tère, de l'espèce de notre vin national! Encore faudra-t-il l'appliquer rigoureusement afin d'enrayer les anciennes tendances toujours existantes de produire des vins dénaturés par une teneur en alcool exagérée, de remplacer la base naturelle de la bonne année par un certain «Norddeutsche Geschmack» ou le type des «Deutsche Weinstuben» à Bruxelles, ce qui aurait pour effet de vicier peu à peu le goût du consommateur et qui finirait par transformer notre viticulture en une industrie de vins fabriqués. Ce dont l'avenir nous préserve!

Notions de Balistique populaire,

par **P. Medinger,** ing.-chim. dipl.

(Suite.)

III. Des effets de la balle.

En heurtant un obstacle, le projectile le traverse, y pénètre plus ou moins profondément ou s'aplatit à sa surface et s'y disloque. L'effet produit par la balle dépend de son poids, de sa vitesse (donc de son énergie de mouvement) et de la matière dont elle est constituée.

Le premier obstacle que la balle rencontre après son départ de l'arme, c'est l'air. Nous avons déjà dit quelques mots de la résistance de l'air; nous en parlerons plus long dans un autre chapitre. Disons pour le moment que la largeur de la couche d'air que la balle peut traverser, nous donne la portée maxima de l'arme qui l'a lancée. Cette portée maxima varie pour les armes modernes d'environ 1000 mètres (pistolets et revolvers) à 4500 m (fusils militaires). La carabine Lee Straightpull U. S. N. 6 mm porte même au-delà de 6000 m.

Les courants d'air produits par la balle dans ses alentours immédiats sont, contrairement à ce que l'on a prétendu mainte fois, absolument inoffensifs. Loin de pouvoir blesser grièvement ou même de tuer un homme ou une bête, ils n'ont pas même assez de force pour éteindre la flamme d'une bougie! Si l'on tire à la carabine à travers la flamme, elle ne s'éteint que rarement; pour l'éteindre, il faut viser en bas de la flamme et couper la mèche ou enlever le bout supérieur de la bougie. On a souvent vu, dans les Variétés, des artistes-tireurs éteindre à la balle de longues séries de bougies. Le fait que ces bougies s'éteignent sans qu'elles soient endommagées par la balle, démontre qu'il y a tricherie. Notons à cette occasion que le tir sur une flamme, sur un point luisant en général, est remarquablement facile. Tout tireur quelque peu exercé peut s'en convaincre en tirant p. ex. sur une flamme de bougie à travers un goulot de flacon placé devant.

Pour les gaz il n'y a donc pas d'action latérale notable au passage d'un projectile. Il en est tout autrement pour les liquides. En effet, il est connu depuis longtemps que les projectiles animés d'une grande vitesse produisent des effets explosifs en entrant dans un récipient rempli de liquide. Les organes du corps humain p. ex. renfermant des liquides ou des semi-liquides, comme le cœur, la vessie, l'estomac, le crâne, font explosion, si une balle d'infanterie les frappe à courte distance. Si l'on tire verticalement sur une barrique remplie d'eau et bouchée, elle sera complètement disloquée. Des vessies, des bidons, des bouteilles remplies d'eau volent en éclats. L'effet est absolument le même que si une cartouche d'explosif avait éclaté au milieu du liquide. L'eau du récipient est projetée de tous côtés, mais surtout dans la direction du tireur.

Ces effets s'expliquent par le fait que, d'une part, les liquides sont très peu compressibles et que, d'autre part, leurs particules se déplacent facilement l'une par rapport à l'autre.

L'énergie de mouvement de la balle est transmise entièrement ou en partie à l'obstacle, et tout d'abord aux particules touchées les premières par le projectile; celles-ci transmettent une partie de l'énergie reçue à leurs voisines et ainsi de suite. Les particules en deviennent elles-mêmes des projectiles animés d'une grande vitesse, et dont la vitesse et l'énergie de mouvement sont absorbées plus ou mois rapidement suivant la nature du milieu par le frottement des particules entre elles. Les masses mises en mouvement de cette manière acquerront le maximum de vitesse dans la direction de la moindre résistance (y compris les résistances dues à l'inertie!). Il va sans dire que les effets de ces énergies des particules seront d'autant plus graves que le frottement des particules de l'obstacle entre elles est plus faible (liquides!).

Cette théorie explique très bien non seulement les effets des balles sur les liquides, mais aussi, comme nous le verrons tantôt, maints effets bizarres sur des milieux solides.

Les effets latéraux qui ont lieu dans les liquides absorbent rapidement l'énergie de la balle et en réduisent fortement la profondeur de pénétration. L'eau ayant une densité environ 800 fois plus forte que celle de l'air, une balle d'infanterie devrait traverser une couche d'eau d'environ 6 mètres. Or, en réalité, elle ne produit, dans l'eau, des effets sensibles qu'à une distance d'environ deux mètres!

