R G B WH GR BL

Grey Scale #13

C M Y K

DANES PICTA .COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

Colour Chart #13

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

Inches Centimetres

DANES PICTA .COM

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

DANS

LA GUERRE ACTUELLE

75 & 90

Général DUBOIS

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

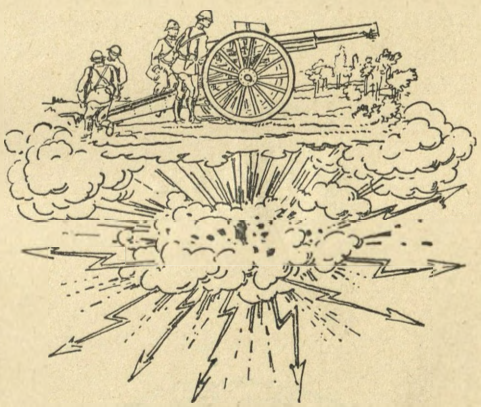
DANS

LA GUERRE ACTUELLE

75 & 90

ILLUSTRATIONS DU SOUS-LIEUTENANT UMBDENSTOCK

PROFESSEUR D'ARCHITECTURE A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE



PARIS

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE MILITAIRE UNIVERSELLE

L. FOURNIER

264, Boulevard Saint-Germain, 264

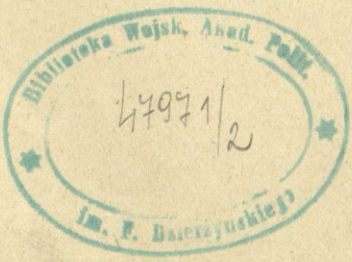
(En face le Ministère de la Guerre)

1916

355.91



4424/II



AVANT-PROPOS

La guerre actuelle est féconde en enseignements et en surprises. Pour ne parler que de l'artillerie, elle a changé bien des idées sur les calibres, les méthodes et les genres de tir à employer. C'est ainsi que, tout en consacrant et en plaçant même plus haut que jamais les éminentes qualités de notre 75, elle a montré que le 90, trop vite éclipsé peut-être par son glorieux successeur, est resté la pièce excellente et précise qui a tenu longtemps la tête de l'artillerie de campagne européenne. Aujourd'hui encore, dans certains cas, notamment lorsque les circonstances obligent à ménager les munitions ou lorsqu'il s'agit d'atteindre des buts abrités, le 90 reprend, même à côté du 75, toute sa supériorité d'autrefois.

Les développements qui suivent ont pour objet de faire ressortir les conditions générales d'emploi de l'artillerie de campagne dans la guerre actuelle, et, plus spécialement, de montrer le rôle considérable que les batteries de 90, bien commandées, sont appelées à jouer jusqu'à la fin de la campagne. En ce qui concerne ce calibre, on a voulu ainsi combler une véritable lacune. Le règlement du 2 mars 1910 de l'artillerie à pied donne bien des indications sur le service et le tir du 90, mais ces dispositions ne s'appliquent guère à la batterie de campagne. D'autre part le règlement du 27 mars 1901 sur le service des canons de 80 et de 90, outre qu'il est devenu introuvable, énonce des principes et des méthodes de tir qui sont aujourd'hui surannés.

La présente étude a donc un double but : traiter d'une manière générale la question de l'emploi de l'artillerie de campagne dans la guerre actuelle et, en même temps, faciliter l'utilisation d'une excellente pièce, que les circonstances ont amené à remettre en service.

Les événements nous ont donné, en ce qui concerne les procédés de tir et le choix des positions, des leçons dont il

est indispensable de profiter. Ils ont achevé de démontrer, avec plus d'évidence que jamais, la nécessité absolue, pour l'artillerie, d'employer presque exclusivement le tir indirect et de dissimuler ses batteries aux vues des aéroplanes et dirigeables ennemis.

Il y a quelques années seulement, on était assez porté à admettre que, quelle que fût sa mission sur le champ de bataille, un commandant de batterie de campagne pouvait sans inconvénient opter entre une position abritée et une position découverte. Le tir indirect apparaissait comme un exercice savant, que les virtuoses pouvaient se permettre, mais dont les procédés semblaient trop compliqués pour qu'on pût en exiger la pratique courante de tous les officiers de batterie.

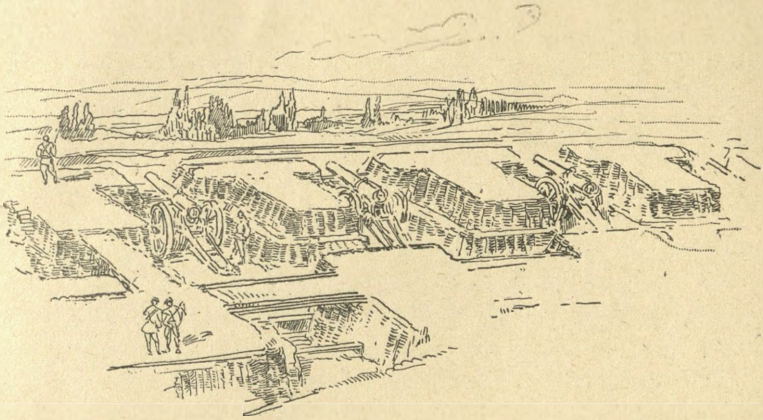
Cette conception de la lutte d'artillerie continuait peut-être, de la façon la plus française et la plus hardie, les vieilles traditions qui, pendant une longue suite de siècles, nous avaient fait, toujours et partout, rechercher le combat à découvert. On se souvenait, à travers l'histoire, de la fameuse apostrophe de Fontenoy : « Messieurs les Anglais, tirez les premiers ». Nous faisions face alors à des adversaires dignes de nous ; mais avec nos ennemis actuels, la chevalerie n'est plus de mise et ce serait une véritable inconséquence que de nous priver des moyens de protection dont on fait devant nous, *per fas et nefas*, l'usage le plus large et le plus immodéré, et de laisser ainsi entre les mains de l'adversaire des possibilités de destruction et des chances de succès auxquelles nous nous ferions nous-mêmes scrupule de recourir.

En fait, la nécessité de se soustraire aux vues de l'adversaire et à la découverte des aéroplanes s'impose à l'artillerie plus encore qu'aux autres armes, en raison de la masse compacte que constituent son matériel et ses attelages, du temps qu'exigent ses changements de position et de sa vulnérabilité toutes les fois qu'elle se déplace sans se dérober aux vues.

