

**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse  
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse  
**Band:** 62 (1917)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Les effets meurtriers des projectiles  
**Autor:** Diesbach, R. de  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-339926>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Les effets meurtriers des projectiles.

---

## I. INTRODUCTION

Il serait téméraire de porter un jugement définitif sur les effets meurtriers et destructifs de projectiles avant l'issue de la guerre contemporaine ; il faut attendre que les critiques militaires aient dégagé des leçons de l'expérience les principes qui assurent aux défenseurs d'un ouvrage une protection efficace, contre les coups de l'assaillant. Deux sièges célèbres, Port-Arthur et Andrinople, avaient permis récemment d'apprécier dans une certaine mesure les effets du feu sur les retranchements et leurs défenseurs. On conviendra que l'épreuve n'était pas concluante. Aujourd'hui, suivant l'expression du général Lewal, les belligérants « ont usiné la guerre » ; ils ont mis à profit tous les progrès réalisés par l'armement, la télécommunication électrique, l'automobilisme et l'aviation. Désormais la traction automobile assure l'intervention opportune et le ravitaillement en munitions de l'artillerie lourde dont l'utilisation était subordonnée jadis à la proximité des voies ferrées et dont la puissance égale maintenant celle des pièces de siège immobilisées sous les coupes des forteresses. La précision et la vitesse du tir des batteries de campagne, l'intensité des feux de mousqueterie, l'emploi généralisé de la mitrailleuse sont autant de facteurs qui semblent avoir eu actuellement une influence décisive sur le caractère stationnaire des opérations.

Pour prévenir un insuccès, pour conserver le terrain conquis malgré une infériorité numérique temporaire, les adversaires en présence n'ont pas hésité à se retrancher sur toute

l'étendue du front de bandière; ils ont fait appel aux ressources si variées dont dispose la fortification semi-permanente moderne.

A l'offensive à outrance, préconisée naguère par l'état-major allemand et érigée en dogme dans la plupart des règlements militaires, s'est substituée la défensive-offensive. Le tacticien s'est résigné à l'organisation d'une position d'arrêt dont l'immense développement doit interdire à l'ennemi toutes les voies d'invasion ou permettre le recul progressif de sa frontière militaire; il a dû subir les méthodes de combat réservées aux sièges des forteresses et la progression lente des travaux d'approche. Aujourd'hui la bataille-manœuvre n'a plus guère qu'un caractère épisodique.

Il faut rechercher la cause déterminante de cette évolution de la guerre moderne dans les perfectionnements apportés à l'armement et aux explosifs. Il en est résulté une augmentation notable de l'efficacité du tir; de là l'importance d'une détermination rationnelle des effets meurtriers et destructifs des projectiles. Les premiers, destinés à mettre hors de combat les buts vivants, sont obtenus par les balles de fusil et de shrapnell ainsi que par les éclats des obus de campagne; les seconds sont la conséquence de l'explosion des obus de moyen et de gros calibre dont le but est la destruction de la masse couvrante et des obstacles, bien que leur action dynamique s'exerce à la fois sur la garnison et le gros-œuvre des forts ou des centres de résistance.

Les effets meurtriers des projectiles, subordonnés au choc de la balle et à la fragmentation des éclats, feront seuls l'objet de cette étude que nous nous proposons de compléter ultérieurement par la détermination de l'action destructive du tir sur les parapets, les blindages et les cuirassements. Ayant rappelé au préalable quelques principes de balistique extérieure indispensables à l'intelligence du sujet, nous considérerons le projectile isolément et dans le tir collectif; nous pourrions ensuite formuler des conclusions relatives au défilement des retranchements et à la protection de leurs défenseurs contre les atteintes meurtrières.

