plus gros étaient des chevaux de 700^{kg}, paraissent être encore applicables à des animaux plus petits et à d'autres plus grands que ceux sur lesquels les expériences ont porté. En effet, les résultats de ces formules s'accordent avec les observations faites et publiées par des chasseurs ayant tiré des éléphants, rhinocéros, hippopotames.

Ces formules sont applicables aux oiseaux et aux mammifères avec les réserves ci-après.

Le tronc des oiseaux est relativement mieux protégé par leurs plumes contre la pénétration des petits projectiles, que celui des mammifères ne l'est par leurs poils. Des plombs frappant le ventre d'un canard ou d'un faisan y pénétreront certainement moins que dans le corps d'un lapin du même poids, mais ils produiront à peu près les mêmes effets sur les membres et la tête des uns et des autres (1).

Nous avons donné dans la 2^e édition du présent livre des formules représentatives de l'énergie cinétique nécessaire pour produire les quatre sortes de blessures définies en *a*, *b*, *c* et *d*, dont le calcul était plus simple que celui des formules ci-dessus. Nous avons abandonné ces premières formules parce qu'elles fournissaient des résultats inexacts quand on les appliquait à des animaux de très grand ou de très petit poids.

205. Poids et tailles des animaux. — Les Tableaux nos 46 et 47 donnent le poids et la taille des principales espèces d'animaux

(1) Le poids des plumes est 10 pour 100 du poids total pour les pigeons et 14 pour 100 pour les canards.

d'après divers Ouvrages et en particulier d'après les *Mammifères*, par Menégaux, la *Zoologie*, de Chenu, et le *Dictionnaire de Physiologie*, de Richet. Les chiffres que l'on trouve à ce sujet dans les différents Ouvrages sont peu concordants ; il n'y a pas lieu de s'en étonner, car ils résultent généralement d'un petit nombre de mesures ; or le poids des animaux adultes d'une même espèce est susceptible de varier du simple au double, suivant les individus, et pour un individu il varie, dans l'année, suivant ses ressources alimentaires et pour d'autres causes encore.

La surface de la silhouette des animaux sera donnée au n° 297.

CINQUIÈME PARTIE.

DISPERSION DES PROJECTILES.

CHAPITRE I.

CONDUITE DES EXPÉRIENCES.

206. **Caractéristique du fusil employé.** — Lorsqu'un fusil de chasse à plombs ou à balle, doit être expérimenté au point de vue de la dispersion de son tir, il convient de mesurer les dimensions internes de la chambre, de l'âme et, s'il y a lieu, du choke, sur un moulage en soufre de ces parties (n° 6), afin de pouvoir rapporter les particularités de la dispersion observée aux particularités des dimensions. Avec de l'expérience on peut prévoir les particularités de la dispersion sur le vu des dimensions.

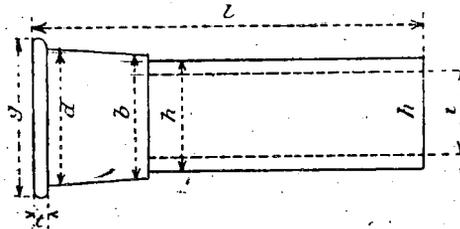
207. **Cartouches.** — Les cartouches destinées aux mesures de la dispersion doivent être chargées avec régularité. Les plombs doivent être chargés au moyen d'une palette compte-plombs (n° 33), afin d'assurer la constance de leur nombre qui, dans ce cas, importe plus que la constance de leur poids total. Lorsque des charges de 32^s de plombs n° 7 sont pesées à un plomb près, le nombre des plombs qui est en moyenne de 354, peut différer au total de 7 plombs d'une cartouche à l'autre, soit de 2 pour 100.

208. **Cibles pour le tir à plombs.** — Les cibles employées pour bien se rendre compte de la dispersion des plombs doivent être, autant que possible, assez grandes pour recevoir tous les plombs tirés. Quand la grandeur des cibles dont on dispose est fixe, il y a

TABLEAU N° 3.

Dimensions internationales des douilles de chasse.

Fig. 77.



La lettre M désigne la dimension *maximum*.
La lettre m désigne la dimension *minimum*.

CA- LIBRE nominal.	LONGUEUR		DIAMÈTRES EXTÉRIEURS			BOURRELET.		
	nomi- nale.	effective.	près du burrelet d.	du culot près du carton b.	du carton h.	Diamètre g.	Épaisseur t.	Rayon de l'arrondi.
12	65	M 65,0	mm 30,60	mm 30,35	mm 20,20	mm 22,45	mm 1,80	0,50
		m 64,5	20,50	20,25	19,95	22,25	1,70	
14	65	M 65,0	19,65	19,45	19,30	21,45	1,70	0,50
		m 64,5	19,55	19,35	19,05	21,25	1,60	
16	65	M 65,0	18,85	18,70	18,55	20,65	1,55	0,50
		m 64,5	18,75	18,60	18,30	20,45	1,45	
20	65	M 65,0	17,70	17,50	17,35	19,40	1,50	0,50
		m 64,5	17,60	17,40	17,10	19,25	1,40	
24	65	M 63,5	16,75	16,55	16,45	18,45	1,50	0,50
		m 63,0	16,65	16,45	16,20	18,30	1,40	
28	65	M 63,5	15,85	15,65	15,55	17,40	1,50	0,50
		m 63,0	15,75	15,55	15,30	17,25	1,40	
32	65	M 63,5	14,55	14,35	14,25	16,10	1,50	0,40
		m 63,0	14,45	14,25	14,00	15,95	1,40	
40	50	M 50,8	12,00	11,85	11,75	13,60	1,50	0,35
		m 50,3	11,90	11,75	11,55	13,45	1,40	

TABLEAU N° 6.

Diamètres et poids des projectiles sphériques en plombs.