Lorsqu'on est amené — et cela arrive constamment dans la guerre de tranchées actuelle — à organiser l'artillerie de campagne en batteries de position, il faut se souvenir que toute manifestation de tracé géométrique, de symétrie, de plate-formes à ciel ouvert, de tranchées apparentes, fait repérer l'installation des batteries par les avions. Toute bat-

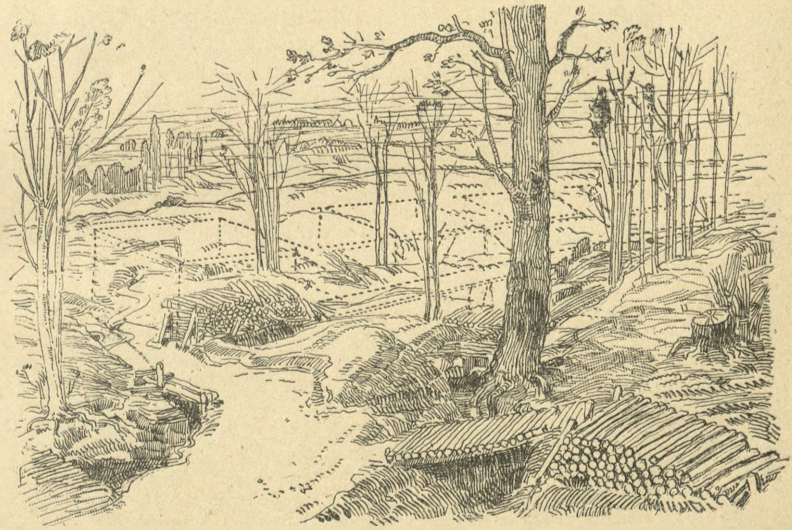
PLANCHE I.

DISPOSITIF DÉFECTUEUX



Toute manifestation apparente de tracé géométrique et de symétrie fait repérer par les avions les emplacements des batteries. Toute batterie repérée devient intenable et est vouée à la destruction.

DISPOSITIF JUDICIEUX



L'installation première doit être soignée au sens technique et pratique, mais ensuite il convient de bien dissimuler les batteries.

(Les plateformes enterrées sont indiquées en pointillé).


KRAKÓW

terie repérée devient intenable et est vouée à la destruction.

L'installation première doit être soignée au sens technique et pratique, mais, ensuite, il convient de bien dissimuler les batteries (planche I).

Plus que jamais, il faut une circonstance tout à fait exceptionnelle, la poursuite d'un ennemi en déroute par exemple, pour justifier le tir à découvert.

Dans tous les autres cas, les batteries, sous peine de s'exposer à une destruction immédiate, doivent s'abriter et faire du tir indirect.

Enfin, la nécessité de donner au matériel et au personnel une protection suffisante contre les engins actuels fait sentir le besoin d'une branche nouvelle de l'art de la défense. Nos plate-formes casematées, recouvertes de plusieurs mètres de terre, avec interposition de couches de rondins croisés, nos communications souterraines, nos abris à personnel à 6 ou 8 mètres de profondeur ne peuvent tenir qu'autant qu'on leur applique les règles de la charpente, d'équarrissage des bois et de résistance des matériaux, auxquelles on doit recourir dans toutes les constructions appelées à supporter de fortes charges. Ne pas tenir compte de ces règles, c'est s'exposer aux éboulements et aux accidents graves qui peuvent en résulter.

D'après ces considérations, la présente étude a été divisée ainsi :

PREMIÈRE PARTIE

Les sources d'énergie balistique et leur emploi. — Poudres et explosifs. — Principes de balistique intérieure et extérieure.

DEUXIÈME PARTIE

Définitions et principes. — La terminologie du tir. — La trajectoire ; relations entre ses éléments. — Principe de la rigidité de la trajectoire ; limites dans lesquelles il peut être appliqué. — Parallaxes.

TROISIÈME PARTIE

Généralités sur le tir de l'artillerie de campagne. — Tir direct et tir indirect. — Définitions. — Formules fondamen-

tales. — Le tir indirect loin de la crête ou du masque. — Applications.

QUATRIÈME PARTIE

Dispersion du tir. — Causes d'irrégularités du tir. — Définitions : point moyen ; écart moyen ; écart probable ; relation entre l'écart moyen et l'écart probable. — Zone de dispersion ; applications.

CINQUIÈME PARTIE

Matériel ; principales formations ; instruments de mesure ; moyens de communication. — Aperçu historique. — La batterie de 90. — Description et fonctionnement des appareils de pointage et de tir. — Moyens de communication à distance.

SIXIÈME PARTIE

Munitions et artifices. — Gargousses et projectiles. — Détonateurs et fusées. — Tir à blanc des canons de 90.

SEPTIÈME PARTIE

Préparation et exécution du tir ; exemples de tir. — Service de la batterie ; fonctions des officiers, gradés et servants. — Les plans de tir ; le faisceau ; parallélisme et convergence. — Réalisation et emploi du parallélisme. — Réalisation et emploi de la convergence. — Préparation du tir. — Genres de tir et espèces de projectiles à employer. — Définitions relatives aux modes d'exécution du tir. — Le tir de réglage. — Le tir d'efficacité. — Principes de l'observation. — Exécution du tir. — Exemples de commandement et de tir. — Procédés spéciaux de réglage. — Tir contre les objectifs aériens.

HUITIÈME PARTIE

Les effets du tir. — Généralités. — Étude des effets des projectiles : *a*) contre les objectifs animés ; *b*) contre les obstacles.

NEUVIÈME PARTIE

L'artillerie de campagne au combat. — Considérations générales. — L'artillerie de campagne sur le champ de

bataille. — L'artillerie de campagne dans la guerre de tranchées.

DIXIÈME PARTIE

Principes de construction des batteries et ouvrages d'artillerie. — Préparation. — Organisation. — Exécution.

Tel est le plan de cette étude, dans laquelle on s'est principalement attaché à vulgariser les connaissances théoriques et pratiques les plus nécessaires aux officiers de l'artillerie de campagne.

PREMIÈRE PARTIE

LES SOURCES D'ÉNERGIE BALISTIQUE ET LEUR EMPLOI

1. — Poudres et explosifs.

Il existe deux grandes catégories d'explosifs :

1° Ceux qui peuvent être utilisés dans les armes à feu ou *explosifs balistiques*. Ce sont les explosifs lents, désignés aussi sous le nom de *poudres de guerre* (poudres noires, poudres B ou blanches).

2° Ceux qui sont employés pour produire des effets de destruction ou qui servent au chargement des obus. Ce sont les *explosifs brisants* (nitroglycérine, mélinite, coton-poudre, etc...).

Selon leur composition, les explosifs sont *mécaniques* ou *chimiques :*

La poudre noire, mélange mécanique de soufre et de charbon (combustibles) et de salpêtre (comburant), est un explosif mécanique.

La nitroglycérine, formée, non par le mélange, mais par la combinaison de la glycérine (combustible) et de l'acide azotique ou nitrique (comburant), constitue un explosif chimique.

La *force des explosifs* dépend du volume et de la température des gaz fournis par l'explosion.

La pression produite par ces gaz sur les parois de l'enveloppe se mesure au moyen des manomètres à écrasement et s'exprime en kg. par centimètre carré.

Le tableau ci-après donne une idée des différences de force que peuvent présenter les explosifs :

EXPLOSIF 1 kilogramme	PRESSION en kilogrammes par cm² dans l'explosion sous volume constant	TEMPÉRATURE en degrés	VOLUME en litres des gaz ramenés à 0° et à la pression atmosphérique
Poudre noire.....	3.200	2.800	280
Coton-poudre et poudre B.	10.200	2.850	850
Acide picrique.....	9.000	2.450	880
Nitroglycérine.....	10.500	3.600	700

Dans les bouches à feu, la pression ne doit pas, sous peine d'éclatement, dépasser 3.000 kg. par cm².

