

au lieu d'un, alors il doit s'en enflammer deux fois plus de poudre que s'il n'y avait qu'un seul boulet. La perte de mouvement communiquée en deux boulets doit donc être deux fois plus grande que celle qui n'a été communiquée qu'à un seul boulet, ce qui est cependant contraire à l'expérience qui fait voir (que) les vitesses des boulets sont en raison inverse de leur nombre. Joignez à cela qu'en doublant et triplant la charge, on a toujours la vitesse des boulets proportionnelle à la quantité de poudre.

La poudre que l'on trouve quelquefois devant une pièce paraît contredire ce principe, mais, ou cette poudre est restée dans le bouchon, alors elle est en petite quantité; ou elle est mauvaise : ce qui est si vrai que, si l'on y mettait le feu, elle se mettrait en fusion sans explosion, ce qui prouve que le mélange dans ces sortes de grains n'aurait pas été bien fait. Si ces [expériences] ne peuvent être révoquées en doute elles font voir la [réalité] de ce principe : que l'inflammation de la poudre se fait par degré, principe qui a servi de base dans la charge et dans la longueur des pièces. En supposant que la poudre, dans une pièce, s'enflamme pendant tout le temps que le boulet met à parcourir l'âme de la pièce, il est clair qu'il doit y avoir une certaine charge qui serait entièrement enflammée lorsque le boulet serait parvenu à la bouche de la pièce. Cette charge serait celle qui donnerait au boulet la plus grande vitesse. Cette première charge, en France, ne doit être ni plus grande que la moitié du boulet, ni plus petite que le tiers. Robins trouve que toute charge au-dessous du tiers et de la moitié du poids du boulet, pourvu qu'elle n'occupe pas les trois quarts du cylindre, augmente la vitesse du boulet; un boulet de deux livres par 3°, chassé avec une charge égale au poids du boulet, s'enfoncé dans la terre à une profondeur plus grande d'un tiers qu'elle n'eût été s'il eût été chargé avec la quantité ordinaire.

Si l'on tire, avec une même charge, deux pièces de différente longueur, celle qui est la plus longue communique-

telle au boulet le plus de vitesse? La supposition [de] l'inflammation successive de la poudre a fait croire que pour assigner la longueur qu'on doit donner à une pièce, il fallait s'appuyer sur ce principe, savoir : que la pièce doit être assez longue pour donner à la poudre le temps de s'enflammer; de là, on a donné aux pièces la longueur qui paraîtrait conforme à ce principe, mais Benjamin Robins prouve qu'un boulet tiré avec une coulèvrine qui était six fois le diamètre de son calibre pénétrait dans le bois deux fois autant et même davantage qu'un boulet tiré avec une pièce dont la longueur était de vingt fois son calibre. Il est cependant bien évident que l'action de la poudre se trouve affaiblie en tel point qu'elle devient moins forte par la résistance et le frottement que le boulet éprouve au travers de la pièce : il est évident, dis-je, que, pour lors, si l'on raccourcissait le canon, on augmenterait la vitesse du boulet, mais c'est un cas qui n'arrivera jamais avec les pièces chargées à l'ordinaire.

Si l'on tire successivement la pièce avec différentes charges, la pression de la poudre sur le boulet est dans toute [l'étendue] du cylindre comme la quantité de poudre dont a été composée la charge. Cette proposition est évidente, car l'élasticité du fluide produit par l'inflammation de la poudre est renfermé dans un espace donné et toujours comme sa densité, mais cette densité est connue. La quantité de poudre donne l'élasticité du fluide produit par la poudre ou bien la pression de la poudre sur le boulet, etc. Par exemple, si l'on tire une pièce avec des charges différentes, l'une de deux et l'autre de quatre livres, si l'on suppose que les fluides qu'elles produisent aient à parcourir un même cylindre, la densité et, par conséquent l'élasticité du fluide dans le deuxième cas est double de celle qu'elle est dans le premier et par conséquent la pression est comme la quantité de poudre. L'action de la poudre sur le boulet cesse aussitôt que le boulet est tiré de la pièce. S'il s'agissait de donner des démonstrations géométriques, cette propor-

tion paraîtrait fausse puisque la flamme agit encore sur le boulet lorsqu'il est hors du canon, mais elle paraîtra évidente si l'on considère avec quelle promptitude la flamme, lorsqu'elle est hors de la pièce, se dilate de tous côtés et la force ne peut plus agir sensiblement sur le boulet; si l'est donc vrai que l'action de la flamme influe si peu sur le boulet lorsqu'il est sorti du canon, on peut regarder cette force comme nulle. S'il fallait se tenir aux [proportions] géométriques dans ces sortes de propositions, jamais on ne pourrait avancer d'un pas dans les problèmes balistiques.