## II. NOTIONS DE BALISTIQUE EXTÉRIEURE

Pour justifier l'importance de ces notions nous invoquons l'autorité du capitaine Collon de l'artillerie belge. Dans son *Traité pratique des tirs collectifs*, cet auteur précise dans les termes suivants leur influence décisive en fortification : « La théorie générale du tir et la connaissance approfondie des propriétés des trajectoires, considérées isolément ou en gerbes, en terrain horizontal ou incliné, constitue une base indispensable au choix des positions dans l'offensive et dans la défensive. » Les colonels Piarron de Mondésir et Clergerie, du génie français, expriment sous une forme un peu différente une opinion identique dans deux études très substantielles traitant des rapports de la fortification avec la tactique et avec l'armement actuel. Il paraît superflu d'insister davantage. Le cadre restreint de notre étude nous permettra seulement le rappel de quelques principes essentiels relatifs aux propriétés fondamentales des trajectoires et à l'action dynamique des projectiles.

Vers la fin du XVI<sup>e</sup> siècle Galilée établit le premier l'équation du jet sous sa forme la plus simple. Il démontra qu'un mobile, lancé librement dans l'espace, décrit une parabole à axe vertical. Les propriétés physiques des gaz étant inconnues à cette époque, il négligea l'effet retardateur de l'air. On sait que le mouvement parabolique ne s'applique qu'au cas idéal du vide : il y a lieu de tenir compte non seulement de l'accélération due à la pesanteur mais de la résistance de l'air, qui, suivant Newton, serait proportionnelle à la section droite du projectile, au carré de sa vitesse et à la densité du fluide. Ce principe, admis pendant longtemps, donne des résultats suffisamment exacts seulement lorsque la vitesse initiale est inférieure à 240 m. par seconde ou supérieure à 420 m. par seconde. Nos compatriotes Euler et Jean Bernouilli de Bâle, reprenant les travaux de leurs devanciers, ouvrirent la voie aux géomètres illustres Borda, Gauss, Cauchy, Piobert, qui jetèrent les bases d'une science nouvelle issue

de la dynamique. Le développement de la mécanique rationnelle permit d'établir avec une approximation suffisante les équations de la trajectoire dans le vide et dans l'air<sup>1</sup>. Les résultats de l'expérience vinrent confirmer les recherches spéculatives des savants. Pour les vitesses initiales n'obéissant pas à la loi de Newton, soit pour celles de la plupart des pièces à tir courbe, M. Siacci admet la proportionnalité du cube sauf dans les limites comprises entre 282 m. par sec. et 343 m. par sec.; dans ce dernier cas la résistance de l'air croît en raison de la sixième puissance de la vitesse tangentielle. Comme on peut le prévoir sans le secours d'aucun calcul, l'action atmosphérique altère sensiblement le mouvement du mobile; il décrit non plus une parabole, comme dans le vide, mais une courbe gauche dont la branche ascendante a une amplitude plus grande que la branche descendante. Les principales conséquences de cette dyssymétrie sont les suivantes:

1° L'angle de tir est toujours plus petit que l'angle de chute ( $\alpha < \varphi$ ).

2° La vitesse tangentielle et le rayon de courbure, pour des inclinaisons de la trajectoire égale et de sens contraire, sont plus grands dans la branche ascendante que dans la branche descendante.

3° L'abscisse du sommet de la trajectoire, comptée à partir de l'origine du tir, est plus grande que la moitié de la portée (distance de l'origine au point d'impact).

<sup>1</sup> D'après Morel on peut mettre ces équations sous une forme relativement simple qu'il nous a paru intéressant de rappeler.

$$\text{Trajectoire dans le vide : } y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (1)$$

$$\text{Trajectoire dans l'air : } y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + KV_0^2 x) \quad (2)$$

De l'équation (2) on déduit par les méthodes ordinaires du calcul différentiel celle de la tangente à la courbe en un point quelconque et par suite au point d'impact en faisant  $x=L$ . On trouve pour l'équation de l'angle de chute  $\alpha$ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \alpha \left( 1 + \frac{KV_0^2 L}{1 + KV_0^2 L} \right) = \operatorname{tg} \alpha \left( 1 + \frac{S}{1 + S} \right) \quad (3)$$

Nous avons adopté les notations suivantes:  $x, y$  coordonnées du centre de gravité du projectile;  $\alpha$ , angle de tir;  $g = 9$  m. 81 p. sec. accélération de la pesanteur;  $V_0$ , vitesse initiale à la bouche en mètres par sec.;  $L$ , portée;

$K = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha - gL}{gV_0^2 L^2}$  paramètre balistique fonction du lieu et de l'arme;

$S = KV_0^2 L$  quantité auxiliaire.

