fil à grandes distances, de la tour Eiffel à Washington par ex., comme tel a été le cas en 1915 déjà. Grâce à l'audion, la téléphonie sans fil a dépassé largement sa sœur aînée, la téléphonie avec fil, quant à la distance de transmission possible. A l'heure qu'il est, la communication, par simple téléphone devient déjà impossible à une distance de 2000 km par voie aérienne et à celle de 40 km pour les transmissions par câble. En effet, malgré tous les perfectionnements qui ont été apportés ces dernières années, les courants téléphoniques, déjà faibles au départ, sont tellement affaiblis à leur arrivée, par les effets d'induction et de capacité, qu'ils ne sont plus à même d'influencer encore les appareils même les plus sensibles. Mais l'audion les perçoit; il y a plus, il les amplifie et il leur donne n'importe quelle intensité voulue; on n'a qu'à disposer plusieurs de ces appareils en série. *Le relais téléphonique,* longtemps cherché et longtemps désiré, le voilà donc pleinement réalisé par ce merveilleux petit appareil basé sur l'application de «l'effet Edison». Grâce à l'audion qui, en plus, a l'avantage de ne rien changer du tout au timbre et à la modulation de la voix, on sera à même, d'ici en peu de temps, de parler à son ami, de reconnaître sa voix, d'entendre son rire, n'importe où il se trouve, à Ohio, à Buénos-Ayres, à Pékin ou au Cap, et cela, soit par fil et câble, soit par téléphonie sans fil, à travers l'espace. Quelqu'un a dit: «Si la téléphonie sans fil avait été inventée avant la téléphonie avec fil, la découverte de cette dernière fût apparue comme un immense progrès.» C'est possible, avec le relais «audion» bien entendu, qui est emprunté pourtant à la téléphonie sans fil; mais nous croyons que tout de même l'invention et les progrès de cette dernière n'en sont pas moins dignes de notre orgueil. Il ne manque plus que l'appareil portatif, l'appareil de poche, et nous verrions réalisée la belle prophétie de Tesla, grand électricien américain qui, il y a une vingtaine d'années, a dit:

«Un jour viendra où l'ami appelle l'ami: Où est-tu? — Et la réponse lui vient: Je suis dans les Andes, sur l'Océan, dans les jungles du Gange, ou dans les mines de la Sibérie! — Ou bien il n'a pas de réponse, et alors il sait que son ami est mort.»

Notions de Balistique populaire.

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

II. Du projectile.

Le projectile est mis en mouvement, à l'intérieur du canon, par la poussée des gaz d'explosion; le temps qu'il lui faut pour parcourir la longueur de l'âme du canon est à peine d'un millième

de seconde. Pendant ce court espace de temps, l'énergie développée par l'explosion de la poudre se transforme, partiellement, en énergie de mouvement imprimée à la balle. C'est cette énergie de mouvement qui continue à agir sur le projectile quand celui-ci a quitté l'âme du canon; c'est grâce à elle que la balle continue, pendant un trajet plus ou moins long, sa course dans la direction qui lui a été donnée par le canon du fusil; c'est à elle aussi que sont dus les effets de destruction et de pénétration du projectile.

Cette énergie de mouvement constitue donc la constante la plus importante d'une arme à feu. Elle est une fonction du poids de la balle et de sa vitesse, selon la formule bien connue

$$e = \frac{m.\ v^2}{2},$$

dans laquelle v est la vitesse de la balle et m sa masse, c'est-à-dire son poids divisé par la gravité: 9,81. Nous pouvons donc écrire:

$$e = \frac{p.\ v^2}{2.9{,}81},$$

p étant le poids de la balle. La balle française «D» par exemple, d'un poids de 12,8 gr et d'une vitesse initiale de 700 mètres par seconde, aura, au sortir de canon, une énergie de 318 mètres-kilogrammes. C'est l'énergie nécessaire pour soulever, en une seconde, un poids de 18 kg à la hauteur d'un mètre. La balle d'un petit Browning de poche (cal. .25 = 6,35 mm) pesant 3,2 g., a une vitesse initiale de 228 ms. Son énergie sera donc

$$\frac{3{,}2\ .\ 228^2}{2.9{,}81} = 8{,}5 \text{ kgm.}$$

Cette énergie imprimée à la balle diminue rapidement au cours de sa trajectoire, grâce à l'action de la résistance de l'air. Ainsi la balle pointue «S» du fusil militaire allemand, douée d'une vitesse de 900 ms. à la bouche du canon, n'en a plus que 577 à une distance de 400 mètres, c'est-à-dire après environ deux tiers de seconde.