Explosifs brisants. — Les principaux explosifs brisants employés à la production d'effets de rupture sont :

1° La *nitroglycérine*, qui est produite par l'action de l'acide azotique sur la glycérine du commerce.

C'est un liquide huileux et jaunâtre, dangereux à manier, qu'un simple choc fait détoner. Pour en diminuer la sensibilité, on mélange la nitroglycérine soit à un corps inerte (silice poreuse), si l'on veut obtenir de la *dynamite ordinaire*, soit à des corps combustibles, comme le coton-poudre (dynamite-gomme), si l'on veut obtenir une dynamite plus active.

2° Le *coton-poudre* ou fulmicoton, qui s'obtient en faisant réagir l'acide nitrique sur la cellulose (bois, coton) en présence de l'acide sulfurique.

Suivant le degré de nitrification, il se produit des cotons friables, des collodions ou des cotons-poudre.

Le coton-poudre est stable et ne craint pas l'humidité ; cet avantage le fait utiliser dans la marine pour le chargement des torpilles. Il sert surtout à la fabrication des poudres sans fumée.

3° Les *mélinites* et *crésylites*, qui proviennent du traitement par l'acide nitrique de certains produits de distillation

du goudron de houille (phénol, crésol, benzine, naphtaline, etc...).

L'acide picrique ou mélinite (trinitrophénol) se présente sous forme de cristaux jaune clair. Il offre l'inconvénient d'attaquer tous les métaux, sauf l'étain, ce qui explique pourquoi nos obus explosifs sont étamés à l'intérieur.

La crésylite présente le gros avantage de coûter moins cher et de former, quand elle est fondue à l'intérieur des obus, un bloc plus homogène que la mélinite.

Ces deux explosifs ont une grande puissance et une grande stabilité. Pour faire détoner la crésylite et la mélinite fondue, on emploie, en général, une petite quantité de mélinite D (pour détonateur) pulvérulente, qui sert de relai de feu entre la fusée et la charge. A l'état pulvérulent, la mélinite D détone facilement sous l'action d'une amorce de fulminate de mercure.

4° Les *perchlorates* et, en particulier, le perchlorate d'ammoniaque, dont le prix de revient est peu élevé et dont la puissance est comparable à celle des mélinites.

5° Enfin, le *fulminate de mercure*, explosif extrêmement sensible, qui est obtenu par l'action de l'alcool sur l'azotate de mercure et qui sert, soit pur, soit mélangé au salpêtre et au sulfure d'antimoine, pour la fabrication des amorces de détonateurs, de cartouches et de fusées.

Poudres de guerre ; poudre noire et poudre B. — Une poudre de guerre doit remplir les conditions suivantes :

1° Posséder, sous un faible volume, une grande puissance explosive à l'état latent, c'est-à-dire être susceptible de produire, à une haute température, une masse gazeuse considérable, qui, par sa détente, fournira du travail mécanique.

Il y a donc intérêt à ce que la plus grande partie de la poudre, sinon la totalité, se transforme en gaz en donnant le minimum de résidus solides.

Sous ce rapport, les poudres blanches (colloïdales) sont supérieures aux poudres noires, qui, en raison de leur composition (salpêtre 75 %, soufre 10 % et charbon 15 %), présentent le grave défaut de donner une grande quantité de résidus solides (50 %), produisent une fumée intense et amènent l'encrassement des armes.

2° Produire des effets réguliers et constants et ne pas

donner des pressions trop fortes qui pourraient compromettre la solidité de l'arme.

3° Etre insensible aux chocs, facile à transporter et d'une conservation simple et sûre.

Les poudres noires sont de plus en plus abandonnées comme explosifs balistiques, par suite de leur défaut capital de produire une fumée épaisse (qui décèle l'emplacement des canons pendant le tir) et d'encrasser les armes qui s'usent rapidement.

Elles ont été remplacées par la poudre B (blanche) qui, en brûlant, ne produit presque pas de fumée et fournit un volume de gaz bien supérieur à celui que donne la poudre noire. Sa force est environ trois fois plus grande.

La poudre B s'obtient par la dissolution du coton-poudre dans un mélange d'éther et d'alcool. Il se produit un liquide visqueux qui durcit à l'air ; lorsqu'il arrive à l'état pâteux, on le comprime fortement au moyen de presses et de laminoirs, de manière à lui donner de l'homogénéité et l'épaisseur voulue ; puis on le découpe en lamelles qui sont séchées pour éliminer l'excès du dissolvant.

On obtient ainsi une poudre dite colloïdale (à cause de sa ressemblance avec la colle à bouche), insoluble dans l'eau et non hygrométrique.

Un des inconvénients de la poudre B est d'être moins facilement inflammable que la poudre noire. Sa combustion nécessite une charge d'allumage en poudre noire, au culot des gargousses, dont le rôle est de propager l'inflammation dans toute la masse de la charge et de produire dès le début, dans la chambre à poudre, une pression assez forte pour provoquer l'explosion.

Les principales dénominations des poudres sans fumée ou blanches (poudres B) sont les suivantes :

Poudres BF (fusils) ; BC (canons) ; BSP (siège et place).

II. — Principes de balistique intérieure et extérieure (1).

Rappelons quelques notions fondamentales de mécanique.

La puissance de destruction d'un projectile dépend à la fois de sa charge en explosif, de sa vitesse et de sa masse.

(1) Le texte en petites lettres peut n'être étudié qu'en seconde lecture.

La *vitesse* est l'espace parcouru pendant l'unité de temps.

Dans un mouvement uniforme $v=\frac{e}{t}$,

v étant la vitesse et e l'espace parcouru pendant le temps t.

Dans un mouvement uniformément varié on a : $v=jt$, $e=\frac{1}{2}jt^2$, e étant comme ci-dessus l'espace parcouru pendant le temps t et j étant l'accélération, c'est-à-dire l'augmentation de vitesse pendant l'unité de temps.

La *masse* est une quantité constante, caractéristique pour chaque corps, qui se mesure par le rapport d'une force quelconque f à l'accélération j que cette force imprime au corps auquel elle est appliquée.

On a par exemple :

$$m=\frac{f}{j}=\frac{p}{g}.$$

Dans la seconde égalité, qui est, en somme, une application pratique, p est le poids du corps et g est l'accélération due à la pesanteur ($g=9$ m. 80 environ).

La *quantité de mouvement* est le produit de la masse par la vitesse : $m\times v$.

Lorsqu'on tire un coup de canon, le projectile part dans un sens, la pièce part en sens inverse, et les deux quantités de mouvement, directe et inverse, sont égales.

Le *travail mécanique* est le produit de la force f par le déplacement e de son point d'application dans sa direction $T=f\times e$.

Le travail d'une force constante f, agissant pendant un temps déterminé sur un point matériel, est égal à la demi-force vive acquise au bout de ce temps

$$T=f\times e=\tfrac{1}{2}\,mv^2$$

f étant l'intensité de la force constante, m la masse du point matériel, e le chemin parcouru par le point d'application de la force et v la vitesse acquise par le point matériel au bout du temps considéré et sous l'action de la force f.

L'expression $\frac{1}{2}\,mv^2$ est appelée *demi-force vive* ou *puissance vive* ou encore *énergie cinétique*.