Les principes que nous avons énoncés donnent lieu à quelques observations complémentaires. Nous avons fait abstraction de l'angle de relèvement  $r$  à peu près négligeable et variable avec le recul, la vibration et l'échauffement de l'arme; en réalité il s'ajoute algébriquement à  $\alpha$  de sorte que l'on a en définitive  $r \pm \alpha = \pm i$ ,  $i$  désignant l'angle de projection. D'autre part on assimile généralement la trajectoire à une courbe plane en raison de la petitesse de la dérivation; cette hypothèse n'est rigoureusement exacte que pour le point matériel assujéti à rester dans le plan de tir pendant la durée du trajet et non pas pour le projectile, corps de révolution cylindrique ou tronconique, dont l'axe est animé d'un mouvement conique, la précession, et d'un mouvement oscillatoire à périodes plus petites, la nutation. Ce mouvement complexe est favorable à la pénétration et diminue la consommation d'énergie cinétique. Cependant la balle du fusil, en raison de son poids relativement faible, éprouve une tendance à basculer autour de son centre de gravité; elle subit l'effet nuisible du « papillonnement » que l'on a cherché à atténuer en substituant récemment le profil bi-ogival au profil cylindro-ogival. Quant à la balle de shrapnell, elle accomplit un trajet efficace maximum ne dépassant guère 150 m. et ayant pour origine le point d'éclatement où sa vitesse se compose avec celle du projectile; elle est donc partiellement soustraite à l'influence des rayures de l'âme de la pièce et à l'effet retardateur de l'air. Dès lors, on a pu lui conserver la forme sphérique adoptée naguère pour tous les projectiles, jusqu'à l'apparition du fusil à aiguille Dreyse (1841) et de l'artillerie rayée (1859). Pour apprécier l'action dynamique de la balle et des éclats, dont la pénétration diminue en raison directe de la portée et du milieu traversé, il faut évidemment avoir recours au principe de la force-vive ou énergie cinétique dont l'équation est  $W_L = \frac{mV_L^2}{2}$ ; dans cette expression  $m$  désigne la masse du projectile, soit le rapport de son poids à l'accélération  $g$ ,  $V_L$  la vitesse finale au point d'impact.

L'efficacité des atteintes meurtrières dépend donc de la vitesse initiale, du poids et de la forme des balles ou des



éclats; des données numériques relatives à ces éléments de mesure sont évidemment indispensables pour la détermination rationnelle des effets de choc que nous allons étudier brièvement.

### III. ACTION D'ARRÊT DES BALLES ET DES ÉCLATS D'OBUS

La fragmentation irrégulière de l'obus se prêtant mal au calcul de la force-vive restante de ses éclats, nous envisagerons plus particulièrement l'action dynamique des balles de fusil et de shrapnell. L'examen de l'équation de l'énergie cinétique montre qu'à une augmentation déterminée de la vitesse, dont l'influence est prépondérante, peut correspondre une diminution notable du poids des projectiles; leur action d'arrêt aux grandes distances de tir est ainsi mieux soustraite à l'effet retardateur de l'air. Ce double perfectionnement, soit l'accroissement de la vitesse à la bouche et la réduction du calibre, a été réalisé par la substitution des explosifs chimiques aux explosifs mécaniques. En effet l'invention des poudres colloïdales, à base de nitrocellulose pure ou mélangée de nitroglycérine, due à l'ingénieur français Vieille<sup>1</sup>, a permis d'obtenir des vitesses initiales telles que la plus grande distance efficace de combat a pu être à peu près doublée (800-1000 m. pour l'infanterie, 4-5 km. pour l'artillerie de campagne). Il en résulta une transformation de l'armement qui eut lieu de 1886 à 1892 pour les armes à feu portatives, tandis que des raisons économiques ou la réalisation de perfectionnements d'ordre mécanique firent différer la création d'un nouveau matériel d'artillerie jusque vers 1897; auparavant on