Des deux facteurs, masse et vitesse, composant la formule de l'énergie, le premier est constant; c'est donc uniquement la vitesse du projectile qui est réduite par l'action de la résistance de l'air. Nous montrerons, dans un autre chapitre, qu'en présence de très grandes vitesses, cette résistance de l'air peut prendre des valeurs incroyables.

En effet: Supposons deux balles de même forme et de même volume dont l'une serait plus lourde que l'autre, quoique douée de la même énergie de mouvement au sortir de l'arme. Pour avoir une énergie égale à celle de la balle lourde, la balle légère devra être animée d'une vitesse beaucoup plus grande. La résistance de l'air, qui grandit avec la vitesse, et beaucoup plus rapidement que celle-ci, exercera une action réductrice beaucoup plus forte sur

l'énergie de la balle légère que sur celle de la balle lourde. Celle-ci, qui est restée d'abord en arrière sur l'autre, la rejoindra et la dépassera bientôt. A ce moment son énergie, c'est-à-dire sa capacité de destruction et de pénétration aura dépassé, depuis quelque temps déjà, celle de la balle légère. C'est à peu près le cas des deux balles de guerre française et allemande. La balle «D» française pèse 12,8 gr; elle a une vitesse initiale de 700 ms. et une énergie de 318 kgm. Les valeurs respectives du projectile «S» allemand sont: poids 10 gr, vitesse 900 ms, énergie 400 kgm.

A une distance de 400 m, la vitesse et l'énergie des deux balles sont les suivantes:

	vitesse	énergie
balle française	540 ms.	172 kgm.
balle allemande	577 ms.	167 kgm.

Nous voyons donc qu'à une distance d'environ 350 m déjà, grâce à la résistance de l'air, le grand écart entre les valeurs de l'énergie des deux balles a disparu, et qu'à partir de cette distance la balle française l'emporte sur l'autre. Cette supériorité est due en partie à la forme de la balle «D», qui est plus avantageuse pour vaincre la résistance de l'air.

Il découle de ce qui précède que, pour obtenir de grands effets à de longues distances, il faut que le projectile soit aussi lourd que possible et qu'il ait une forme réduisant la résistance de l'air à un minimum. C'est ainsi qu'on est arrivé aux petits calibres descendant jusqu'à 6,5 et même à 5 mm (fusil mexicain), et à la forme allongée et cylindrique des projectiles. La réduction du calibre, c'est-à-dire de la section transversale du projectile ne suffisait pas, car les balles rondes de petit diamètre avaient une masse trop faible. Ce qu'il fallait, c'était une masse, une densité par mm² de section aussi élevée que possible. De là la forme de plus en plus allongée des projectiles qui, aujourd'hui, tout en en conservant le nom, n'ont plus rien de commun avec la forme sphérique d'une «balle». Plus tard, on a diminué encore la résistance de l'air, en donnant au projectile une forme pointue en avant et rajeunie en arrière. Pour obtenir une densité maxima par mm² de section, on a dû employer le métal le plus dense pratiquement utilisable, c'est-à-dire le plomb. Le tungstène, d'une densité de beaucoup supérieure à celle du plomb, conviendrait bien mieux, si sa rareté et son prix élevé ne s'opposaient pas à son emploi.

Pourqu'avec ces nouveaux projectiles la résistance de l'air s'opposant à leur passage soit réduite à un minimum, il faut que sur tout le parcours de leur trajectoire, ils maintiennent leur position parallèle à celle-ci, c'est-à-dire que la pointe reste en avant. L'énergie de propulsion de la balle agissant sur son centre de gravité, cette condition serait facilement remplie, si le centre