La pression de la force de la poudre sur le boulet [diminue] de plus en plus à mesure que le boulet est poussé en avant : la poudre enflammée occupe un plus grand espace et par conséquent son élasticité diminue, en sorte que, par exemple, dedans une pièce de 24 livres de balle et longue de 10 pieds, la charge, avant d'être enflammée, occupe un pied du cylindre; lorsque le boulet sera parvenu à la bouche de la pièce, la poudre occupe dix fois autant d'espace qu'elle en occupait au premier moment de son inflammation et, par conséquent, elle n'exerce plus sur le boulet qu'un dixième de la première pression et, plus la pièce sera longue, plus l'action de la poudre sur le boulet du canon se trouvera affaiblie.

Quoique la vitesse augmente en passant dans le canon, néanmoins l'accélération de cette vitesse diminue à mesure qu'il s'approche de la bouche.

Cette proposition est évidente pour deux raisons : la première est que la pression diminue de plus en plus comme nous l'avons vu ci-dessus; la deuxième, c'est que le boulet augmentant de vitesse se soustrait de plus en plus à son impulsion, car il est clair que, plus il a de vitesse, moins il doit être affecté dans un espace donné par l'action de la poudre qui le [chasse].

Les boulets doivent en général acquérir un mouvement de rotation en passant à travers la pièce; car un boulet ne saurait sortir de la pièce d'où il est tiré sans éprouver un

frottement contre les parois intérieures; or, il est impossible que le frottement que suppose un mouvement progressif ne donne pas au boulet un mouvement de rotation; il faut remarquer que, à cause de l'inégalité des frottements des boulets au dedans des canons, il n'est pas sûr que deux boulets, en passant à travers la même pièce, acquièrent un mouvement de rotation dans le même temps; le mouvement de rotation, combiné avec le mouvement progressif, doit faire sortir le boulet du plan vertical dans lequel il aurait commencé à se mouvoir, car, au moyen du mouvement de rotation, le boulet frappe l'air de manière que la résistance n'est plus directement opposée à son mouvement, mais devient oblique à sa direction et le force à s'écarter du plan vertical dans lequel il tendait à se mouvoir.

Si on fait tourner un pendule autour de la ligne qui le soutient et qu'on l'abandonne à lui-même après l'avoir éloigné de la ligne perpendiculaire, il s'écartera de la ligne dans laquelle il avait commencé à tourner et à faire des vibrations et la déclinaison se fera toujours où le mouvement de rotation est opposé au mouvement progressif; on peut remarquer la même chose à l'égard des balles de paume auxquelles, par un coup oblique de raquette, on a communiqué ce mouvement de rotation autour de leurs axes.

Si l'on pouvait déterminer la position de l'axe autour duquel se fait le mouvement de rotation, l'on connaîtrait la direction de l'écartement du boulet; mais la position de cet axe n'est point fixe, ainsi l'étendue de la déclinaison doit changer aussi souvent que la position de cet axe; quelle irrégularité ne doit pas causer ce changement de direction entre plusieurs amplitudes d'un même boulet, quoique la pièce, la charge, l'inclinaison soient toujours les mêmes! Ces irrégularités sont d'autant plus grandes que le mouvement de rotation [varie] avec le mouvement progressif.

Les amplitudes des pièces ne peuvent point marquer exactement les vitesses des boulets.

Car, la même pièce, tirée dans le même angle, avec la même charge et les mêmes circonstances qu'il est possible (de réunir), porte néanmoins les boulets à des distances très différentes; ces irrégularités dans les portées peuvent-elles être toutes attribuées à la poudre? Si cela était, elle ne pourrait qu'augmenter ou diminuer les amplitudes, au lieu qu'il arrive souvent que non seulement elles sont différentes quant à la longueur, mais que le boulet s'écarte prodigieusement à droite ou à gauche de sa première direction. L'on a vu que deux boulets, tirés avec le plus grand soin, avec une pièce dont la position était constante et invariable, s'écartèrent seulement l'un de l'autre lorsqu'ils furent tombés dans la plaine. Leurs directions formèrent un angle de 15°. D'où vient donc cette différence qui se trouve entre les amplitudes d'une même pièce? Ells vient en grande partie de la résistance de l'air, car, en vertu du mouvement de rotation, la résistance de l'air est oblique à la direction et, par conséquent, doit s'écarter et diminuer les portées.

L'action de l'air sur les projectiles a, dans bien des pièces, une force prodigieuse et le mouvement de ces corps se trouve changé et ralenti par la rotation.