<sup>1</sup> Vieille obtint huit variétés de celluloses nitriques (degrés de nitrification 4-11). L'acide sulfurique,  $\text{SO}^4\text{H}^2$  joue le rôle d'agent d'absorption de l'humidité, le carbonate de chaux  $\text{CO}^2\text{Ca}$  celui d'agent de stabilisation, un mélange d'éther sulfurique et d'alcool celui de corps gélifiant. La production du fulmicoton ou cellulose endécanitrique donne lieu à la réaction suivante :  $\text{C}^{24}\text{H}^{40}\text{O}^{20} + 11 (\text{AzO}^3\text{H}) = \text{C}^{24}(\text{AzO}^2)^{11}\text{H}^{20}\text{O}^{20} + 11\text{H}^2\text{O}$ . — La nitroglycérine, découverte à Turin par Sobrero en 1847, est le produit de la nitrification de la glycérine pure  $\text{C}^3\text{H}^8\text{O}^3$ . Le mélange de cet explosif au coton-collodion (cellulose octonitrique) et au fulmicoton donne une poudre colloïdale nitroglycérinée; la plus connue est la cordite du chimiste anglais Abel.

envisagea seulement les modifications nécessaires au tir de l'obus-torpille dont l'apparition date de 1885.

C'est à Vieille que revient l'honneur d'avoir trouvé le premier explosif balistique réellement stable, produit de la gélatinisation du fulmicoton découvert en 1846 par le chimiste bâlois Schoenbein en dissolvant la cellulose-coton dans l'acide sulfo-nitrique. Mélangée à la nitroglycérine cette poudre brisante sert parfois au chargement de l'obus; pour la munition d'infanterie on l'emploie généralement pure en augmentant la teneur d'azote (degré de nitrification). Elle est assez puissante pour imprimer à la balle du fusil une vitesse initiale comprise entre 600-650 m/sec et dépassant actuellement 850 m/sec à la suite de perfectionnements récents. La force de cet explosif entraîna naturellement une réduction du calibre (6,5 — 8 m/m) et par suite une diminution du poids du projectile abaissé d'abord à 14 ou 15 gr., puis à 10 ou 12 gr. quand le profil cylindro-ogival fut remplacé par le profil bi-ogival (vers 1898). L'ogive de la partie antérieure de la balle devint très effilée, tandis que sa partie postérieure affecta une forme légèrement tronçanique. Pour atténuer les inconvénients de la déformation, dus au dégagement de chaleur produit quand le projectile frappe l'objectif, on noya dans une enveloppe de métal dur, cuivre, acier nickelé ou maillechort (alliage de 50 parties de cuivre, 25 p. de nickel et 25 p. de zinc), le plomb durci contenant 2-10 % d'antimoine employé depuis longtemps pour la fabrication de la balle. Cette gaine indéformable augmente la pénétration dans les corps durs mais diminue l'épanouissement du projectile et par suite sa surface d'attaque; celle-ci est relativement faible puisque la section transversale de la balle n'atteint 0,5 cm<sup>2</sup> que pour le plus fort calibre actuellement en usage (0,3318 cm<sup>2</sup> pour le cal. 6 m/m 5; 0,5026 cm<sup>2</sup> pour le cal. 8 m/m). Avec le profil bi-ogival la force-vive à la bouche fut portée de 300 kgm. à 350 kgm. Aux distances caractéristiques de combat, l'énergie cinétique restante est encore suffisante pour produire des lésions graves; en effet W<sub>L</sub> atteint 65-70 kgm. pour les portées de 800 m. et n'est pas inférieur à 20 kgm. pour les portées de 2000 m. (vitesse restante 250 m/sec).