Ce résultat peut se déduire, d'une manière très simple, des relations précédentes

$$T=f\times e=mj\times\tfrac{1}{2}\,jt^2=\tfrac{1}{2}\,m\,(jt)^2$$

et comme $jt=v$, il en résulte que

$$T=fe=\tfrac{1}{2}\,mv^2.$$

La BALISTIQUE INTÉRIEURE a pour objet l'étude des lois du développement des pressions dans les armes, du mouvement du projectile dans l'âme et de toutes les circonstances qui influent sur ce mouvement.

La charge de poudre étant enflammée, la pression des gaz produits augmente très rapidement tant que le projectile est immobile. Sous l'action de cette pression le projectile se déplace vers l'avant avec une vitesse croissante jusqu'à sa sortie de la bouche, et le canon se déplace vers l'arrière avec une certaine vitesse de recul qu'il est nécessaire de connaître.

A un certain moment, la pression cesse de croître : les gaz dégagés en moins grande quantité qu'au début (parce que la surface des grains ou bandes de poudre partiellement brûlés va en diminuant) ne compensent plus l'augmentation de la capacité dans laquelle ils agissent. Cette pression passe donc par un maximum dont la consi-

dération est très importante au point de vue de la construction de l'arme.

Le graphique ci-dessous représente les pressions correspondantes aux différentes positions du projectile dans l'âme.

Le travail des gaz, pendant un temps très court (au moment où,

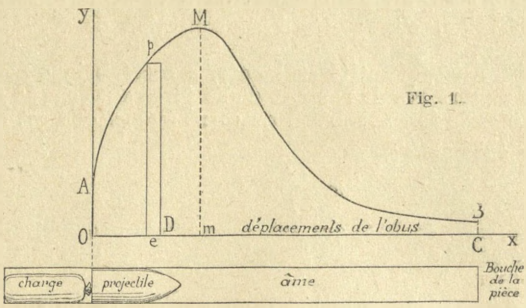


Fig. 1.

par exemple, le culot du projectile se trouve en D), est représenté par la surface élémentaire $p \times e$, p étant la pression et e le déplacement du culot (fig. 1).

La surface OAMBC, somme des surfaces partielles telles que pe, est donc proportionnelle au travail total de propulsion de la charge, travail qui est égal à la demi-force vive $\frac{1}{2} mv^2$ acquise par le projectile

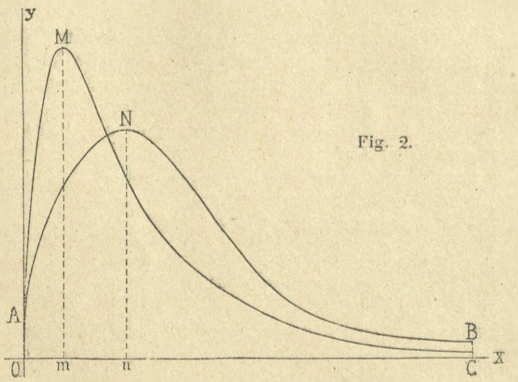


Fig. 2.

à sa sortie de la bouche à feu. La pression maxima est représentée par l'ordonnée Mm.

Si l'on prend une charge de poudre à grains fins, qui offre par conséquent une grande surface d'inflammation, la production des gaz est très grande dès le début, la pression croît rapidement et la courbe AMB monte très vite en s'éloignant peu de l'axe vertical (fig. 2). La poudre est presque entièrement brûlée et le maximum de pression Mm est atteint avant que le projectile se soit sensiblement déplacé. Puis la courbe s'infléchit brusquement, la pression diminuant très vite par suite de l'augmentation de la capacité occupée par les gaz et de leur refroidissement dû à la détente.

Si maintenant on prend une charge égale de poudre de même espèce, mais à gros grains ou en bandes, la surface d'inflammation est moins grande et la production des gaz moins rapide. La vitesse d'émission étant moindre, la pression des gaz se développe plus lentement et le maximum N*n* est atteint plus tard (fig. 2) ; ce maximum est en outre moins élevé, puisqu'au moment où il se produit, la capacité occupée par les gaz est plus grande. La courbe ANC s'infléchit ensuite plus lentement que pour une poudre à grains fins, car la production de nouveaux gaz compense en partie l'augmentation de la capacité occupée par la masse gazeuse.

La première de ces poudres est une poudre vive, la seconde une poudre lente ou progressive.

Afin d'éviter des pressions trop élevées et dangereuses, on emploie de préférence les poudres lentes, mais il est nécessaire d'augmenter la longueur des bouches à feu pour pouvoir utiliser la plus grande partie du travail total de la charge.

Lorsqu'on établit un projet de bouche à feu, on se fixe, en général, la vitesse initiale à réaliser et l'on cherche la longueur d'âme et la progressivité de la poudre à adopter. Dans ces conditions, on connaît la demi-force vive $\frac{1}{2}mv^2$ et, par suite, l'aire de la courbe des pressions, qui lui est proportionnelle. On choisit la solution qui donne pour l'arme le poids minimum, en employant une poudre d'autant plus lente et une arme d'autant plus longue que la vitesse à obtenir pour le projectile est plus considérable.

L'emploi d'une poudre lente, à faible pression maxima, permet d'augmenter la charge et, par suite, la vitesse initiale. Toutefois, cette augmentation est limitée non seulement par la résistance de la bouche à feu, mais encore par la nécessité de ne pas exagérer le recul de l'arme qui est proportionnel à la vitesse du projectile.

En appelant M, m et μ les masses respectives du canon, du projectile et de la charge ; v la vitesse du recul du canon et w la vitesse moyenne des gaz de la charge au moment où le projectile prend sa vitesse initiale v_0, les quantités de mouvement sont Mv, mv_0 et μw. Cette dernière devient $\frac{1}{2}\mu v_0$, si l'on admet (ce que vérifie l'expérience) que la vitesse moyenne des gaz de la charge est égale à la moitié de la vitesse du projectile.

La quantité de mouvement du système canon-affût étant, comme on l'a indiqué précédemment, égale et de sens contraire à celle du système projectile-charge, on peut écrire

$$Mv = mv_0 + \tfrac{1}{2}\mu v_0 = v_0\,(m + \tfrac{1}{2}\mu).$$

Remplaçant dans cette égalité les masses M, m et μ par les poids correspondants P (canon-affût), p (projectile) et π (charge), qui leur sont proportionnels, on aura

$$Pv = v_0\,(p + \frac{\pi}{2}) \qquad \text{d'où} \qquad v = \frac{v_0}{P}\,(p + \frac{\pi}{2}).$$

Cette relation très importante montre que la vitesse du recul est proportionnelle à la vitesse initiale et en raison inverse du poids de l'arme (la vitesse de recul du mousqueton est plus grande que celle du fusil ; celle-ci est elle-même plus grande que celle du canon) ; enfin la vitesse de recul augmente avec le poids du projectile et celui de la charge.

La BALISTIQUE EXTÉRIEURE a pour objet l'étude du mouvement du projectile dans l'air.



Dès qu'il est sorti de la bouche de l'arme, le projectile n'est plus soumis qu'à deux forces : la pesanteur et la résistance de l'air.