Ce qui se passe dans des vases fermés remplis de liquide, a lieu aussi au tir sur les eaux libres, sur l'eau d'un étang, d'un ruisseau, d'un lac. Grâce aux énergies latérales qui prennent naissance aux alentours de la trajectoire, il est possible p. ex. de

tirer à la balle sur un poisson, dans l'eau, et de le tuer, d'en tuer ou d'en assommer même plusieurs à la fois, sans qu'un seul d'entre eux ne soit touché par le projectile; toutefois cette action latérale se confine-t-elle à une faible distance. Ainsi, pour une carabine des plus puissantes, la région de l'action utile dans l'eau est donnée par un cône dont la base, d'un rayon de 35 cm environ, se trouve sur la surface de l'eau et dont le sommet se trouve à une profondeur d'environ un mètre. Les petits plombs de chasse ont une action utile, pour le tir aux poissons, jusqu'à une profondeur d'environ 18 cm. Une couche d'eau d'un peu plus d'un mètre constitue donc une cuirasse protectrice pour les poissons. Le brochet p. ex. nage ordinairement à une profondeur de 50 cm. Si l'on tire dans une direction oblique, comme tel est ordinairement le cas, il faut que la balle traverse 1 mètre d'eau pour atteindre le brochet, si la direction du tir forme avec la verticale un angle de 30°. Cet angle de 30° constitue donc le maximum admissible pour le tir au brochet. Or, pour un tireur debout dans un canot, ce maximum est atteint à une distance d'environ 4 mètres. Donc le tir sur un brochet à une distance qui serait supérieure à 4 m. n'aurait plus guère de raison d'être! (Naturellement, en tirant sur un objet sous la surface de l'eau, il faut viser plus ou moins en dessous de l'objet, à cause de la réfraction.) D'ailleurs le tir sur l'eau, à un angle de plus de 30°, peut-il devenir dangereux pour l'entourage à cause des ricochets. Si l'eau est en mouvement, on ne sait jamais sous quel angle la balle touchera sa surface! Or, le projectile n'étant guère déformé sur l'eau, ordinairement les ricochets vont encore bien loin et, ce qui est bien pire, vont souvent dans des directions tout à fait inattendues! Attention donc au tir sur l'eau!

Les balles Flobert 6 mm pénètrent dans l'eau à une profondeur d'environ 50 cm, les .22 short à 60 cm. A cette profondeur les projectiles ne produisent plus aucune impression sur une planche de bois de sapin.

L'argile humide se comporte quelque peu comme un liquide. Les effets explosifs s'y traduisent par un élargissement du canal produit par la balle. Le volume de la caverne ainsi formée, à l'intérieur d'un bloc d'argile, peut dépasser 500 fois le volume de la balle. La largeur de l'excavation diminue avec la vitesse de la balle.

C'est le bois de sapin qui sert le plus souvent de matière d'essai pour l'évaluation de la force de pénétration d'un projectile. Les essais se font ordinairement au moyen de planches de sapin de 25 mm d'épaisseur, placées à 25 mm l'une derrière l'autre. Citons quelques chiffres indiquant la pénétration des armes à main les plus communes, à une distance de 10 à 20 mètres:

Arme	Calibre en mm	Pénétration en cm
Carabine Flobert	6 mm	1,5
Carabine Fl. cartouche américaine .	.22 = 5,6 mm	7,5
„ „ „ „ .	.22 long	7,5
„ „ „ „ .	.22 long rifle	13,0
Pistolet Browning de poche . . .	.25 = 6,35 mm	6,5
„ „ de police . . .	.32 = 7,65 mm	12,0
„ „ de guerre . . .	.38 = 9 mm	17,0
„ Parabellum (Lueger) suisse	.32 = 7,65 mm	30,0
„ Mauser de guerre	.32 = 7,65 mm	27,0
Fusil militaire Luxembourg-Suède .	6,50 mm	90,0
„ „ allemand	7,9 mm (à 400 mètres)	80,0
„ „ américain.	7,9 mm	120,0
Fusil Lee Straightpull U. S. N. . .	6,0 mm	135,0

Ces chiffres représentent les moyennes d'un grand nombre d'essais, les résultats des différents coups d'essai variant souvent fortement, suivant que la balle rencontre des fibres plus ou moins résistantes, qu'elle se déforme, se renverse etc.