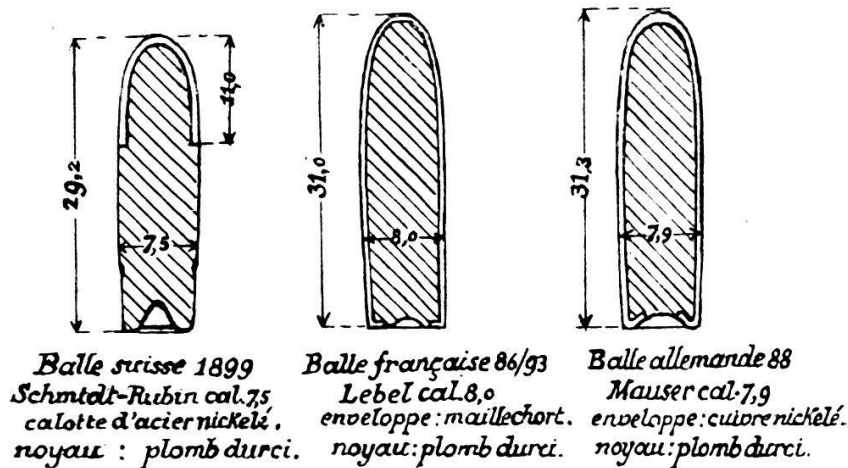
Quelques exemples concrets feront mieux ressortir les progrès réalisés par l'armement de l'infanterie depuis l'adoption de la poudre colloïdale. Nous avons consigné dans la table I de la page 51 les principales données balistiques relatives à notre ancienne cartouche et à celles de deux armées étrangères. On y trouvera aussi les valeurs des angles de chute des balles correspondantes dont la figure 1 indique les dimensions les plus importantes ; elles n'offrent guère qu'un intérêt documentaire pour le défilement en raison de la tension prononcée de la trajectoire aux deux distances caractéristiques de combat qui ont seules été prises en considération.

La comparaison des effets meurtriers des balles de fusil et de shrapnell a été généralement défavorable au second projectile; toutefois il importe, avant de formuler des conclusions, de rappeler les éléments de mesure de son action dynamique. On sait qu'il est constitué par une petite sphère en plomb durci dont le poids varie de 9 gr. à 13 gr. et dont le diamètre est compris entre 11,7 mm. et 13,2 mm.; les sections correspondantes sont donc respectivement de 1,0751 cm<sup>2</sup> et de 1,3685 cm<sup>2</sup>. Grâce à l'emploi de la cellulose nitrique, préférée comme explosif chassant à la poudre nitroglycérinée à cause de sa plus grande stabilité et de son plus faible pouvoir érosif, le shrapnell moderne atteint une vitesse initiale de 500-580 m/sec et possède au point d'éclatement E une vitesse restante  $V_L$  dont la valeur s'abaisse de 420 m/sec à 250 m/sec quand la portée augmente de 1 à 4 km. En composant, suivant le parallélogramme des forces,  $V_L$  avec la vitesse de rotation de la balle en E et celle que lui imprime l'explosion de la charge intérieure de poudre colloïdale (550 gr. à 800 gr.), on obtient une résultante  $v_0$  qui sert à la détermination de la force-vive au choc; on peut admettre pour  $v_0$  une valeur de 350-520 m/sec aux distances normales de combat de l'artillerie de campagne. Les balles extrêmes du noyau meurtrier de la gerbe ont encore environ 180 m/sec. de vitesse au choc correspondant à un trajet de 150-200 m. et à une force-vive restante de 15 kgm. p. cm<sup>2</sup> de section nécessaire pour mettre un homme hors de combat (pour le cheval il faut 30 kgm./cm<sup>2</sup>). Remarquons que la forme sphérique de la balle de shrapnell se justifie non seu-