Dans le vide, la trajectoire serait une parabole dont il est facile d'établir l'équation :

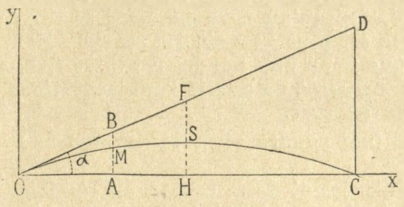


Fig. 3.

Soit α l'angle de tir c'est-à-dire l'angle BOA (fig. 3) que fait l'axe du canon avec le plan horizontal OX, et v_0 la vitesse initiale du projectile.

Si la pesanteur n'existait pas, le projectile parcourrait la ligne droite OBD, d'un mouvement uniforme, et se trouverait au bout d'un temps t en un point B tel que $OB = v_0 t$.

Mais sous l'action de la pesanteur, qui se fait sentir dès que le projectile sort de la pièce, celui-ci s'abaisse, d'après la loi de la chute des corps, d'une quantité

$$BM = \tfrac{1}{2} g t^2 \text{ pendant le temps } t.$$

Si $OA = x$ et $MA = y$, on voit que

(1) $$x = OA = OB \cos \alpha = v_0 t \cos \alpha \text{ et}$$

(2) $$y = MA = BA - BM = OB \sin \alpha - BM = v_0 t \sin \alpha - \tfrac{1}{2} g t^2.$$

En remplaçant dans l'équation (2), t par sa valeur tirée de (1)

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}, \text{ il vient :}$$

(3) $$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha},$$

équation qui représente une parabole dont l'axe est vertical.

Cette parabole coupe l'horizontale OX en C (point de chute) et OC ou P est la portée.

Si T est la durée du trajet (temps que met le projectile à parcourir la trajectoire OMC) on aura, en élevant la verticale CD jusqu'à sa rencontre avec la ligne de tir OB :

$$OD = v_0 T \text{ et } DC = OD \sin \alpha = v_0 T \sin \alpha.$$

Or, DC représente l'abaissement du projectile pendant le temps T, donc

$$DC = \tfrac{1}{2} g T^2 = v_0 T \sin \alpha \quad \text{d'où on tire} \quad T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \qquad (4).$$

D'autre part, la portée P est donnée par

$$OC = P = OD \cos \alpha = v_0 T \cos \alpha.$$

Remplaçant T par sa valeur (4), il vient :

$$P = v_0 \cos \alpha \times \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \times 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

ou

$$P = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \qquad (1),$$

---

(1) On obtient directement cette valeur de P en faisant $y = 0$ dans l'équation (3).

La valeur de x qu'on en déduit n'est autre que P. On a ainsi $x \operatorname{tg} \alpha = \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$ ou, en réduisant et simplifiant : $x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

On retombe ainsi sur la même valeur que ci-dessus.

formule qui montre que, dans le vide, la portée est proportionnelle au carré de la vitesse, qu'elle augmente avec l'angle de tir, en atteignant son maximum $\frac{v_0^2}{g}$ pour l'angle de 45° (car dans ce cas $\sin 2\alpha = 1$), et qu'enfin elle ne dépend ni du poids ni de la forme du projectile.

Quand l'angle de tir varie de 45 à 90°, $\sin 2\alpha$ décroît de 1 à 0 et la portée décroît également de $\frac{v_0^2}{g}$ à 0. On voit du reste que la portée est la même pour deux angles complémentaires $45° + \alpha$ et $45° - \alpha$

En outre, en menant la verticale FSH par le sommet S de la parabole, on démontre facilement que la flèche SH est égale au quart de la portée, multipliée par la tangente de l'angle de tir.

La *parabole* que le projectile décrirait, s'il était tiré dans le vide, subit, du fait de la résistance de l'air, une modification très sensible qui dépend de plusieurs facteurs : dimensions, forme et vitesse du projectile, état de sa surface, densité du milieu ambiant, etc...

Les effets de la résistance de l'air sont mis en évidence par la comparaison ci-dessous des trajectoires de différents

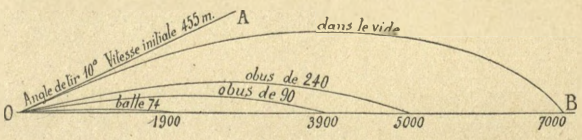


Fig. 4.

projectiles lancés avec la même vitesse initiale de 455 mètres, sous l'angle de 10° (fig. 4).

Dans le vide, la portée serait de 7.000 mètres pour tout projectile tiré dans ces conditions, tandis que, dans l'air, la portée n'est que de 5.000 mètres pour un obus de 240, de 3.900 mètres pour un obus de 90 et de 1.900 mètres pour la balle d'un fusil M^le^ 1874.

Quel que soit le projectile employé, la vitesse et la portée sont toujours plus faibles dans l'air que dans le vide. La flèche de la trajectoire est plus petite et le sommet plus rapproché du point de chute que de la pièce. L'angle de chute est toujours plus grand que l'angle de tir.

La vitesse au point de chute ou vitesse restante est toujours inférieure à la vitesse initiale.

Enfin, le maximum de portée ne correspond pas, comme dans le vide, à l'angle de 45°, mais à un angle inférieur, voisin de 43°.

Lois de la résistance de l'air. — L'expérience et la théorie montrent que :

1° Pour un même projectile et une même vitesse initiale, la résistance est proportionnelle à la densité de l'air.

2° Pour une vitesse donnée, la résistance de l'air est proportionnelle à la surface sur laquelle elle s'exerce.

Il en résulte que, pour un projectile de poids donné, il y a avantage, au point de vue de la conservation de la vitesse, à prendre la forme allongée de préférence à la forme sphérique, à la condition toutefois que le projectile se présente toujours par la pointe, sinon le projectile sphérique reprend sa supériorité.

3° Pour un même projectile, la résistance de l'air croît avec la vitesse, mais beaucoup plus vite qu'elle.

Pour des vitesses initiales de 400 à 500 mètres, cette résistance est sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse ; pour des vitesses supérieures, la proportionnalité semble se rapporter à la troisième et même à la quatrième puissance de la vitesse.

4° Enfin, la résistance de l'air varie avec la forme du projectile et l'état de sa surface.

En particulier, l'adoption de la forme arrondie à l'arrière réduit la déperdition de vitesse, mais pour les obus ne faisant pas corps avec la charge, cet avantage ne compense pas les inconvénients qui en résulteraient pour le forcement, le chargement, l'emmagasinement, etc...

La résultante R des diverses actions de la résistance de l'air, qui est proportionnelle à la surface S (fig. 5), peut s'écrire :

$$R = K \times S,$$

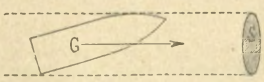


Fig. 5.

K étant un coefficient qui dépend de la forme du projectile, de sa vitesse et de la densité de l'air.

Cette force R, qui agit en sens inverse du mouvement, détermine une accélération négative ou retardatrice j, liée à la masse du projectile par la relation $R = mj$, de même que le poids du projectile P est lié à m par la relation $P = mg$.