DIAMÈTRE.	DENSITÉ.	POIDS.	DIAMÈTRE.	DENSITÉ.	POIDS.	DIAMÈTRE.	POIDS avec D = 11,22	DENSITÉ 11,22.			
								Calibre.		Balle sphérique.	
								l.	A. et a	p.	$\frac{a^3}{p}$
mm	g	mm	g	mm	g	mm	mm	g			
1,0	11,02	0,00577	4,0	11,16	0,3740	7,0	2,015	12	10,4	6,61	0,01637
1,1	-	0,00768	4,1	-	0,4027	7,2	2,183	32	12,75	12,19	0,01334
1,2	-	0,00996	4,2	+	0,4330	7,4	2,380	28	14,0	16,12	0,01216
1,3	-	0,01267	4,3	11,18	0,4653	7,6	2,585	24	14,7	18,65	0,01159
1,4	-	0,01583	4,4	-	0,4985	7,8	2,788	20	15,6	22,30	0,01091
1,5	-	0,01946	4,5	11,20	0,5344	8,0	3,010	16	16,8	27,86	0,01002
1,6	-	0,02363	4,6	-	0,571	8,2	3,240	14	17,6	32,00	0,00968
1,7	-	0,02835	4,7	-	0,610	8,4	3,483	12	18,5	37,20	0,00920
1,8	-	0,03363	4,8	11,22	0,650	8,6	3,737	10	19,7	44,9	0,00865
1,9	-	0,03955	4,9	-	0,691	8,8	4,003	8	21,2	56,0	0,00803
2,0	11,03	0,04620	5,0	11,24	0,736	9,0	4,283	4	23,75	78,7	0,00717
2,1	-	0,05347	5,1	-	0,780	9,2	4,575				
2,2	-	0,06147	5,2	-	0,827	9,4	4,880				
2,3	11,04	0,0703	5,3	11,26	0,877	9,6	5,20				
2,4	-	0,0798	5,4	-	0,927	9,8	5,53				
2,5	11,05	0,0904	5,5	-	0,983	10	5,87				
2,6	-	0,1016	5,6	11,28	1,032	11	7,82				
2,7	-	0,1139	5,7	-	1,089	12	10,15				
2,8	11,06	0,1270	5,8	-	1,147	13	12,91				
2,9	-	0,1412	5,9	-	1,207	14	16,13				
3,0	11,08	0,1566	6,0	-	1,270	15	19,83				
3,1	-	0,1728	6,1	-	1,334	16	24,07				
3,2	-	0,1901	6,2	-	1,401	17	28,88				
3,3	11,10	0,2088	6,3	-	1,470	18	34,27				
3,4	-	0,2284	6,4	-	1,540	19	40,3				
3,5	11,12	0,2496	6,5	-	1,613	20	47,0				
3,6	-	0,2717	6,6	-	1,690	25	91,8				
3,7	-	0,2950	6,7	-	1,767	30	159,3				
3,8	11,14	0,3200	6,8	-	1,847	40	376				
3,9	-	0,3460	6,9	-	1,940	50	734				

TABLEAU N° 7.

Diamètre a , poids p , et coefficient balistique $c = \frac{1,200 a^2}{p}$ des balles allongées en plomb à corps cylindrique et à avant paraboloidal, long de un calibre, en fonction de la longueur totale $\frac{l}{a}$ de la balle en calibres. Densité = 10,8.

$$p = a^3 \left[4,345 + 8,48 \left(\frac{l}{a} - 1 \right) \right].$$

$\frac{l}{a}$ \ a	5mm.	6mm.	7mm.	8mm.	9mm.	10mm.	11mm.	12mm.
1,5	1,074	1,855	2,945	4,40	6,26	8,59	11,44	14,84
2,0	1,725	2,982	4,735	7,07	10,06	13,80	18,37	23,85
2,5	2,133	3,687	5,86	8,74	12,45	17,07	22,70	29,50
3,0	2,663	4,603	7,31	10,92	15,55	21,31	28,37	36,82
3,5	3,195	5,52	8,77	13,08	18,62	25,55	34,00	44,20
4,0	3,743	6,44	10,22	15,25	21,72	29,79	39,63	51,45
coefficient balistique $c = \frac{\Delta a^2}{p}$, avec $\Delta = 1,200$.								
1,5	0,0280	0,0233	0,0290	0,0175	0,0155	0,0140	0,0127	0,0116
2,0	0,0171	0,0145	0,0124	0,0110	0,00966	0,00869	0,00790	0,00724
2,5	0,0141	0,0117	0,0100	0,00879	0,00782	0,00704	0,00639	0,00586
3,0	0,0101	0,00938	0,00816	0,00704	0,00625	0,00563	0,00504	0,00468
3,5	0,00838	0,00782	0,00670	0,00587	0,00522	0,00469	0,00421	0,00391
4,0	0,00806	0,00671	0,00576	0,00504	0,00448	0,00403	0,00372	0,00336

TABLEAU N° 8.

Densité de l'air.

Notations :

- Δ, densité de l'air;
- H; hauteur du baromètre en millimètres, réduite à la température de 0°;
- T, température de l'air;
- S, état hygrométrique de l'air;
- F, tension de la vapeur d'eau à la température T;
- M, densité de l'air sec;
- N, correction négative de M en raison de l'humidité.

$$\Delta = M - N.$$

Fig. 78.

État hygrométrique de l'air déduit de la différence T - T' des thermomètres secs et mouillés.

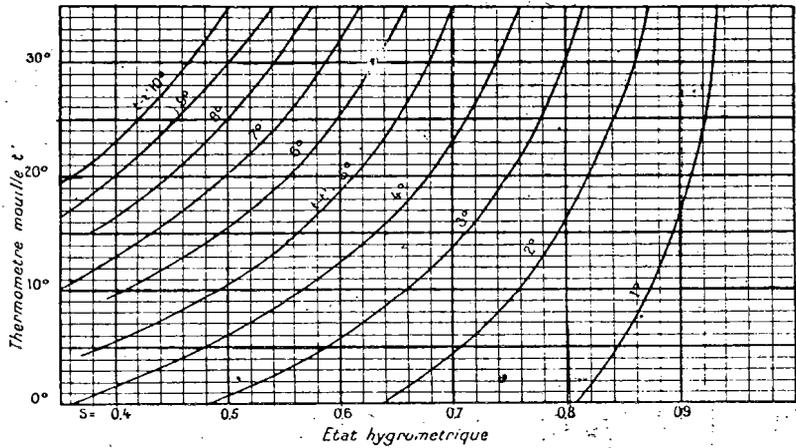


Tableau des valeurs de $N = \frac{0,1742SF}{273 + T}$.