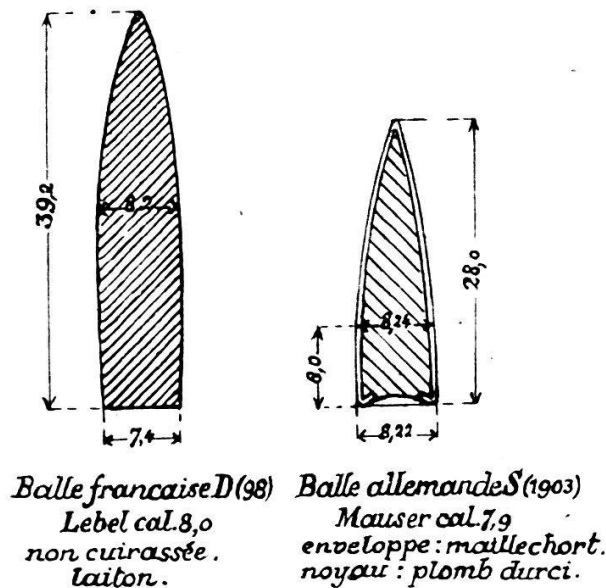
Fig.1

## Types de projectiles d'infanterie.

## Balles cylindro-ogivales.



## Balles bi-ogivales.



Echelle : 1:1.  
Mesures en m/m.

lement pour des raisons économiques mais encore à cause de l'incertitude de sa direction du point d'éclatement et du faible parcours qu'elle effectue.

Toutes les pièces de calibre moyen des parcs de siège (Rimailho long de 155) ainsi que la plupart des obusiers légers et lourds (Rimailho court de 155, canon court français de 120) tirent des shrapnells beaucoup plus puissants que ceux du canon de campagne ; ils contiennent 250-500 balles pesant 20-65 gr. au lieu de 300 balles de 9-13 gr.

On trouvera dans la table II les données balistiques principales de trois types de shrapnell récents ainsi que l'inclinaison de la trajectoire la plus raide de leur cône d'éclatement à 4000 m. On sait que l'angle de chute maximum du projectile d'artillerie tiré fusant sert de base à l'opération du défilement que nous nous proposons d'étudier.

Nous avons considéré jusqu'ici les effets meurtriers de la balle en faisant abstraction de l'organe lésé ; il est évident que la gravité des lésions est aussi un élément de mesure de son action d'arrêt qui ne dépend pas exclusivement de la force-vive au choc. D'après le colonel Bircher, du service sanitaire de notre armée, le corps humain comprend trois zones de vulnérabilité qui sont le siège des blessures mortelles, graves et légères ; les aires de ces zones sont proportionnelles aux nombres 25,15 et 60 pour la balle de fusil et aux nombres 30,25 et 45 pour celle de shrapnell (12,5 gr.). Nous pensons que ces résultats auront été modifiés au détriment du canon et au profit du fusil depuis l'adoption des projectiles à chemise métallique rigide et à trajectoire rasante. Au double point de vue tactique et balistique, il suffit de déterminer l'énergie cinétique restante pour mettre les buts vivants, homme et cheval, hors de combat. Le capitaine Campana, de l'artillerie française, déduit des expériences du général Journée une classification générale des lésions produites par la balle de shrapnell ; nous en reproduisons les principales données dans la table III.

Nous possédons maintenant les éléments de mesure nécessaires à la comparaison des atteintes meurtrières des balles de fusil et de shrapnell. La force effilée et l'enveloppe métallique rigide des premiers projectiles facilitent leur pénétration dans les corps durs tels que les os, les blindages des tranchées, les boucliers d'artillerie et d'embrasure ; les seconds projectiles pro-

voquent des déchirures plus sérieuses dans les parties molles du corps humain en raison de leur grande surface d'attaque et de l'écrasement du plomb durci en forme de champignon, mais ont le désavantage de frapper l'objectif avec une force-vive restante beaucoup plus faible.