Il en résulte que $$\frac{j}{g} = \frac{R}{P} = \frac{KS}{P};$$

et, conséquemment, $$j = Kg\,\frac{S}{P} = \frac{Kg}{\left(\frac{P}{S}\right)}.$$

Dans le cas d'un projectile oblong, qui se présente la pointe en avant (son axe coïncidant avec la tangente à la trajectoire), la surface S d'application de la résistance de l'air n'est autre que la section droite du projectile et l'expression $\frac{P}{S}$ représente le poids par unité de section.

La dernière relation montre alors que l'accélération négative j, ou la perte de vitesse du projectile, est en raison inverse du poids par unité de section.

Il y a donc intérêt, au point de vue de la conservation de la vitesse d'un projectile dans l'air, à augmenter le plus possible son poids par unité de section.

On y parvient, soit en augmentant le poids P du projectile sans

changer le calibre, soit en augmentant le calibre sans changer la forme du projectile.

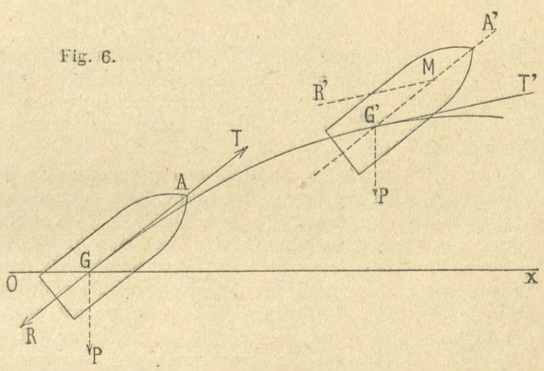
On augmente le poids d'un projectile en prenant pour sa fabrication des matières plus denses ; mais, pour les obus, qui doivent présenter une certaine résistance au choc, on se trouve limité à la fonte et à l'acier, métaux moyennement denses. Une autre solution consiste dans l'allongement des projectiles, mais leur longueur ne peut guère dépasser quatre calibres et demi, par suite de la difficulté du maintien de l'obus la pointe en avant pendant son mouvement dans l'air.

En augmentant le calibre, avec des projectiles semblables, on accroît le poids par unité de section, parce que les volumes et, par conséquent, les poids sont proportionnels au cube des dimensions homologues, tandis que les sections droites ne sont proportionnelles qu'au carré de ces mêmes dimensions. Le rapport $\frac{P}{S}$ est donc proportionnel à la première puissance de l'une des dimensions homologues, par exemple, le calibre.

Ce fait explique pourquoi, avec des projectiles semblables, à vitesse initiale égale et sous un même angle de tir, les portées sont d'autant plus grandes que les calibres sont plus forts.

Mouvement des projectiles oblongs dans l'air. — Dérivation. — Si la résultante des actions de la pesanteur passe toujours par le centre de gravité G du projectile (fig. 6), il n'en est pas de même de

Fig. 6.



la résultante des actions résistantes de l'air dont la direction et le point d'application varient constamment tout le long de la trajectoire.

A la sortie de la bouche, l'axe du projectile GA coïncide avec l'axe de la pièce, c'est-à-dire avec la direction GT du mouvement, et la résistance de l'air R, dirigée en sens inverse, passe par le centre de gravité G.

Mais quand, par l'effet de la pesanteur, le projectile s'abaisse, la direction du mouvement, qui est donnée par la tangente à la trajectoire, cesse de coïncider avec l'axe du projectile et, lorsque celui-ci est en G′, la résistance de l'air R′ s'exerce parallèlement à G′T′ (tangente en G′). Comme d'autre part, cette résistance se fait sentir

sur une surface plus grande que la section droite de l'obus, elle va croissant à mesure que le projectile avance sur la trajectoire, ce qui a pour effet de diminuer la portée. En outre, la résultante des actions de l'air ne passe plus par le centre de gravité ; elle s'applique en un point M situé en avant de G′ et constamment variable ; elle tend alors à faire basculer le projectile, qui tomberait le culot en avant, si on ne remédiait à cet inconvénient au moyen des rayures de la pièce.

Ces rayures, en forme d'hélice, impriment à l'obus un mouvement de rotation rapide, autour de son axe, qui le maintient à peu près couché sur sa trajectoire, la pointe en avant. Dans ces conditions, le mouvement du projectile est comparable à celui de la toupie.

Lorsqu'on fait tourner rapidement une toupie autour de son axe, elle reste sur sa pointe O et, si on l'écarte de sa position verticale, son axe OC prend autour de la verticale OH (fig. 7) un mouvement de rotation conique et lent, tout en se rapprochant progressivement de cette verticale. Ce mouvement conique, qui a lieu dans le même sens que celui de la rotation de la toupie, est appelé *mouvement de précession*, par analogie avec le mouvement de l'axe de la terre autour de l'axe de l'écliptique.

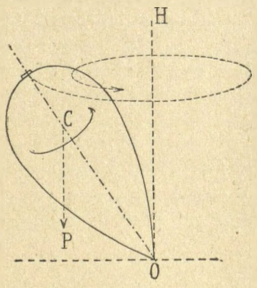


Fig. 7.

Or, le centre de gravité G′ du projectile (fig. 6) joue le même rôle que la pointe O de la toupie, et la résistance de l'air R′, appliquée en M, a le même effet que la pesanteur agissant au centre de gravité C de la toupie.

Le projectile prend donc un mouvement conique de précession, autour de la tangente G′T′, semblable à celui que prend la toupie autour de la verticale OH.

Dès lors, l'axe A′G′ de l'obus tend à se rapprocher de la tangente G′T′, mais en réalité, il ne s'en approche pas, parce que l'angle A′G′T′ va toujours en augmentant, du fait de la courbure de la trajectoire (dont les tangentes successives font des angles de plus en plus grands avec l'axe du canon). Le mouvement de rotation du projectile sur son axe a donc seulement pour effet de réduire l'accroissement de l'angle A′G′T′ ; il diminue la tendance au renversement, sans toutefois la supprimer complètement, car elle subsiste pour les projectiles allongés, tirés sous de grands angles, ou pour les obus animés d'une trop faible vitesse de rotation.

En résumé, la théorie et l'expérience montrent que, pour assurer aux projectiles oblongs un mouvement régulier dans l'air, il faut leur imprimer une rotation initiale d'autant plus rapide que la résistance de l'air est plus considérable.

En conséquence, la vitesse de rotation initiale doit être d'autant plus forte que la vitesse de translation du projectile est plus grande et que son calibre est plus faible.

Le mouvement conique de précession ayant lieu dans le même sens que celui de la rotation du projectile, l'axe de l'obus tend à s'incliner vers la droite, dans le tir des pièces rayées à droite, et vers la gauche, dans le tir des pièces rayées à gauche.

Il en résulte que, dans le premier cas (et c'est le cas le plus général), le projectile présente son flanc gauche à la résistance de

l'air qui devient plus forte de ce côté et fait dévier le projectile à droite.

C'est le phénomène de la dérivation.

La dérivation croît régulièrement avec l'angle de tir mais plus vite que lui ; pour une portée donnée, elle est d'autant plus faible que la trajectoire est plus tendue.

Pour le canon de 75, par exemple, la dérivation n'est que de 6 m. 50 à la portée de 3.000 mètres ; par contre, elle est importante pour les canons à tir plongeant.

Ainsi, pour le canon de 155 court, la dérivation atteint 48 mètres à la portée de 3.000 mètres, avec un angle de tir de 25° (charge 3).