La plupart des auteurs qui ont donné des traités sur le mouvement des projectiles militaires ont supposé que la résistance que l'air oppose aux boulets et aux bombes est si petite, eu égard au poids de ces corps, que les effets en étaient insensibles, et, de là, ils ont conclu que la ligne que ces corps décrivent était une parabole; mais Benjamin Robins comparant les amplitudes des bombes et des boulets avec celle qui leur était assignée par la théorie, il trouva que lorsque l'on tirait un boulet avec de petites charges, pour lors, en effet, la résistance était peu de chose, mais aussi il remarqua qu'en augmentant la charge et accélérant par conséquent la vitesse, la résistance de l'air se trouvait de beaucoup augmentée; il trouva, par exemple, qu'un boulet de 24 livres avec une charge ordinaire éprouve de la part de

l'air une résistance égale au moins au poids de 400 livres et que son amplitude n'était au plus que la huitième partie de celle qu'elle devrait être sans la résistance.

La résistance de l'air agit avec plus ou moins de force suivant que le mouvement du projectile est plus ou moins rapide. Cette résistance est à peu près en raison inverse du carré des vitesses, c'est-à-dire: si, à un certain degré de vitesse correspond une résistance analogue, à deux degrés de vitesse, il déplacera deux fois plus d'air dans le même instant et communiquera à chaque particule d'air deux fois plus de vitesse, c'est-à-dire que la résistance qu'il éprouvera sera quatre fois plus grande que s'il n'eût eu qu'un degré de vitesse, ou, ce qui revient au même, la résistance sera en raison inverse des vitesses.

Benjamin Robins a trouvé que ce rapport ne subsistait plus dès que l'une des vitesses est plus petite que 1.200 pieds par seconde, que l'autre est plus grande, car, alors, dit-il, la résistance devient trois fois aussi grande que si elle était calculée selon la loi de la maxime précédente. De là il conclut que, quelle que soit la volée d'un boulet qui se meut avec une pareille vitesse, l'étendue de cette volée augmentera très peu quel que soit le nouveau degré de vitesse qu'acquière le boulet par l'impression d'une charge plus forte. C'est à la résistance de l'air qu'on doit attribuer la [différence] qui se trouve entre les amplitudes de deux pièces de différents calibres et tirées sous le même angle avec des boulets convenables et des charges ordinaires. Ces différences ne peuvent être attribuées qu'à la différence des vitesses, puisque la charge des pièces étant proportionnelle à leur calibre, ils sont chassés de leur canon avec autant de promptitude de l'un que de l'autre; une différence si considérable entre les volées ne peut donc être attribuée qu'à la différence des résistances qui leur sont opposées: en effet, un boulet de 24 livres a quatre fois plus de surface qu'un de 3, mais il en a huit fois la solidité, en sorte que la résistance qu'il rencontre n'est par rapport

à son poids que la moitié de celle qu'éprouve le boulet de 3 livres ; aussi il arrivera toujours que les résistances que l'air oppose à deux globes différents, seront en raison inverse des diamètres de ces globes ; si l'on tire successivement une même pièce avec des charges différentes, il peut arriver que la petite charge porte plus loin que la plus forte, car il peut se faire que la force de déclinaison qui écarte le boulet de la direction dans laquelle il commençait à se mouvoir, [augmente] l'amplitude de la petite charge et diminue celle de la plus forte, il arrivera alors que cette amplitude sera moins étendue que l'autre.

Si deux pièces de même calibre, mais de différentes longueurs, sont successivement tirées avec la même charge et sous (un même) angle d'élevation, il peut se faire que la volée de la pièce la plus courte soit plus étendue que la plus grande, car le mouvement de rotation accélérant le mouvement d'un boulet et retardant celui de l'autre, l'amplitude du boulet qui est tiré avec le plus de vitesse (sera) plus courte que celle du boulet qui l'a été le plus lentement. La même chose peut arriver si l'une des pièces est plus longue que l'autre. Benjamin Robins a souvent prouvé dans ses expériences la vérité de ces principes. Dans toutes les opérations d'artillerie, l'on doit toujours employer la quantité de poudre seulement nécessaire préférablement à l'autre. Tout ce qu'on peut ajouter à une charge au delà de ce qui suffit pour exécuter le projet qu'on médite, non seulement est une dépense inutile, mais encore peut souvent causer des désordres qu'on aurait pu s'épargner. La pièce, par exemple, étant échauffée et forcée, son recul est plus violent, son affût en souffre davantage et devient plus sujet à se déranger, ce qui rend le service plus lent. Ce n'est pas même le plus grand mal qui puisse en résulter, car il peut arriver que, si l'on augmente la vitesse du boulet, il produira moins d'effet qu'il n'aurait fait si la charge eût été plus petite.