T \ S	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1,0.
0.....	0,0012	0,0014	0,0017	0,0020	0,0023	0,0026	0,0028
5.....	0,0016	0,0020	0,0025	0,0029	0,0033	0,0037	0,0041
10.....	0,0022	0,0028	0,0036	0,0040	0,0046	0,0051	0,0056
15.....	0,0029	0,0038	0,0046	0,0054	0,0062	0,0069	0,0075
20.....	0,0042	0,0052	0,0062	0,0072	0,0083	0,0093	0,0103
25.....	0,0055	0,0069	0,0083	0,0097	0,0110	0,0124	0,0138
30.....	0,0072	0,0091	0,0109	0,0125	0,0145	0,0163	0,0181

TABLEAU N° 8 (suite).

Tableau des valeurs de $M = 0,4645 \frac{H}{273 + T}$.

T \ H	720 ^{mm.}	730 ^{mm.}	740 ^{mm.}	750 ^{mm.}	760 ^{mm.}	770 ^{mm.}	780 ^{mm.}
0							
10	1,2716	1,2893	1,3070	1,3246	1,3426	1,3598	1,3776
0	1,2550	1,2421	1,2591	1,2761	1,2931	1,3101	1,3272
1	1,2206	1,2376	1,2546	1,2715	1,2885	1,3054	1,3224
2	1,2162	1,2331	1,2500	1,2669	1,2838	1,3007	1,3176
3	1,2118	1,2286	1,2455	1,2623	1,2792	1,2960	1,3129
4	1,2074	1,2241	1,2409	1,2577	1,2745	1,2913	1,3081
5	1,2030	1,2197	1,2364	1,2531	1,2699	1,2866	1,3033
6	1,1987	1,2154	1,2320	1,2487	1,2654	1,2820	1,2987
7	1,1945	1,2111	1,2277	1,2443	1,2609	1,2775	1,2931
8	1,1902	1,2068	1,2233	1,2398	1,2564	1,2730	1,2894
9	1,1860	1,2025	1,2190	1,2354	1,2519	1,2684	1,2848
10	1,1818	1,1982	1,2146	1,2310	1,2474	1,2638	1,2802
11	1,1777	1,1940	1,2104	1,2267	1,2430	1,2595	1,2758
12	1,1736	1,1899	1,2062	1,2224	1,2387	1,2552	1,2713
13	1,1695	1,1857	1,2020	1,2181	1,2343	1,2509	1,2669
14	1,1654	1,1816	1,1977	1,2138	1,2300	1,2465	1,2624
15	1,1612	1,1774	1,1935	1,2096	1,2258	1,2419	1,2580
16	1,1573	1,1734	1,1895	1,2055	1,2216	1,2378	1,2537
17	1,1533	1,1694	1,1854	1,2014	1,2174	1,2335	1,2494
18	1,1494	1,1654	1,1814	1,1972	1,2133	1,2292	1,2451
19	1,1454	1,1614	1,1773	1,1931	1,2090	1,2250	1,2408
20	1,1414	1,1573	1,1732	1,1890	1,2048	1,2207	1,2365
21	1,1376	1,1534	1,1693	1,1850	1,2008	1,2166	1,2324
22	1,1338	1,1495	1,1653	1,1810	1,1967	1,2125	1,2282
23	1,1300	1,1456	1,1614	1,1770	1,1927	1,2084	1,2241
24	1,1262	1,1417	1,1574	1,1730	1,1886	1,2043	1,2199
25	1,1223	1,1379	1,1535	1,1691	1,1846	1,2002	1,2158
26	1,1186	1,1341	1,1497	1,1653	1,1807	1,1962	1,2117
27	1,1149	1,1304	1,1459	1,1614	1,1768	1,1923	1,2077
28	1,1112	1,1266	1,1421	1,1575	1,1729	1,1883	1,2037
29	1,1075	1,1229	1,1383	1,1536	1,1690	1,1844	1,1997
30	1,1037	1,1191	1,1344	1,1497	1,1651	1,1804	1,1957
35	1,0859	1,1009	1,1160	1,1311	1,1462	1,1613	1,1763

TABLEAU N° 39.

Angles de projection φ des plombs et des balles sphériques.

Plombs, $V_0 = 375^m$, — $\Delta = 1,200$.

Diamètre α ..	8 ^m ,49	6 ^m ,17	4 ^m ,0	3 ^m ,5	3 ^m ,0	2 ^m ,5	2 ^m ,0
c	0,024	0,033	0,0513	0,0589	0,0689	0,083	0,104
DISTANCES.							
10 ^m	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43
20.....	0,79	0,81	0,87	0,89	0,92	1,0	1,1
30.....	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0
40.....	1,7	1,9	2,2	2,3	2,4	2,8	3,1
50.....	2,4	2,6	3,1	3,3	3,6	4,1	4,8
60.....	3,0	3,3	4,1	4,5	5,0	5,8	7,2
80.....	4,0	5,0	6,9	7,6	8,8	11	15
100.....	6,0	7,4	11	12	15	20	28

Angles de projection φ et portées x des plombs de 2^{mm},5.

$V_0 = 375^m$, $\Delta = 1,200$.

φ	1°	2°	3°	4°	6°	8°	10°	15°	20°
x	95 ^m	122 ^m	137 ^m	148 ^m	164 ^m	180 ^m	192 ^m	210 ^m	210 ^m

Angles de projection des balles sphériques calibre 16.

$V_0 = 400^m$, $a = 17^{mm},2$, $p = 29^g,6$.

Distances ...	100 ^m	200 ^m	400 ^m	600 ^m	800 ^m	950 ^m
tang φ	0,0038	0,0090	0,034	0,080	0,25	0,47
φ	13'	31'	1°57'	4°35'	14°	25°

TABLEAU N° 40.