Les questions de balistique sont assurément très complexes et exigent, pour être élucidées complètement, des développements incompatibles avec le cadre de cette étude. Les notions générales précédentes n'ont d'autre but que de permettre à un officier d'artillerie de mieux se rendre compte des conditions d'emploi des bouches à feu dont il peut avoir à diriger le tir.

DEUXIÈME PARTIE

DÉFINITIONS ET PRINCIPES

I. — La terminologie du tir.

Nous rappellerons d'abord les définitions fondamentales ci-après, indispensables à connaître pour quiconque veut étudier avec fruit les questions de tir et le mode d'emploi de l'artillerie en campagne.

La distance de tir est la distance du canon au but qui lui est assigné. Dans les conditions actuelles de la guerre, il est très rare qu'on aperçoive le but, de la position du canon. Le tir de l'artillerie est presque toujours *indirect*.

La trajectoire est la ligne courbe que le projectile décrit dans son trajet dans l'air. Il importe que tout officier ou tout gradé, susceptible d'être appelé à diriger un tir, ait des notions suffisamment exactes sur la forme, et même, sur l'équation de la trajectoire du canon qu'il emploie.

Le point de chute est le point où la trajectoire rencontre le sol.

La portée est la distance du canon au point de chute.

La hausse est la distance commandée par le capitaine. Pour le 75, on fait marquer cette distance par le tambour de hausse. Pour le 90, cette hausse est transformée en angle à l'aide de la réglette de correspondance.

L'écart angulaire entre deux points est l'angle formé par deux plans verticaux passant par l'œil de l'observateur et par chacun de ces points. Il s'évalue en *millièmes*.

Le millième est une unité de mesure angulaire qui correspond à l'angle sous lequel on voit un mètre à 1.000 mètres.

Biblioteka Wojsk. Akad. Polit. im. F. Dzierżyńskiego

Avec le 75, dont les graduations sont en millièmes, l'écart angulaire est enregistré tel quel par les appareils de pointage. Avec le 90, dont les appareils de pointage sont gradués en décigrades (le décigrade est le $\frac{1}{1000^e}$ d'un quadrant), il faut faire une transformation. En pratique, si α est l'angle en millièmes et β l'angle en décigrades, on prend $\beta = \frac{2}{3}\alpha$.

Le plan de tir est le plan vertical passant par l'axe de la bouche à feu.

La dérive est l'indication numérique à faire marquer à l'appareil de pointage pour diriger la pièce sur le but. Il résulte du sens de la graduation des appareils de pointage que, le point sur lequel on dirige la ligne de foi ne changeant pas, avec le 75, une augmentation de dérive porte le plan de tir à gauche et une diminution à droite, tandis qu'au contraire, avec le 90, une augmentation de dérive porte le plan de tir à droite et une diminution à gauche.

L'angle de site est l'angle formé avec le plan horizontal par la ligne droite qui joint le canon au but. Cet angle est compté positivement lorsque le but est plus élevé que la pièce et négativement lorsqu'il est moins élevé.

L'angle de tir est l'angle formé par la ligne droite joignant le canon au but et par l'axe du canon lorsque cet axe a reçu l'inclinaison qui convient pour atteindre le but. Dans le tir des canons de campagne, l'angle de tir augmente avec la distance du but.

L'angle de chute est l'angle formé par la tangente à la trajectoire au point de chute avec la droite qui joint le canon au point de chute.

L'angle de projection est l'angle que fait la tangente à la trajectoire à l'origine avec la ligne droite joignant le canon au but. Cet angle est un peu supérieur à l'angle de tir. La différence, qui est de quelques minutes seulement, s'appelle *angle de relèvement*.

La hauteur d'éclatement d'un projectile fusant est mesurée par l'angle formé par les lignes droites joignant le canon, respectivement au pied du but et au point d'éclatement.

La hauteur-type est la valeur de cet angle, qui correspond

au maximum d'effet du projectile ; elle est de 3 millièmes pour le canon de 75 et de 4 millièmes pour le canon de 90.

La distance d'éclatement est la distance du point d'éclatement au canon.

L'intervalle d'éclatement est la distance du point d'éclatement au but.

Une batterie placée derrière un couvert ou un masque est *défilée* par rapport à un point lorsqu'un observateur ayant son œil en ce point ne peut apercevoir la batterie.

Les mots *masse couvrante* et, par abréviation, *couvert*, s'emploient généralement pour les mouvements de terrain dont la partie supérieure ou *crête* est facilement accessible ; le mot *masque* s'emploie surtout pour les haies, murs, remblais, lignes d'arbres, etc..., dont le sommet est le plus souvent inaccessible.

Le plan de défilement est le plan passant par la droite moyenne formant la partie supérieure du couvert ou du masque et par le point dont on veut être défilé, que ce point soit l'objectif à atteindre ou, plus généralement, une position que l'ennemi peut avoir avantage à occuper.

L'espace mort est la partie du terrain comprise entre le haut du couvert ou le pied du masque et le point de chute correspondant à la trajectoire passant par le sommet du couvert ou du masque.

La parallaxe d'une ligne de longueur donnée (un front de section par exemple) par rapport à un point est l'angle sous lequel cette ligne est vue par un observateur placé en ce point.

II. — La trajectoire ; relations entre ses éléments.

Il est de toute évidence qu'il est impossible de résoudre un problème quelconque de tir, notamment un problème de tir indirect, sans faire intervenir dans le calcul, la forme de la trajectoire.

Si, d'autre part, une équation empirique, presque rigoureusement exacte, démontre que la forme de la trajectoire dépend, par une

relation simple, de trois paramètres variables, on conçoit qu'un mode extrêmement utile d'introduction de la forme de la trajectoire dans le calcul, consistera à se donner deux de ces paramètres et à déterminer le troisième, celui qu'on prend comme inconnue, en résolvant l'équation fondamentale.

Vouloir au contraire donner une solution aux problèmes de tir en se passant de cette équation fondamentale, équivaut par exemple à raisonner sur le cercle en négligeant cette proposition essentielle que, dans un cercle de rayon donné ou dans des cercles égaux, tous les angles inscrits dans des arcs égaux sont égaux.

Les propriétés géométriques des trajectoires des canons ne sont pas, il est vrai, aussi simples et aussi facilement utilisables que celles du cercle et des courbes du second degré. Néanmoins elles dépendent d'équations ou relations empiriques presque rigoureusement exactes, qu'il est facile d'utiliser pour la solution des principaux problèmes de tir et notamment du problème du tir indirect.

Dans cet ordre d'idées on peut utiliser une relation dont il sera fait un usage courant par la suite.

Soit un arc de trajectoire KCB (fig. 8) dans lequel C est un point quelconque, intermédiaire entre les extrémités de l'arc. Joignons le point C aux points K et B ; appelons d la distance CK exprimée en kilomètres, D la distance CB exprimée également en kilomètres et Δ l'angle B'CB supplément de l'angle inscrit KCB, exprimé en millièmes.