Déterminer les occasions principales où il est plus

avantageux d'employer de fortes ou de petites charges. Les occasions principales où il est plus important d'employer de fortes charges, c'est lorsqu'il s'agit de détruire des parapets, de démonter des batteries couvertes, de forts mortiers, ou de battre en brèche, car, dans tous ces cas, si l'obstacle contre lequel on dirige le canon n'est pas fort éloigné, chaque degré de vitesse portera le boulet avec plus de force et pénétrera plus avant dans le corps solide qu'elle rencontrera en son chemin. Dans ce cas la charge peut être égale au tiers du poids du boulet.

Il faut observer cependant que, si l'obstacle contre lequel on dirige les batteries n'en est éloigné que de 4 ou 5 verges (la verge vaut pieds), pour lors, une augmentation considérable dans la vitesse du boulet n'augmente pas sensiblement la force avec laquelle il va frapper le corps contre lequel il est tiré. Si l'obstacle est auprès de la pièce [] qu'il puisse être renversé par un boulet tiré avec une petite charge.

En augmentant la quantité de poudre, bien loin de causer bien plus de dommage à l'ennemi, on ne fait que diminuer l'effet du boulet contre un corps solide. Il y fera beaucoup plus de fracas si son mouvement est presque à bout par la résistance des corps qu'il a traversés, que s'il était encore avec une grande vitesse. On est convenu de ce principe en tirant contre les flancs d'un vaisseau ; car, si le boulet n'a précisément que la vitesse qu'il lui faut pour passer au travers, il en brisera les planches, au lieu que, s'il est tiré avec tant de vitesse qu'il en conserve encore après les avoir percées, il n'y fera qu'un trou qui se refermera même à cause de l'élasticité du bois.

Des petites charges produisent aussi plus d'effet lorsque l'on tire à cartouche. En effet, les balles qui remplissent les cartouches lorsqu'on les tire avec de fortes charges se dispersent et s'écartent de leur direction, au lieu que, si la charge est plus petite, leur mouvement sera plus égal et elles resteront plus serrées, ce qui causera plus de ravage

parmi les troupes sur lesquelles on tire. Comme les boulets en passant au travers des bataillons éprouvent peu de résistance, les charges des pièces de campagne étaient très petites. On a trouvé que chargées de $\frac{1}{7}$ ou de $\frac{1}{2}$ du poids du boulet elles produisaient les effets qu'on en attendait.

DESCRIPTION DU CANON RAYÉ. — Toute la différence du canon rayé consiste en ce qu'une pièce ordinaire est lisse en dedans, au lieu que, dans le cylindre de l'autre, on pratique et creuse des raies en forme de spirale. Le nombre des raies n'est pas fixé et varie suivant la fantaisie de l'ouvrier ou le calibre du canon ; elles sont pareillement plus ou moins profondes selon les pays, la matière dont on fond la pièce, ou enfin le caprice du fondeur : ce canon s'appelle aussi carabine.

DIFFÉRENTES MANIÈRES DE CHARGER LE CANON RAYÉ. — Il y a plusieurs manières de charger le canon rayé. Lorsqu'on a mis dans la pièce une quantité de poudre suffisante, on prend une balle de plomb d'un diamètre un peu plus grand que celui de la pièce avant qu'elle fût rayée. On la place à la bouche de la pièce et on fait entrer cette balle de force, à coup de maillet et de refouloir, jusqu'à ce qu'elle touche la charge. Le plomb cédant à la force, il est poussé : la surface de la balle (perd) sa forme sphérique et prend celle de l'intérieur du cylindre.

En Allemagne et en Suisse, on a perfectionné cette manière de charger le canon rayé, surtout à l'égard des grosses pièces dont on se sert pour tirer à de grandes distances : pour cela, on coupe un morceau de cuir en forme de cercle ou un morceau de futaine, dont on enduit un des côtés avec de la graisse, contre la bouche du canon. En plaçant le boulet de fer, on l'enfonce dans le canon ; par ce moyen, le cuir ou la futaine empêche l'impreinte des raies pourvu qu'elles ne soient pas trop profondes. Comme ces deux méthodes de charger les pièces par leur bouche exigent

beaucoup de temps, les canons que l'on fond en Angleterre sont faits de manière qu'on les charge par la culasse qui, pour cette raison, a plus de capacité que toute autre partie. On fait entrer la poudre et le boulet par une ouverture pratiquée dans le côté de la pièce, après quoi on le referme avec une vis.