Ajoutons, à titre de curiosité, qu'un obus du canon 75 de campagne traverse 2,50 mètres de bois, un obus de 15 cm en traverse une épaisseur d'environ 7 mètres! En 1914 on faisait, au Canada, des essais avec un fusil Ross dont la balle aurait pénétré à plus de deux mètres dans du bois de sapin!

Le bois frais humide oppose au passage de la balle une résistance beaucoup plus grande que le bois sec. C'est le contraire de ce qui a lieu pour la terre et le sable. Une balle d'infanterie moderne traverse, à bout portant, environ 60 cm de terre végétale sèche et 80 cm de terre humide. La pénétration, dans du sable sec, est de 22 cm, dans du sable humide, elle est de 30 cm. La neige non tassée est traversée à une profondeur de 3,50 m environ.

La laine de matelas forme un excellent bouclier contre les balles de pistolet ou de revolver, vu que même les projectiles les plus puissants des fusils militaires n'en traversent qu'une couche de 80 à 90 cm. Pour tous ces milieux solides peu résistants, la pénétration du projectile est ordinairement plus facile à 100 m qu'à 400 m. L'explication de ce phénomène a été donnée au chapitre précédent. Ce que nous y avons dit pour le bois, s'applique aussi bien au tir dans la terre, du sable, de la neige etc.

Le sable sec et la pierre sont les meilleurs moyens de protection contre les projectiles. Une balle 6 mm Lee U. S. N. qui

traversait 135 cm de bois et 1,2 cm de fer, ne pénétrait qu'à 15 cm dans du sable de silice calciné! Après le coup, le sable était tout chaud au toucher, et l'enveloppe de la balle montrait des couleurs de recuit. Presque toute l'énergie du projectile avait été transformée en chaleur. Une partie de la balle semble s'y réduire en poussière et se volatiliser. Dans son traité de Balistique, Cranz cite le fait qu'à l'Usine Mauser, à Oberndorf, on avait tiré un million de balles d'infanterie dans un pare-balles composé de sable sec. On n'en put extraire plus tard que 500 kg de métal environ, au lieu de 10000!

Dans le sable humide, la pénétration est plus grande, l'humidité agissant comme lubrifiant. Des effets explosifs tels que ceux qui ont été décrits au sujet des liquides, n'ont pas été observés. La théorie développée pour expliquer ces effets, s'applique sans nul doute au sable aussi; seulement, le frottement des grains de sable qui sont à arêtes tranchantes et d'une dureté énorme (6), est trop considérable pour que ces grains puissent se déplacer avec une grande vitesse. Donc, à cause du frottement, l'énergie de la balle transmise au sable y est transformée presque toute entière en chaleur.

Dans les corps solides, tout comme dans les liquides, les particules environnant celles qui sont touchées par la balle, deviennent le siège d'une énergie de mouvement qui se transmet de particule en particule, quelque minime que soit ce mouvement. En tirant sur un bloc massif en pierre par exemple, on voit très souvent des écailles se détacher de la pierre du côté opposé à celui qui est touché par la balle. C'est que l'onde du choc traverse tout le bloc. Une balle perforant une plaque en fer ou en acier, y laisse un trou d'un diamètre beaucoup plus grand que le sien propre et, aux bords de la perforation, le métal est évasé non seulement du côté de la sortie, mais surtout du côté de l'entrée de la balle! C'est que les particules de fer, sous l'influence du choc du projectile, se mettent en mouvement de tous les côtés, tout comme celles des liquides, et ce mouvement est le plus intense dans la direction de la moindre résistance qui, à un moment donné, est celle dirigée vers le tireur.

Pour les effets des projectiles animés d'une grande vitesse, le temps d'action sur l'obstacle ainsi que les effets de l'inertie tant de la balle que de l'obstacle, jouent un rôle des plus importants et sont la cause de phénomènes très bizarres. Une balle «S» à chemise d'acier est très souvent complètement démolie et déchirée au tir dans l'eau, tandis qu'on peut tirer un morceau de bougie à travers une planche assez épaisse en bois; une baguette en bois tendre traverse une planche en bois très dur sans déformation appréciable. A ces vitesses énormes, le projectile aussi

bien que l'obstacle semblent être beaucoup plus durs. La baguette en bois tendre traverse la planche en un temps si court qu'une déformation ne peut avoir lieu. Une couche de glace qui se romperait sous le poids d'un homme, tient bon si un patineur passe dessus. Un disque en papier ou en laine tournant à grande vitesse sert à polir les métaux même les plus durs; un courant d'eau ou d'air animé d'une grande vitesse ressemble au toucher à un corps solide. Au tir, les parois des armes à feu résistent sans déformation à des pressions souvent beaucoup plus fortes qu'elles n'en supporteraient d'après les données sur la résistance des matériaux. L'âme des canons est usée rapidement par le passage des balles, bien que celles-ci qui sont en plomb ou en maillechort, soient beaucoup moins dures que l'acier du canon.