de gravité se trouvait placé très en avant, tout près de la pointe. En réalité c'est le contraire qui se produit: les balles pointues en particulier ont leur centre de gravité reculé bien en arrière; par conséquent elles ont la tendance de se renverser au moment de quitter l'âme du canon. Pour éviter cette éventualité et pour forcer la balle de garder, sur tout son parcours, une position parallèle à la tangente de sa trajectoire, on va lui octroyer un mouvement de rotation très rapide, en l'obligeant à suivre les rayures taillées dans l'âme du canon. Ces rayures, taillées en spirale dans les parois intérieures de l'âme, sont au nombre de trois à six. Grâce à elles, le projectile est forcé de faire trois fois environ le tour de son axe pendant son trajet dans le canon du fusil. Pour les armes de guerre ce trajet ne dure qu'un millième de seconde environ, et la balle, en sortant de l'arme, est douée d'un mouvement de rotation d'environ 3000 tours par seconde, soient 180000 tours par minute. Cette vitesse de rotation extraordinaire dépasse de beaucoup celles réalisables par n'importe quel autre moyen mécanique. Pour que la balle soit forcée de suivre le pas des rayures, on lui donne un calibre un peu supérieur au plus grand diamètre du canon (0,15 à 0,20 mm environ).

La vitesse de rotation qui est communiquée de cette manière au projectile, dépend de sa vitesse de projection et de l'inclinaison plus ou moins forte des rayures du canon ou fusil. Elle doit être d'autant plus grande que le centre de gravité du projectile sera plus reculé en arrière et que la vitesse de propulsion sera plus grande. Il est clair qu'en augmentant la vitesse d'un projectile, par l'emploi d'une poudre plus brisante p. ex., on augmente automatiquement la vitesse de rotation. Il est donc inutile d'augmenter l'inclinaison des rayures et, d'une manière générale, le pas des rayures actuellement en usage représente un maximum pratique. Il est d'ailleurs prouvé par des expériences qu'on peut le diminuer notablement sans inconvénient aucun. Il va sans dire qu'en diminuant l'inclinaison des rayures, on réduit également l'énergie absorbée par le frottement du projectile lors de son passage à travers le canon. La balle ira plus vite, la pression moyenne sera moindre, et on pourra faire usage d'une poudre plus forte, plus brisante.

Plus l'inclinaison des rayures du canon sera forte et plus la vitesse de la balle sera grande, plus le travail absorbé par l'entaille des rayures dans la balle deviendra considérable. Ordinairement ce travail représente 12 % environ de l'énergie totale de la balle. Le métal dont est composée la surface de la balle doit être plus dur également; autrement le projectile, sous la forte poussée des gaz d'explosion, glisserait par-dessus les rayures qui feraient arracher le métal au projectile. D'autre part l'usure du canon sera d'autant plus rapide que la surface de la balle sera plus dure.

Il y a donc tout intérêt à réduire autant que possible le pas des rayures. On comprendra aisément pourquoi on a dû renoncer à l'emploi des balles de plomb homogènes depuis que la poudre pyroxylée a trouvé une application presque exclusive. Ces poudres donnent d'énormes vitesses; voilà pourquoi on a été obligé d'envelopper le noyau de plomb d'une chemise en métal plus dur, ordinairement composé d'un alliage de cuivre et de nickel. D'une manière générale l'emploi des balles de plomb homogènes est devenu impossible par l'introduction de la poudre pyroxylée; il n'y a que quelques marques de poudre sans fumée, plus douces celles-là, qui permettent l'usage de balles en plomb seul, à condition qu'elles soient employées à charge faible et avec des balles bien graissées; à défaut de ces précautions, les rayures du canon sont rapidement remplies de plomb. L'encastrement du projectile dans les rayures du canon du fusil produit un échauffement très fort; aussi les grandes vitesses produites par les poudres pyroxylées amèneraient-elles souvent la fusion de la surface des balles en plomb. Il y a eu même des cas où le plomb a été porté à la fusion, même dans des balles à enveloppe d'acier ou de maillechort, par des tirs trop accélérés à l'aide de fusils d'essai à pas de rayure très fort. C'est qu'à la chaleur produite par le frottement de la balle vient s'ajouter celle de la combustion de la poudre, dont la flamme atteint une température de près de 3000°.