Durée de trajet des plombs. — Canons choke.

$$V_0 = 375^m, \quad \Delta = 1,200, \quad c = \frac{\Delta a^2}{\rho}$$

Diamètre a (en mm).	8,49	6,17	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
c	0,024	0,033	0,0513	0,0589	0,0689	0,083	0,104	0,160
DISTANCES.								
10.....	^s 0,0276	^s 0,0278	^s 0,0292	^s 0,0283	^s 0,0285	^s 0,0288	^s 0,0294	^s 0,030
20.....	0,0575	0,0586	0,0605	0,0611	0,0622	0,0639	0,0665	0,071
30.....	0,0892	0,0921	0,0971	0,0988	0,102	0,106	0,113	0,13
40.....	0,123	0,128	0,138	0,142	0,147	0,156	0,171	0,20
50.....	0,158	0,167	0,183	0,190	0,200	0,215	0,242	0,30
60.....	0,196	0,208	0,235	0,245	0,261	0,286	0,330	
70.....	0,235	0,253	0,292	0,308	0,332	0,370	0,438	
80.....	0,277	0,302	0,355	0,379	0,413	0,470	0,573	
90.....	0,321	0,353	0,426	0,458	0,508	0,590	0,743	
100.....	0,368	0,408	0,503	0,548	0,617	0,729	0,95	
150.....	0,64	0,75	1,04	1,2	1,4	1,9	2,8	
200.....			2,0	3,5	6,0			

TABLEAU N° 41.

Valeurs de $f(V)$ pour les balles sphériques isolées en plomb ou en zinc.

V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.
^m 30	0,150	^m 150	0,153	^m 300	0,287	^m 450	0,424	^m 600	0,410
40	0,150	160	0,154	310	0,304	460	0,425	610	0,407
		170	0,156	320	0,322	470	0,426	620	0,404
		180	0,158	330	0,339	480	0,427	630	0,400
50	0,150	190	0,160	340	0,354	490	0,427	640	0,397
60	0,150								
70	0,150	200	0,163	350	0,367	500	0,427	650	0,394
80	0,150	210	0,167	360	0,379	510	0,426	660	0,391
90	0,150	220	0,173	370	0,388	520	0,426	670	0,388
		230	0,182	380	0,396	530	0,425	680	0,385
100	0,150	240	0,195	390	0,403	540	0,423	690	0,383
110	0,151								
120	0,151	250	0,210	400	0,408	550	0,421	700	0,378
130	0,151	260	0,224	410	0,412	560	0,419		
140	0,152	270	0,239	420	0,416	570	0,417		
		280	0,254	430	0,419	580	0,415		
		290	0,270	440	0,422	590	0,412		

TABLEAU N° 40.

Durée de trajet des plombs. — Canons choke.

$$V_0 = 375^m, \quad \Delta = 1,200, \quad c = \frac{\Delta a^2}{\rho}.$$

Diamètre a (en mm).	8,49	6,17	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
c	0,024	0,033	0,0513	0,0589	0,0689	0,083	0,104	0,160
DISTANCES.								
10.....	0,0276	0,0278	0,0292	0,0283	0,0285	0,0288	0,0294	0,030
20.....	0,0575	0,0586	0,0605	0,0611	0,0622	0,0639	0,0665	0,071
30.....	0,0892	0,0921	0,0971	0,0988	0,102	0,106	0,113	0,13
40.....	0,123	0,128	0,138	0,142	0,147	0,156	0,171	0,20
50.....	0,158	0,167	0,183	0,190	0,200	0,215	0,242	0,30
60.....	0,196	0,208	0,235	0,245	0,261	0,286	0,330	
70.....	0,235	0,253	0,292	0,308	0,332	0,370	0,438	
80.....	0,277	0,302	0,355	0,379	0,413	0,470	0,573	
90.....	0,321	0,353	0,426	0,458	0,508	0,590	0,743	
100.....	0,368	0,408	0,503	0,548	0,617	0,729	0,95	
150.....	0,64	0,75	1,04	1,2	1,4	1,9	2,8	
200.....			2,0	3,5	6,0			

TABLEAU N° 41.

Valeurs de $f(V)$ pour les balles sphériques isolées en plomb ou en zinc.

V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.	V.	$f(V)$.
30 ^m	0,150	150 ^m	0,153	300 ^m	0,287	450 ^m	0,424	600 ^m	0,410
40	0,150	160	0,154	310	0,304	460	0,425	610	0,407
		170	0,156	320	0,322	470	0,426	620	0,404
50	0,150	180	0,158	330	0,339	480	0,427	630	0,400
60	0,150	190	0,160	340	0,354	490	0,427	640	0,397
70	0,150	200	0,163	350	0,367	500	0,427	650	0,394
80	0,150	210	0,167	360	0,379	510	0,426	660	0,391
90	0,150	220	0,173	370	0,388	520	0,426	670	0,388
		230	0,182	380	0,396	530	0,425	680	0,385
100	0,150	240	0,195	390	0,403	540	0,423	690	0,383
110	0,151								
120	0,151	250	0,210	400	0,408	550	0,421	700	0,378
130	0,151	260	0,224	410	0,412	560	0,419		
140	0,152	270	0,239	420	0,416	570	0,417		
		280	0,254	430	0,419	580	0,415		
		290	0,270	440	0,422	590	0,412		

TABLEAU N° 42.

Correspondance de V_0 avec V_{20} , V_{50} et V_{100} , pour la balle sphérique en plomb calibre 12.

$$a = 18^{\text{mm}}, 5, \quad p = 37^{\text{g}}, 20, \quad \frac{a^2}{p} = 0,00919, \quad \Delta = 1,200, \quad c = 0,011025.$$

V_0	V_{20}	V_{50}	V_{100}	V_0	V_{20}	V_{50}	V_{100}
^m							
200	193	183	168	450	410	360	300
210	203	193	177	460	419	368	304
220	213	202	185	470	428	374	309
230	221	210	192	480	437	382	313
240	230	218	199	490	446	389	318
250	239	225	205	500	455	396	323
260	248	233	211	510	464	404	328
270	257	241	217	520	473	412	333
280	266	247	222	530	482	420	338
290	274	254	225	540	492	427	344
300	282	261	233	550	501	435	349
310	291	268	237	560	511	443	354
320	299	274	242	570	520	451	360
330	308	281	247	580	529	459	366
340	316	287	252	590	538	467	372
350	324	294	256	600	548	476	378
360	333	300	260	610	557	484	384
370	341	306	265	620	566	492	390
380	350	312	269	630	575	501	396
390	358	319	273	640	585	509	403
400	367	325	278	650	595	518	409
410	375	332	283	660	604	526	415
420	383	339	286	670	614	535	422
430	392	346	291	680	624	544	429
440	400	353	295	690	634	553	437
				700	643	562	444

TABLEAU N° 43.