L'explosion de l'obus-torpille occasionne des blessures, sinon plus graves, du moins plus douloureuses que les deux projectiles dont nous venons d'étudier les effets dynamiques. Les projectiles explosifs de petit calibre appartiennent à deux types caractéristiques différents; le premier à parois minces et à forte charge (825 gr. de mélinite) produit une fragmentation très dense formée par environ 2000 éclats très ténus animés d'une vitesse initiale voisine de 1200 m/sec (obus français de 75); le second (obus brisant allemand de 77) à paroi épaisse et à faible charge (135 gr. d'acide picrique) projette au point d'éclatement environ 500 fragments dont le poids est très variable (10-200 gr.) et dont la vitesse est relativement faible (300-400 m/sec.). En résumé les éclats d'obus sont susceptibles de provoquer des déchirures très graves dans les tissus du corps humain en raison de l'irrégularité de leur forme, de leur grande surface d'attaque ou de l'énergie cinétique développée par l'explosion des poudres Brisantes (mélinite, lyddite, écrasite, émmensite, chimose). Ces différentes variétés d'explosifs sont toutes à base d'acide picrique  $[C^{12}H^3(AzO^4)^3O^2]$  produit de la nitrification du phénol; ce corps, additionné de dinitrocellulose dissoute dans un mélange d'éther et d'alcool, fut employé par le chimiste français Turpin pour le chargement des torpilles dès 1885. Aujourd'hui le trotyl, carbure d'hydrogène nitré (peroxyde d'azote), est parfois substitué aux explosifs détonnants dérivés du phénol. L'obus français de 75 produit non seulement le redoutable « coup de hache », mais encore « l'effet de souffle » ou expansion violente des gaz dégagés par la combustion de la poudre quand l'explosion a lieu en espace clos; il est alors capable de démolir une maison ou un abri de combat, et, provoque chez l'homme, jusqu'à 4 m. de son point d'éclatement, des hémorragies internes toujours mortelles.

Outre les deux types caractéristiques de projectiles dont

nous venons de décrire succinctement la fragmentation, l'artillerie de campagne en emploie d'autres donc l'action d'arrêt est analogue. On peut citer en Allemagne l'obus-shrapnell (285 balles, 150 éclats de 5 gr., 140 gr. d'explosif) très efficace dans le tir à démolir des batteries à boucliers ; en France on trouve l'obus Robin, sorte de shrapnell à forte charge mélangée à 300 balles sphériques, doué d'un grand pouvoir incendiaire, supérieur à tous les projectiles similaires en usage avant la guerre contemporaine au point de vue du rendement et du coefficient balistique.

Bien que la destruction de l'ennemi soit obtenue généralement par le feu de mousqueterie, le tir fusant à shrapnell et la fragmentation de l'obus léger, nous ne saurions passer sous silence les effets meurtriers parfois considérables des obus de calibre moyen. Leur emploi, limité naguère au tir en brèche et au tir à démolir, s'est généralisé depuis que la guerre de position a pris une extension inconnue jusqu'ici. D'autre part certaines circonstances spéciales ont amené l'intervention des pièces lourdes dans la lutte d'artillerie en rase campagne ; ainsi les Allemands, reconnaissant l'insuffisance de leur matériel de 77, ont généralement doté leurs contre-batteries de l'excellent obusier de 105. Les pièces de calibre moyen (90-155 mm.) tirent des obus pesant de 12 à 43 kg. et contenant une charge intérieure qui peut dépasser 10 kg. Dans notre table IV on trouvera des données relatives au poids total et au poids de la charge de quelques obus moyens actuellement en service sur le front occidental.

Cette étude succincte des effets dynamiques de la balle et des éclats nous permettra de mieux apprécier l'action d'arrêt du tir fusant et des feux de mousqueterie ; elle a eu une influence décisive sur les méthodes de combat actuelles et l'organisation défensive du champ de bataille d'après la conception moderne de la guerre. Après avoir considéré le projectile isolément, nous étudierons les différents groupements des atteintes meurtrières qui constituent la gerbe ; son efficacité est subordonnée à la dispersion de l'arme, à la conduite du feu et à la déclivité du terrain.

TABLE I.