La balle de la carabine U. S. N. 6 mm, en plomb recouvert d'une chemise en cuivre rouge, perce 10 mm d'acier doux qui est énormément plus dur que la balle. Aussi celle-ci est-elle complètement démolie au choc; l'enveloppe se déchire à la pointe, se retrousse et recouvre finalement les parois de la perforation. Le plomb est plaqué sur le morceau d'acier enfoncé; il est d'ailleurs porté à la fusion par la chaleur développée par le choc. On peut s'en rendre compte en tirant sur des plaques en acier plus minces, de 4 mm d'épaisseur p. ex., placées devant une couche de sable. On retrouve alors la balle dans le sable, mais toute déformée, et des fissures de l'enveloppe sortent des gouttelettes de plomb fondu.

Cette déformation et, le cas échéant, la dislocation complète du projectile ainsi que la chaleur développée expliquent en partie le phénomène que voici: pour percer une plaque en fer d'une épaisseur donnée, un projectile animé d'une grande vitesse a besoin d'une énergie qui dépasse de beaucoup celle qu'il faudrait à une machine à poinçonner. La balle U. S. N. 6 mm p. ex., citée à différentes reprises déjà, a une énergie de 238 kgm, c'est-à-dire qu'elle peut déplacer 238 kg d'un mètre ou 23800 kg d'un centimètre. Or, ce projectile perce une tôle en acier doux de 1 cm d'épaisseur exactement; il ne la perce plus si l'épaisseur en est de 11 mm; la perforation a un diamètre de 8 mm. Pour percer un trou de 8 mm de diamètre dans une plaque d'acier doux de 10 mm d'épaisseur, il faut donc à la balle une pression de 23800 kg. Or, la poinçonneuse fait le même travail à une pression de $p = \sigma . d . \pi . é = 3500.0,8.3,14.0,8.1 = 8792$ kg., pression qui n'est que le tiers environ de celle qui serait nécessaire à la balle. Comme machine à poinçonner, le fusil serait donc d'un très mauvais rendement!

La pénétration des balles, dans le fer et l'acier, peut être considérablement augmentée par l'introduction d'un noyau d'a-

cier dur dans le projectile. C'est ce qu'on a fait, sur une large échelle, pendant la guerre en créant les «balles perforantes» (Panzergeschosse). Les Allemands, lors de leur retraite précipitée à travers le Grand-Duché, en ont laissé des quantités. La balle «P» allemande a presqu'exactement la forme et l'aspect de la balle «D» française. Elle renferme un noyau d'acier pointu qui est entouré d'une mince couche de plomb; le tout est enfermé dans une chemise en maillechort. L'analyse de la tige d'acier a donné les résultats suivants:

Phosphore.	0,021 %	Soufre.	0,020 %
Manganèse	0,368 %	Silice	0,162 %
Carbone.	1,330 %	Cuivre.	0,140 %

Nickel, chrome, titane, tungstène, vanadium, molybdène: néant.

Il s'agit donc d'un acier durci. On reconnaît les cartouches munies de balles perforantes à l'anneau de laque rouge qui entoure l'amorce. Certaines des cartouches marquées d'un anneau rouge portent une balle corrodée à la pointe. Ces projectiles renferment un petit noyau d'acier remplissant la pointe seulement. La partie inférieure du projectile est remplie d'un mélange de poudre de magnésium (aluminium) et de chlorate de strontium ou de barium. Ce mélange s'enflamme par le feu de la poudre de la cartouche et continue à brûler sur toute la trajectoire de la balle, produisant une lumière vive visible la nuit et, le jour, une traînée de fumée bien visible également. Ces balles traçantes (Leuchtspurgeschosse) permettent au tireur de suivre la trajectoire de la balle et de corriger son tir. Elles sont destinées à l'usage des aviateurs, ayant en outre la propriété de mettre le feu au gaz des ballons captifs ou aux bidons à essence de l'avion ennemi. Plusieurs de ces balles à trace lumineuse ont été ramassées à Luxembourg lors des attaques des avions anglais pendant la guerre.

Sur une plaque d'acier trop dure ou trop épaisse, la balle d'infanterie se réduit en miettes projetées avec une grande force le long de la plaque, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à la direction du tir. Il n'y a donc pas de danger, pour le tireur, au tir à courte distance sur des plaques de fer ou d'acier au moyen d'un fusil de guerre. Dans l'obscurité, on observe une lueur rouge au moment où la balle touche l'acier. Les projectiles à faible énergie, comme ceux des revolvers, des carabines Flobert etc., reviennent assez souvent en arrière, dans la direction du tireur.