Fonction $D(V)$ pour le calcul des vitesses successives des balles sphériques et fonction $S(V)$ pour le calcul de leurs durées de trajet.

$$D(V_2) = D(V_1) + cx. \quad t = \frac{S(V_2) - S(V_1)}{c}$$

0,0⁸853 signifie 0,000853; d , différence.

V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.
^m 30	16,612		0,1994		^m 60	11,993		0,09007		^m 90	9,3556		0,05321	
31	16,420		0,1940		61	11,890		0,08849		91	9,2855		0,05247	
32	16,228		0,1886		62	11,787		0,08691		92	9,2153		0,05173	
33	16,037		0,1831		63	11,684		0,08533		93	9,1452		0,05100	
34	15,845		0,1777		64	11,582		0,08376		94	9,0750		0,05026	
		192		54			103		157			701		74
35	15,654		0,1723		65	11,479		0,08217		95	9,0049		0,04952	
36	15,462		0,1668		66	11,376		0,08060		96	8,9347		0,04878	
37	15,270		0,1614		67	11,273		0,07902		97	8,8646		0,04804	
38	15,079		0,1591		68	11,171		0,07743		98	8,7944		0,04731	
39	14,887		0,1505		69	11,068		0,07587		99	8,7243		0,04657	
40	14,696		0,1450		70	10,965		0,07429		100	8,6541		0,04583	
41	14,504		0,1417		71	10,883		0,07310		101	8,5908		0,04523	
42	14,398		0,1384		72	10,800		0,07192		102	8,5275		0,04462	
43	14,249		0,1351		73	10,718		0,07073		103	8,4642		0,04402	
44	14,100		0,1318		74	10,636		0,06955		104	8,4009		0,04342	
		149		33			82		119			633		60
45	13,952		0,1286		75	10,553		0,06836		105	8,3376		0,04382	
46	13,803		0,1253		76	10,471		0,06718		106	8,2743		0,04221	
47	13,654		0,1220		77	10,389		0,06599		107	8,2110		0,04161	
48	13,505		0,1187		78	10,306		0,06481		108	8,1477		0,04101	
49	13,356		0,1154		79	10,224		0,06362		109	8,0844		0,04041	
50	13,208		0,1121		80	10,142		0,06244		110	8,0211		0,03980	
51	13,086		0,1099		81	10,063		0,06151		111	7,9634		0,03930	
52	12,965		0,1077		82	9,9844		0,06059		112	7,9057		0,03880	
53	12,843		0,1055		83	9,9058		0,05967		113	7,8480		0,03830	
54	12,722		0,1033		84	9,8272		0,05875		114	7,7903		0,03780	
		122		22			786		92			577		50
55	12,600		0,1011		85	9,7486		0,05782		115	7,7326		0,03730	
56	12,479		0,09888		86	9,6700		0,05690		116	7,6749		0,03680	
57	12,357		0,09668		87	9,5914		0,05598		117	7,6172		0,03629	
58	12,236		0,09448		88	9,5128		0,05505		118	7,5595		0,03579	
59	12,114		0,09227		89	9,4342		0,05413		119	7,5018		0,03529	

TABEAU N° 43 (suite).

V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.
^m 120	7,1141		0,03479		^m 155	5,7651	419	0,02253	26	ⁿ 190	4,1779		0,01495	
121	7,3912		0,03437		156	5,723		0,02227		191	4,1162		0,01479	
122	7,3382		0,03391		157	5,6813		0,02202		192	4,1144		0,01462	
123	7,2853		0,03351		158	5,6391		0,02176		193	4,3827		0,01446	
124	7,2323		0,03310		159	5,5975		0,02150		194	4,3509		0,0143	
		530		42								318		16
125	7,1791		0,03267		160	5,5556		0,02124		195	4,3192		0,01414	
126	7,1261		0,03225		161	5,5165		0,02101		196	4,2874		0,01397	
127	7,0735		0,03183		162	5,4774		0,02077		197	4,2557		0,01381	
128	7,0205		0,03140		163	5,4383		0,02053		198	4,2239		0,01365	
129	6,9676		0,03098		164	5,3992	391	0,02029	24	199	4,1922		0,01349	
130	6,9146		0,03056		165	5,3601		0,02006		200	4,1604		0,01332	
131	6,8658		0,03020		166	5,3210		0,01982		201	4,1308		0,01318	
132	6,8170		0,02983		167	5,2819		0,01958		202	4,1011		0,01303	
133	6,7682		0,02947		168	5,2428		0,01935		203	4,0715		0,01289	
134	6,7194		0,02911		169	5,2037		0,01911		204	4,0418		0,01274	14
		488		36								297		
135	6,6706		0,02875		170	5,1646		0,01887		205	4,0122		0,01260	
136	6,6218		0,02839		171	5,1239		0,01866		206	3,9825		0,01245	
137	6,5730		0,02803		172	5,0953		0,01845		207	3,9529		0,01231	
138	6,5242		0,02767		173	5,0606		0,01825		208	3,9232		0,01216	
139	6,4754		0,02730		174	5,0259	317	0,01804	21	209	3,8936		0,01202	
140	6,4266		0,02694		175	4,9913		0,01783		210	3,8639		0,01188	
141	6,3814		0,02663		176	4,9566		0,01762		211	3,8366		0,01175	
142	6,3362		0,02632		177	4,9219		0,01741		212	3,8092		0,01162	
143	6,2910		0,02601		178	4,8872		0,01720		213	3,7819		0,01149	
144	6,2458		0,02570		179	4,8526		0,01700		214	3,7545		0,01137	
		452		21								274		13
145	6,2006		0,02538		180	4,8179		0,01679		215	3,7272		0,01124	
146	6,1554		0,02507		181	4,7839		0,01660		216	3,6998		0,01111	
147	6,1102		0,02476		182	4,7499		0,01642		217	3,6725		0,01098	
148	6,0652		0,02445		183	4,7159		0,01623		218	3,6451		0,01086	
149	6,0198		0,02414		184	4,6819		0,01605		219	3,6178		0,01073	
							340		18					
150	5,9746		0,02283		185	4,6479		0,01587		220	3,5904		0,01060	
151	5,9327		0,02357		186	4,6139		0,01568		221	3,5657		0,01049	
152	5,8908		0,02331		187	4,5799		0,01550		222	3,5409		0,01038	
153	5,8489		0,02305		188	4,5459		0,01532		223	3,5162		0,01027	
154	5,8070		0,02279		189	4,5119		0,01513		224	3,4914		0,01017	
		419		26								248		11

TABLEAU N° 43 (suite).