Cette rotation de la balle, généralement peu appréciée et même peu connue, produit une série d'autres effets encore qui sont très intéressants. Dans mon étude sur les bombes des aviateurs, en parlant du danger des ricochets, j'avais glissé, bien à dessein, entre parenthèses, la phrase suivante: «Il se peut même qu'une balle, après ricochet, possède une force de pénétration plus grande encore qu'auparavant, détail qui non seulement est facile à expliquer au point de vue de la théorie, mais qui peut être démontré aussi en pratique.» La remarque devait paraître absurde à quiconque a quelques notions de mécanique, car il est évident que le projectile, en frappant l'obstacle contre lequel il ricoche, y laissera une grande partie de son énergie; celle-ci étant fortement réduite, il devrait en être de même de l'énergie de pénétration de la balle. Or, de mes nombreux amis et lecteurs qui ont entrepris de commenter et de critiquer maints détails de mon travail d'alors, aucun ne m'a interpellé au sujet de ce paradoxe. Et pourtant, l'auront-ils compris bien au juste? Je m'en doute fort quoique le fait, comme tel, soit parfaitement exact. — C'est que toute balle qui est lancée d'une arme à feu rayée est assujettie à deux énergies différentes: l'énergie de projection et l'énergie de rotation. La première diminue rapidement, sous l'influence de la résistance de l'air; *la seconde reste constante sur tout le parcours de la*

trajectoire, parce que, pratiquement parlant, la surface polie des projectiles n'offre pas de résistance à l'air; l'énergie de rotation n'en sera pas plus retardée que celle d'un arbre de transmission p. ex.

Supposons alors qu'une balle n'ait plus, vers la fin de sa trajectoire, qu'une énergie de projection inférieure à l'énergie de rotation. Au moment même où elle touchera un obstacle, sous un angle qui la fait ricocher, cette énergie de rotation se transformera en énergie de projection qui viendra s'ajouter nécessairement à celle du projectile. Ceux parmi mes lectures qui ont déjà joué au boumerang comprendront de suite, et tout joueur de billard quelque peu habile sera dans le cas de pouvoir démontrer le même phénomène à quiconque veut bien s'y intéresser: Une balle jouée avec un fort effet allant lentement vers la bande en ricochera avec une vitesse sensiblement plus grande.

Grâce à cette vitesse de rotation énorme, la force centrifuge agissant sur la périphérie du projectile peut atteindre une valeur telle qu'elle fait éclater l'enveloppe au sortir de l'arme. Le cas s'est présenté assez souvent avec la balle «S» allemande dont la chemise en maillechort est entaillée le plus profondément à l'endroit de la plus grande périphérie justement, c'est-à-dire à la base. Voilà pourquoi on a intercalé, entre le noyau de plomb et la chemise en maillechort, une enveloppe en acier doux, plus résistante que cette dernière. Nous verrons, dans un prochain chapitre, que cette rotation de la balle à enveloppe peut provoquer des effets de destruction terribles si, ce qui arrive fréquemment, l'enveloppe se déchire dans le corps humain. Nous verrons aussi que les dispositifs de sûreté des fusées d'obus (Sicherungen der Granatzünder) sont le plus souvent mis en action par les forces centrifuges et autres dues au mouvement de rotation des projectiles.

La résistance que la balle éprouve au passage des rayures peut donner lieu à des phénomènes assez curieux dont la connaissance serait de nature à éviter bien des accidents de tir. Si on enlève p. ex. la pointe aux projectiles à enveloppe pour les transformer en balles dum-dum, il peut arriver que le noyau de plomb seul est projeté au loin, tandis que l'enveloppe reste dans le canon, étant retenue par le frottement trop dur. C'est qu'à sa base, sur laquelle agit la pression des gaz, le projectile ordinaire à chemise est ouvert, c'est-à-dire que le plomb n'y est pas recouvert de l'enveloppe. La pression des gaz agit donc presqu'exclusivement sur le noyau de plomb qui, si la pointe de l'enveloppe est enlevée, n'adhère pas assez fortement à celle-ci pour la remorquer à travers les rayures. Si le tireur ne s'aperçoit pas de la présence de l'enveloppe dans le canon, l'explosion de l'arme au

coup suivant est à peu près certaine. C'est pourquoi les balles de chasse, genre dum-dum, ont une enveloppe ouverte en haut, mais fermée à la base; elles peuvent donner lieu au même accident pourtant, si on tire à charge réduite. L'énergie transmise au projectile par la poussée des gaz d'explosion agit sur la partie la plus lourde surtout qui est le plomb. Il se peut alors que la pression des gaz, qui diminue rapidement au fur et à mesure que la balle s'avance dans le canon, ne suffise pas pour chasser le projectile tout entier à travers les rayures; la chemise en restera dans le canon, tandis que le plomb, chargé d'une forte énergie de projection due à la première poussée de l'explosion, s'arrache et s'envole!