AVANTAGE DES PIÈCES DE CANON RAYÉES. — L'utilité et l'avantage du canon rayé consistent en ce que la surface de la balle, suivant la courbure des raies, acquiert, avec les mouvements progressifs, un mouvement de rotation autour de l'axe du cylindre et, comme il la conserve encore au sortir de la pièce et que l'axe de ce mouvement coïncide avec la ligne de direction, la pression de sa résistance sera égale, dans toutes les parties de la surface qui se présentent avec la première, de sorte qu'elle ne pourra causer aucune déclinaison ; on pourra donc, avec de pareilles pièces, frapper un but à une distance beaucoup plus grande que celle où l'on suppose pouvoir atteindre avec une pièce ordinaire. Il ne faut pas croire pour cela que la vitesse d'un boulet tiré avec une pièce rayée soit plus grande que ce même boulet tiré avec une pièce ordinaire avec la même charge [ce qui est faux]. En effet si les raies sont profondes et que le boulet soit assez gros pour les remplir, le frottement qu'il éprouve doit diminuer sa vitesse ; la seule raison de l'augmentation de portée ne peut venir que du mouvement de rotation qui empêche toutes les déclinaisons qui écartent le boulet et ralentissent son mouvement dedans les pièces ordinaires. Lorsqu'il s'agit de tirer des boulets à une grande distance, les formes des charges et les longueurs des pièces peuvent alors être d'une grande utilité.

La vérité de cette maxime peut être facilement déduite des observations précédentes. Le boulet à la vérité acquiert un nouveau degré de vitesse par l'impulsion d'une charge plus forte et par l'augmentation de la longueur de la pièce ; mais aussi, quel que soit l'accroissement de sa vitesse au

sortir du canon, son amplitude ni sa force ne seront considérablement augmentées. En effet, la moindre résistance de l'air (gène) la vitesse du boulet, mais l'action de l'air sur les projectiles a une force prodigieuse et cette force est d'autant plus grande que la vitesse du mobile augmente; la résistance, qui est l'effet de cette force, (suit) à la vérité, dans les petites charges, le rapport du carré des vitesses; mais, en augmentant la charge, la résistance ne suit plus cette loi: car alors elle devient trois fois aussi grande que si elle était calculée suivant cette maxime. D'ailleurs, ce mouvement de rotation du boulet change non seulement sa direction, mais diminue son amplitude. La juste charge d'une (pièce) n'est pas celle qui peut communiquer au boulet la plus grande vitesse; elle n'est pas déterminée par un rapport constant de son poids avec celui du boulet, mais c'est la quantité de poudre qui est seulement nécessaire pour remplir l'objet que l'on se propose et, au lieu d'être en raison du boulet, elle doit changer suivant les diverses opérations qu'il faut faire; qu'il s'agisse de détruire un parapet, de démonter des batteries, de battre en brèche, si l'obstacle n'est pas éloigné, chaque accroissement de vitesse fera pénétrer le boulet plus avant; mais, si c'est à une fort grande distance, les fortes charges ne portent guère plus avant que les petites: dans ce cas, il peut y avoir même rapport entre la charge et le poids du boulet, de même que dans celui où, l'obstacle étant près de la pièce, peut être renversé aisément par un boulet tiré avec une petite charge, comme s'il s'agissait de tirer contre des planches ou le flanc d'un vaisseau.

Déterminer les rapports des différentes vitesses que peuvent imprimer à un même boulet des charges plus ou moins fortes, des pièces plus ou moins longues.

La méthode la plus favorable pour y parvenir n'est pas d'examiner leur amplitude, mais de prouver à quelle pro-

fondeur pénétre le boulet tiré avec une même charge contre un solide placé à une petite distance de la bouche de la pièce. Tel est par exemple un madrier ou un (amas) de terre ou d'argile. Car nous avons démontré que les amplitudes des pièces ne peuvent point marquer exactement les vitesses des boulets, au lieu que l'expérience fait voir que, à une charge double, répond une profondeur quadruple et que, à une triple, répond une profondeur neuf fois plus grande. Benjamin Robins éprouva qu'une balle de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre contre un madrier de chêne pénétra avec différentes vitesses à différentes profondeurs, depuis $\frac{1}{2}$ pouce jusqu'à 10 pouce. Ayant examiné la vitesse respective avec les profondeurs, il trouva qu'elles suivaient à peu près le lien indiqué ci-dessus et cela se trouva vrai pour un boulet d'une grosseur quelconque.

Fin du 5^e Cahier.