V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.
^m 225	3,4667	248	0,01006	11	^m 260	2,7337		0,007010		^m 295	2,2290	122	0,005170	41
226	3,4119		0,009946	110	261	2,7174		0,006947		296	2,2169		0,005129	
227	3,4172		0,009836		262	2,7011		0,006885		297	2,2047		0,005088	
228	3,3924		0,009727		263	2,6848		0,006822		298	2,1925		0,005047	
229	3,3677		0,009617		264	2,6685	163	0,006759	63	299	2,1804		0,005005	
230	3,3429		0,009507		265	2,6522		0,006696		300	2,1682		0,004964	
231	3,3202		0,009411		266	2,6359		0,006633		301	2,1571		0,004928	
232	3,2975		0,009314		267	2,6196		0,006570		302	2,1460		0,004891	
233	3,2748		0,009218		268	2,6033		0,006507		303	2,1349		0,004855	
234	3,2521		0,009121		269	2,5870		0,006444		304	2,1238		0,004818	
235	3,2294	227	0,009025	97	270	2,5707		0,006389		305	2,1127	111	0,004782	36
236	3,2067		0,008928		271	2,5560		0,006327		306	2,1016		0,004746	
237	3,1840		0,008831		272	2,5412		0,006274		307	2,0904		0,004709	
238	3,1613		0,008735		273	2,5265		0,006220		308	2,0793		0,004673	
239	3,1386		0,008638		274	2,5117		0,006166		309	2,0682		0,004636	
240	3,1159		0,008542		275	2,4970	147	0,006113	54	310	2,0571		0,004600	
241	3,0958		0,008460		276	2,4823		0,006059		311	2,0470		0,004568	
242	3,0756		0,008377		277	2,4675		0,006006		312	2,0369		0,004535	
243	3,0555		0,008295		278	2,4528		0,005952		313	2,0267		0,004503	
244	3,0353		0,008213		279	2,4380		0,005898		314	2,0165		0,004471	
245	3,0152	202	0,008130	82	280	2,4233		0,005845		315	2,0064	102	0,004439	32
246	2,9950		0,008048		281	2,4100		0,005798		316	1,9962		0,004407	
247	2,9749		0,007966		282	2,3966		0,005751		317	1,9861		0,004374	
248	2,9547		0,007884		283	2,3833		0,005704		318	1,9759		0,004342	
249	2,9346		0,007801		284	2,3699		0,005658		319	1,9658		0,004310	
250	2,9144		0,007719		285	2,3566	133	0,005611	47	320	1,9556		0,004278	
251	2,8963		0,007648		286	2,3433		0,005564		321	1,9463		0,004249	
252	2,8783		0,007577		287	2,3299		0,005517		322	1,9370		0,004221	
253	2,8602		0,007506		288	2,3166		0,005470		323	1,9277		0,004192	
254	2,8421		0,007435		289	2,3032		0,005424		324	1,9184		0,004163	
255	2,8241	181	0,007365	71	290	2,2899		0,005377	32	325	1,9091	93	0,004135	29
256	2,8060		0,007294		291	2,2777		0,005335		326	1,8998		0,004106	
257	2,7879		0,007223		292	2,2656		0,005294		327	1,8905		0,004078	
258	2,7698		0,007152		293	2,2534		0,005253		328	1,8812		0,004049	
259	2,7518		0,007081		294	2,2412		0,005212		329	1,8719		0,004020	

TABLEAU N° 43 (suite).

V	D(V).	d	S(V).	d.	V	D(V).	d.	S(V).	d.	V	D(V).	d	S(V).	d.
^m 330	1,8626		0,003992		^m 365	1,5851	71	0,003192		^m 400	1,3538	19	0,002586	
331	1,8540		0,003966		366	1,5780		0,003172		401	1,3478		0,002571	
332	1,8454		0,003941		367	1,5708		0,003153		402	1,3418		0,002576	
333	1,8368		0,003915		368	1,5637		0,003133		403	1,3357		0,002541	
334	1,8283		0,003889		369	1,5565		0,003114		404	1,3297		0,002527	
		86		7								60		15
335	1,8197		0,003864		370	1,5494		0,003094		405	1,3237		0,002512	
336	1,8111		0,003838		371	1,5426		0,003076		406	1,3177		0,002497	
337	1,8025		0,003812		372	1,5358		0,003058		407	1,3117		0,002482	
338	1,7939		0,003787		373	1,5290		0,003040		408	1,3056		0,002467	
339	1,7853		0,003761		374	1,5222		0,003022		409	1,2996		0,002452	
							68					18		
340	1,7767		0,003735		375	1,5154		0,003004		410	1,2936		0,002437	
341	1,7687		0,003712		376	1,5096		0,002985		411	1,2878		0,002423	
342	1,7606		0,003689		377	1,5028		0,002967		412	1,2820		0,002409	
343	1,7526		0,003665		378	1,4950		0,002949		413	1,2761		0,002395	
344	1,7446		0,003642		379	1,4882		0,002931		414	1,2703		0,002381	
		80		23								58		14
345	1,7365		0,003619		380	1,4814		0,002913		415	1,2645		0,002367	
346	1,7285		0,003596		381	1,4749		0,002896		416	1,2587		0,002353	
347	1,7204		0,003572		382	1,4684		0,002879		417	1,2529		0,002339	
348	1,7124		0,003549		383	1,4619		0,002862		418	1,2471		0,002325	
349	1,7044		0,003526		384	1,4554		0,002846		419	1,2413		0,002311	
							65					17		
350	1,6963		0,003502		385	1,4489		0,002829		420	1,2354		0,002297	
351	1,6888		0,003481		386	1,4424		0,002812		421	1,2298		0,002284	
352	1,6812		0,003460		387	1,4359		0,002798		422	1,2242		0,002271	
353	1,6736		0,003439		388	1,4294		0,002778		423	1,2185		0,002258	
354	1,6661		0,003417		389	1,4229		0,002761		424	1,2129		0,002244	
		76		21								56		13
355	1,6585		0,003396		390	1,4164		0,002744		425	1,2073		0,002231	
356	1,6510		0,003375		391	1,4102		0,002729		426	1,2016		0,002218	
357	1,6434		0,003353		392	1,4039		0,002713		427	1,1960		0,002204	
358	1,6359		0,003332		393	1,3976		0,002697		428	1,1904		0,002191	
359	1,6283		0,003311		394	1,3914		0,002681		429	1,1847		0,002178	
							63					16		
360	1,6208		0,003290		395	1,3851		0,002665		430	1,1791		0,002165	
361	1,6136		0,003270		396	1,3799		0,002649		431	1,1736		0,002152	
362	1,6065		0,003251		397	1,3726		0,002634		432	1,1682		0,002140	
363	1,5994		0,003231		398	1,3663		0,002618		433	1,1627		0,002127	
364	1,5922		0,003211		399	1,3601		0,002602		434	1,1572		0,002115	
		71		19								55		13