Données balistiques (fusil)	SUISSE mod. 89/96 Schmidt-Rubin calibre 7,5 mm.	FRANCE mod. 86/93 Lebel calibre 8,0 mm.	ALLEMAGNE mod. 88. Mauser calibre 7,9 mm.	FRANCE balle M 98 D Lebel calibre 8,0 mm.	ALLEMAGNE balle S. 1903 Mauser calibre 7,9 mm.
Vitesse initiale à la bouche en m.-sec.	600	632	645	726	875
Poids de la balle en grammes . . . . .	13,8	15,0	14,7	12,8	10,0
Charge de la poudre en grammes. . . . .	1,9	2,75	27,5	3,0	3,2
Angle de chute $\varphi$ { à 800 <sup>m</sup>	2°05'04",6	1°51'06"	1°47'03"	1°00'50",5	1°05'00"
en deg. sexages. { à 2000 <sup>m</sup>	14°42'10"	13°48'32"	12°51'45"	—	—

N. B. La portée maxima du fusil actuel varie de 3400-4000 m. pour la balle bi-ogivale qui tombe sous un angle de chute d'environ 20° avec une force-vive restante négligeable. Les données balistiques de la balle suisse cuirassée de 1911 que nous n'avons pas cru opportun de reproduire, nous permettent d'attendre de notre fusil mod. 96/11 un rendement égal ou supérieur à celui des meilleures armes modernes.

TABLE II

Données balistiques (canon de campagne)	Canon allemand de 77 mm. mod. 96 n. A. Krupp	Canon suisse de 75 mm. 1905 Krupp.	Canon français de 75 mm. 1897 Colonel Deport Général Ste-Claire-Beville
Vitesse initiale à 25 m. de la bouche en m./sec. . . . .	465	485	529
Shrapnell {	Poids total . . . . .	6,850 kg.	6,350 kg.
	Poids de la charge . . . .	0,570 »	—
	Balles { nombre . . . .	300	210
	sphériques { poids . . . .	10 gr.	12,5 gr.
	diamètre . . . .	12,2 mm.	13,1 mm.
Angle de chute $\varphi$ à 4000 m. . . . .	13°31'	13°10'	11°39'
Demi-ouverture du cône d'éclatement K à 4600 m. . . . .	9°30' (approxim.)	8°22'	8°37'
Inclinaison de la génératrice la plus raide du cône d'éclatement à 4000 <sup>m</sup> ( $\omega = \varphi + K$ ) . . . . .	23°01'	21°32'	20°16'

N. B. La portée maxima du canon de campagne moderne varie de 5500 m. à 6500 m. ; cependant les progrès réalisés par l'artillerie au cours de la guerre actuelle ont permis de dépasser la limite supérieure que nous avons indiquée.



TABLE III

Force-vive au choc en kilogrammètres par cm <sup>2</sup> de section	BLESSURES	
	Homme	Cheval
Inférieure à 2 kgm. . . . .	Contusions.	—
2-4 kgm. . . . .	Plaies plus ou moins pénétrantes dans les parties molles.	Contusions.
4-8 kgm. . . . .	Os entamés.	Plaies plus ou moins pénétrantes dans les parties molles.
15 kgm. . . . .	Os percés et brisés.	Os fêlés.
30 kgm. . . . .	—	Os percés et brisés

TABLE IV

Poids et charge des principaux obus de calibre moyen (artillerie lourde du front occidental)*									
Genre et calibre des bouches à feu	Pièces françaises					Pièces allemandes			Pièce anglaise
	Canon long 155 T. R. (Rimailho)	Canon court 155	Canon court 120	Canon long 405 T. R.	Canon long 90 Bange	Obusier lourd 150 Krupp	Canon T. R. 130 Krupp	Obusier léger 105 Krupp	Obusier 114
Poids total de l'obus . .	43 kg.	43 kg.	20.3 kg.	16,5 kg.	12 kg.	39 kg.	30 kg.	14 kg.	17.5 kg.
Poids de la charge . .	12 kg.	12 kg.	6 kg.	—	2,1 kg.	7,3 kg.	—	1,6 kg.	2,7 kg.

(A suivre.)

R. DE DIESBACH

Capitaine du génie.