Le fait bizarre de la balle «S» allemande qui, à 100 m de distance, traverse une épaisseur de 60 cm de bois de sapin, tandisqu'à 400 mètres elle en perce 80, tient également, en partie du moins, à la rotation du projectile. Cette rotation, nous venons de le dire, devra être d'autant plus rapide que la vitesse de translation du projectile sera plus grande et que son centre de gravité sera plus reculé en arrière. Or, la balle «S» a une vitesse de projection initiale énorme (900 ms), et son centre de gravité est très mal placé, ce qui fait qu'au commencement de sa course sa vitesse de rotation n'est guerre suffisante. La balle „papillonne" et si, à courte distance, elle touche un obstacle, alors que son axe se trouve dans une position oblique à celui-ci, le projectile se renverse. Au tir à 100 m on la retrouve toujours dans le bois, la base en avant. Pendant le trajet du projectile dans l'air, sa vitesse de propulsion diminue rapidement, tandisque sa vitesse de rotation reste la même; sa stabilité devient donc de plus en plus grande, et la tendance de se renverser diminue. C'est pourquoi, à 400 m, la balle ne se renverse plus en touchant le bois; elle le perce, la pointe en avant, détail qui explique que son énergie de pénétration est plus grande alors.

Dans la littérature de nos jours on trouve, par rapport à ces questions, les opinions les plus erronées. Ainsi, dans un travail sur les lésions provoquées par les balles renversées, les balles dum-dum etc., travail qui a été publié dans les «Annales d'hygiène publique et de médecine légale», en 1916, vol. XXV, p. 261, M. Chavigny dit ceci: «Il paraîtrait que la balle allemande est d'une stabilité médiocre et qu'au delà de 400 mètres, il lui arrive assez fréquemment de se renverser, de devenir folle.» Nous venons de démontrer que c'est juste le contraire qui a lieu, que c'est au commencement de sa course que la balle allemande est folle, qu'elle papillonne et qu'elle se renverse au moindre choc, tandisqu'à partir de 400 mètres environ sa stabilité est parfaite, grâce à l'action de sa vitesse de rotation restée constante. Dans un

journal de tir on avait, il y a quelques années, posé la question suivante: On tire verticalement en l'air une balle pointue, en lui laissant la première fois sa position normale, c'est-à-dire que la pointe est dirigée vers le haut; puis, la seconde fois, on va la lancer la pointe en bas, le fond en haut. Dans quelle position les balles reviendront-elles par terre dans l'un et dans l'autre cas? La réponse était bien simple: la balle revient toujours dans la position qu'elle avait eue au départ; elle reviendra donc, la pointe en haut, dans le premier cas, la pointe en bas, dans le second. Sa vitesse de rotation qui ne diminue pas sensiblement pendant tout le trajet, l'empêchera absolument de changer de position.

La fâcheuse tendance des balles «S» de basculer facilement, pendant la première partie de leur trajectoire, est détestée par les chasseurs qui se servent de ces projectiles. Un brin d'arbuste déjà suffit pour renverser la balle et rendre illusoire la précision du tir. C'est pour cette raison qu'on a donné aux balles «S» destinées aux armes de chasse une forme un peu plus renflée et plus cylindrique, dans le but de rapprocher un peu du sommet leur centre de gravité.

Le calibre des projectiles est représenté par leur diamètre exprimé en millimètres sur le continent, en millièmes de pouce (un pouce = 25 mm) en Angleterre et en centièmes de pouce en Amérique. Les indications différentes des calibres prêtent souvent à des confusions, dues au fait que tantôt on indique le calibre du canon de l'arme, tantôt celui du projectile. Or, les deux valeurs diffèrent généralement de 0,15 à 0,20 mm. Les calibres les plus en usage pour les armes usuelles sont les suivants:

Calibre .25 = 5,6 mm et calibre 6 mm des carabines Flobert.

Calibre .25 = 6,35 mm; c'est celui des petits «Browning» de poche.

Calibres .30 et .32 = 7,5 et 8,0 mm: fusils de guerre, fusils de chasse et revolvers.

Calibre .32 = 7,65 mm; pistolets automatiques genre Browning, modèle de police.

Calibre .38 = 9 mm; pistolets automatiques militaires, revolvers, carabines de chasse.

Calibres .40, .44 et .45 = 10 et 11 mm; pistolet Colt américain, revolvers et armes de chasse.

Il y a, en outre, quelques armes de guerre qui sont des calibres 6.5 et 7 mm.