TABLEAU N° 43 (suite).

V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.
		55		13										
^m 435	1,1518		0,002102		^m 470	0,96897		0,001698		^m 505	0,80079		0,001353	9
436	1,1463		0,002090		471	0,96403		0,001687		506	0,79615		0,001344	
437	1,1408		0,002077		472	0,95910		0,001677		507	0,79151		0,001334	
438	1,1354		0,002064		473	0,95416		0,001666		508	0,78686		0,001325	
439	1,1299		0,002052		474	0,94922		0,001656		509	0,78222		0,001316	
							494		10					
440	1,1244		0,002039		475	0,94429		0,001646		510	0,77758		0,001307	
441	1,1191		0,002027		476	0,93935		0,001635		511	0,77302		0,001298	
442	1,1138		0,002015		477	0,93441		0,001625		512	0,76846		0,001289	
443	1,1085		0,002003		478	0,92947		0,001615		513	0,76390		0,001280	
444	1,1032		0,001992		479	0,92454		0,001604		514	0,75934		0,001271	
		53		12										9
445	1,0979		0,001980		480	0,91960		0,001594		515	0,75478		0,001262	
446	1,0925		0,001968		481	0,91477		0,001584		516	0,75022		0,001254	
447	1,0872		0,001956		482	0,90994		0,001574		517	0,74566		0,001245	
448	1,0819		0,001944		483	0,90511		0,001564		518	0,74110		0,001236	
449	1,0766		0,001932		484	0,90028		0,001554		519	0,73654		0,001227	
							483		10					
450	1,0713		0,001920		485	0,89545		0,001544		520	0,73198		0,001218	
451	1,0661		0,001909		486	0,89062		0,001534		521	0,72750		0,001210	
452	1,0609		0,001897		487	0,88579		0,001524		522	0,72302		0,001201	
453	1,0557		0,001886		488	0,88096		0,001514		523	0,71854		0,001193	
454	1,0506		0,001874		489	0,87613		0,001504		524	0,71406		0,001184	
		52		11										9
455	1,0454		0,001863		490	0,87130		0,001494		525	0,70958		0,001177	
456	1,0402		0,001852		491	0,86657		0,001485		526	0,70510		0,001167	
457	1,0350		0,001840		492	0,86184		0,001475		527	0,70062		0,001158	
458	1,0298		0,001829		493	0,85711		0,001466		528	0,69614		0,001150	
459	1,0247		0,001818		494	0,85238		0,001456		529	0,69166		0,001141	
							473		10					
460	1,0195		0,001806		495	0,84765		0,001446		530	0,68718		0,001133	
461	1,0144		0,001795		496	0,84292		0,001437		531	0,68277		0,001125	
462	1,0094		0,001784		497	0,83819		0,001427		532	0,67836		0,001116	
463	1,0043		0,001774		498	0,83346		0,001418		533	0,67395		0,001108	
464	0,99927		0,001763		499	0,82873		0,001408		534	0,66954		0,001100	
		505		11										8
465	0,99422		0,001752		500	0,82400		0,001399		535	0,66513		0,001092	
466	0,98917		0,001741		501	0,81936		0,001389		536	0,66072		0,001083	
467	0,98412		0,001730		502	0,81472		0,001380		537	0,65631		0,001075	
468	0,97907		0,001719		503	0,81007		0,001371		538	0,65190		0,001067	
469	0,97402		0,001708		504	0,80543		0,001362		539	0,64749		0,001059	
							464		9					

TABLEAU N° 43 (suite).

d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.	V.	D(V).	d.	S(V).	d.
392	0,0 ³ 3147	61	^m 665	0,13353	386	0,0 ³ 1960	58	^m 685	0,05683	381	0,0 ⁴ 823	56
	0,0 3087		666	0,12966		0,0 1902		686	0,05302		0,0 767	
	0,0 3026		667	0,12580		0,0 1844		687	0,04921		0,0 712	
	0,0 2965		668	0,12194		0,0 1786		688	0,04539		0,0 656	
	0,0 2905		669	0,11808		0,0 1728		689	0,04158		0,0 601	
	0,0 ³ 2844		670	0,11422		0,0 ³ 1669		690	0,03777		0,0 ⁴ 545	
	0,0 2784		671	0,11039		0,0 1613		691	0,03399		0,0 490	
	0,0 2725		672	0,10655		0,0 1556		692	0,03022		0,0 436	
	0,0 2665		673	0,10272		0,0 1499		693	0,02643		0,0 381	
	0,0 2606		674	0,09888		0,0 1442		694	0,02266		0,0 327	
389	0,0 ⁴ 2547	53	675	0,09506	333	0,0 ³ 1385	57	^m 695	0,01889	378	0,0 ⁴ 272	54
	0,0 2488		676	0,09122		0,0 1329		696	0,01511		0,0 218	
	0,0 2428		677	0,08739		0,0 1272		697	0,01133		0,0 163	
	0,0 2369		678	0,08356		0,0 1215		698	0,00755		0,0 105	
	0,0 2309		679	0,07972		0,0 1158		699	0,00378		0,0 ⁵ 545	
	0,0 ³ 2250		680	0,07589		0,0 ³ 1101		700	0,000		0,000	
	0,0 2192		681	0,07208		0,0 1046						
	0,0 2134		682	0,06827		0,0 ⁴ 990						
	0,0 2076		683	0,06445		0,0 934						
	0,0 2018		684	0,06064		0,0 879						
386		58			331		56					

TABEAU N° 45.

Vitesses restantes et durée de trajet des balles allongées.

Vitesses restantes..... v
 Durées de trajet..... t
 Distances..... x
 Coefficient balistique..... $c = \frac{\Delta \alpha^2}{p}$

V_0	c									
	0,014	0,016	0,018	0,010	0,012	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012
	v					t				
	$x = 100^m$					$x = 100^m$				
400 ^m	349 ^m	330 ^m	315 ^m	303 ^m	292 ^m	0,265 ^s	0,279 ^s	0,288 ^s	0,296 ^s	0,303 ^s
500.....	428	397	370	347	329	0,212	0,225	0,234	0,243	0,252
600.....	515	477	441	409	380	0,180	0,187	0,195	0,203	0,212
700.....	607	563	522	483	446	0,155	0,160	0,166	0,173	0,180
800.....	700	652	607	563	521	0,135	0,139	0,144	0,149	0,155
	$x = 200^m$					$x = 200^m$				
400.....	315	292	274	258	245	0,573	0,605	0,630	0,654	0,678
500.....	370	329	302	282	265	0,492	0,505	0,536	0,568	0,593
600.....	441	390	335	306	285	0,390	0,407	0,459	0,492	0,525
700.....	522	446	384	338	308	0,330	0,358	0,389	0,424	0,456
800.....	607	521	446	384	338	0,287	0,310	0,336	0,366	0,398
	$x = 300^m$					$x = 300^m$				
400.....	292	266	245	227	211	0,904	0,964	1,02	1,07	1,12
500.....	329	291	265	244	226	0,755	0,780	0,888	0,947	1,01
600.....	380	319	285	260	240	0,634	0,712	0,785	0,855	0,906
700.....	446	359	308	278	255	0,545	0,612	0,689	0,755	0,818
800.....	521	413	338	296	269	0,466	0,521	0,595	0,669	0,735

TABLEAU N° 46.

Poids et longueur des oiseaux.

ESPÈCES.	POIDS.	LONGUEUR de la tête au coccyx.
Roitelet.....	kr 0,0055	
Hirondelle.....	0,016	
Martinet.....	0,033	
Moineau.....	0,026	
Étourneau.....	0,071	
Merle.....	0,094	
Caille.....	0,080 à 0,100	m 0,165
Geai.....	0,18	
Pigeon ramier.....	0,35	
Id. domestique.....	0,30 à 1,42	
Id. de tir commun.....	0,183 à 0,407	
Id. Id. Id.....	0,363	0,24
Id. Id. Monaco.....	0,248 à 0,282	
Perdrix grise.....	0,35	0,30
Id. rouge.....	0,44	
Sarcelle.....	0,31	
Poule d'eau.....	0,55	
Canard sauvage.....	0,73 à 1,1	
Id. domestique.....	1,3 à 2,5	
Corbeau.....	0,52 à 0,62	0,50 à 0,60
Faisan mâle.....	1,50	
Id. femelle.....	1,00	
Buse.....	0,65 à 1,01	0,65
Grand duc.....		0,65
Pintade.....	1,25	
Poule.....	1,33	0,33
Id.....	1 à 2,5	
Dinde.....	2 à 5	
Oie sauvage.....	2,02	
Oie domestique.....	3 à 7	
Paon.....	2,8	
Cygne.....	5,3	
Vautour.....	7,5	

TABLEAU N° 47.

Poids et tailles des mammifères adultes.

ESPÈCES.	POIDS			LONGUEUR de la tête au coccyx			HAUTEUR au garot		
	moyen.	minimum.	maximum.	moy.	Limites		moy.	Limites	
					min.	max.		min.	max.
Rat.....		kg 0,125	kg 0,45		m 0,14	m 0,21			
Surmulot.....					m 0,24	m 0,28			
Lapin.....	kg 1,25			m 0,42	m 0,40		m 0,22		
Lièvre.....	3,2	2,05	9		m 0,50	m 0,65	m 0,30	m 0,20	m 0,38
Chat.....	4,0	2,05	8	m 0,70				m 0,30	m 0,44
Renard.....	6,5	5	10	m 0,75	m 0,70	m 1,06	m 0,38	m 0,30	m 0,43
Loutre.....	11,5	8	15	m 1,02			m 0,25		
Loup.....	35	31	57	m 1,2				m 0,75	m 0,85
Chevreuil.....		15	30	m 1,22	m 1,10	m 1,35	m 0,74	m 0,70	m 0,90
Cerf.....		100	270		m 2,10	m 2,30	m 1,22		m 1,33
Sanglier de 1 an.....		25	40						
» 2 ans.....		50	70						
» 3 ans.....		80	100						
» 4 ans.....		100	120						
Sangliers de plus de 4 ans.		150	200	m 1,00		m 1,72			m 0,89
Orang-outang.....			75						
Lynx.....	20		45		m 0,80	m 1,30	m 0,65		
Ours brun.....	300			m 1,05		m 2,5			
» polaire.....	400								
» gris (U. S.).....	650								
Tigre.....		120	190	m 1,5		m 2,00		m 0,70	m 1,05
Lion.....		120	250	m 1,80	m 1,63	m 2,6	m 0,83	m 0,80	m 1,08
Mouton.....	27		76				m 0,74	m 0,46	m 0,95
Cheval.....	505	200	730	m 2,45			m 1,59	m 1,20	m 1,74
Taureau.....	640						m 1,37		m 1,70
Bufle.....	1000		1400	m 2,66			m 1,80		
Girafe.....						m 3,05	m 2,56		
Rhinocéros.....	1640	1000	3000	m 3,11	m 2,4	m 3,5	m 1,83	m 1,3	m 1,8
Hippopotame.....	1800	1200	3500	m 3,03	m 2,00				
Éléphant d'Asie.....		2000	3000	m 3,35		m 3,60		m 2,4	m 3,6
» d'Afrique.....	3000	2000	12000				m 3,06	m 2,7	m 4,25
Éléphant du Jardin des Plantes, 30 ans..	4500						m 3,48		

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

55, quai des Grands-Augustins (6°).

133654-49.

Dépôt légal imprimeur 1949, n° 535.

Dépôt légal éditeur 1949, n° 266.