Si l'arc de trajectoire KCB était un arc de circonférence, l'angle Δ serait constant pour toutes les positions du point C entre K et B. Il n'en est plus de même pour un arc de trajectoire ; mais l'étude empirique d'un certain nombre de trajectoires, faite avec la table de tir en mains, démontre que les éléments d, D et Δ sont liés par une relation de la forme :

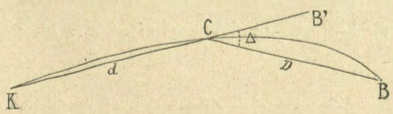


Fig. 8.

$$Q\ (D+d)\ (D+2\,d+Q')=\Delta,$$

dans laquelle les coefficients Q et Q′ varient avec chaque calibre et avec chaque charge.

C'est ainsi, par exemple, que pour le 75 et pour le 155 L. à la charge zéro, cette relation fondamentale est :

$$4\ (D+d)\ (D+2\,d+4)=\Delta.$$

Pour le 90, elle est :

$$3\ (D+d)\ (D+2\,d+4)=\Delta.$$

Cette relation montre par exemple que si l'on a mesuré A, angle de deux pentes de part et d'autre d'une crête et *d*, distance en arrière de la crête à laquelle on place un canon K, la relation donnera la distance D de la crête à laquelle tombera le projectile affleurant cette crête.

Il n'est pas inutile, à ce propos, de souligner l'erreur de certaines théories publiées jusqu'à ce jour sur le tir indirect. Pour arriver quand même à une formule simple (règle du quart et de l'O, etc...) elles négligent *d*, autrement dit, elles admettent que les batteries de tir indirect s'établiront à courte distance en arrière de la crête. Or, l'étude de la trajectoire et aussi l'expérience de la guerre actuelle montrent que c'est là le plus sûr moyen d'exposer l'artillerie à une destruction immédiate (1).

III. — Principe de la rigidité de la trajectoire ; limites dans lesquelles il peut être appliqué.

Soit un canon OK établi sur un plan horizontal HH′ et dont l'inclinaison est telle que le projectile qu'il lance ait son point de chute en B (fig. 9). La trajectoire est KTB ; elle est tangente à l'origine à l'axe du canon (en ne tenant pas compte de l'angle de relèvement qui est pratiquement négligeable).

Supposons que cette trajectoire soit découpée dans une

---

(1) Dans cet ordre d'idées, nous citerons le passage suivant d'un traité d'artillerie qui, d'ailleurs, fait justement autorité :

« Le règlement actuel a ramené le problème à son point de départ « en rappelant que : chercher à faire passer un projectile par dessus « une crête (ou le sommet d'un masque) revient, *pour une pièce placée « à faible distance de la crête, à s'assurer que le prolongement de l'axe « de la pièce, pointée avec l'angle de tir voulu, passe au-dessus de « cette crête* » (Leçons d'artillerie du commandant Girardon, p. 163).

Il n'y a rien à redire à cette observation étant donnée l'incidente : « pour une pièce à faible distance de la crête ». Mais c'est une erreur manifeste que d'admettre le même principe, *sans restriction*, pour établir la théorie du tir indirect, alors que la condition essentielle d'efficacité et de sécurité de ce tir est précisément « que la pièce ne soit pas placée à faible distance de la crête ».

En serrant la question de près, on verra aisément que l'erreur commise est du même ordre que celle consistant à confondre la *différence*, qui s'entend de quantités finies, avec la *différentielle* qui n'envisage que des infiniment petits. En matière de tir indirect s'exécutant à d'assez grandes distances de la crête, cette confusion peut conduire à de sérieux mécomptes sur les résultats attendus.

feuille de carton ou de zinc et qu'on en fasse ainsi une sorte de pistolet à dessin, invariablement lié à l'axe du

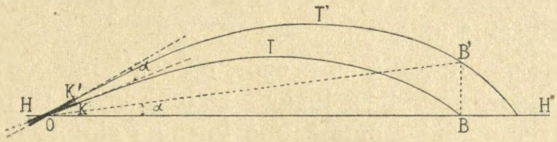


Fig. 9.

canon et entraîné par cet axe dans les variations d'inclinaison du canon.

Supposons que le canon OK, ayant tourné d'un angle α, vienne occuper la position OK'.

Le pistolet trajectoire KTB, solidaire du canon, aura tourné du même angle que lui et sera venu occuper la position K'T'B'.

On aura :

$$OB' = OB$$

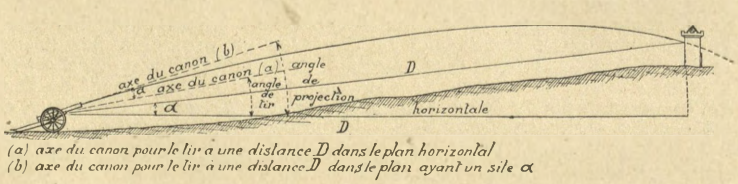
et

$$B'OB = K'OK = \alpha.$$

Ceci posé, lorsqu'on tire le canon dans la seconde position OK', les lois de la balistique pourraient être telles que, l'inclinaison ayant changé, la trajectoire différât de K'T'B'.

Or, l'expérience montre que, *si α ne dépasse pas certaines limites*, cette seconde trajectoire se confond pratiquement avec K'T'B'.

Ceci étant, supposons qu'avec un canon K on veuille



(a) axe du canon pour le tir à une distance D dans le plan horizontal
(b) axe du canon pour le tir à une distance D dans le plan ayant un site α

Fig. 9 *bis*.

atteindre un point B' tel que la droite OB' fasse un angle α avec l'horizontale OB. Dans le plan vertical passant par KB' considérons le point B situé sur l'horizontale OB à une distance OB = OB'. On atteint B avec une certaine trajectoire

T et une certaine inclinaison du canon, correspondant à la position OK.

Or, il est évident qu'en augmentant cette inclinaison du canon de l'angle $\alpha = BOB'$, on réalise ce qui a été indiqué précédemment ; on entraîne le pistolet trajectoire KTB, le point B vient en B', et, d'après ce qui précède, le pistolet trajectoire se trouve alors coïncider avec la trajectoire K'T'B' correspondant à la position OK' du canon.

On en déduit cette règle : que l'inclinaison à donner à un canon pour atteindre un but, est la somme algébrique de l'angle de tir correspondant à la distance du but et de l'angle de site de ce but (cet angle de site peut être positif, négatif ou nul). Les deux figures 9 et 9 *bis* permettent de se rendre compte de l'application du principe.

C'est en cela que consiste le principe de la rigidité de la trajectoire ; mais ce principe ne s'applique qu'autant que l'angle de site ne dépasse pas certaines limites (une quinzaine de degrés avec les canons de campagne).

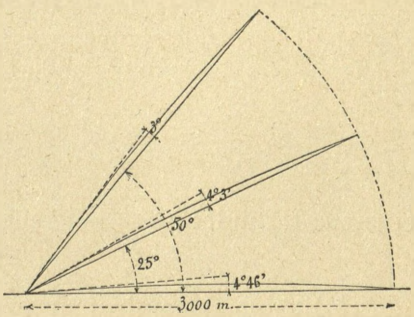


Fig. 10.

Ainsi, pour le 75, l'angle de tir à 3.000 mètres, qui atteint 4°,46' lorsque le plan de site est horizontal, n'est plus que de 4°,3' lorsque le plan de site est incliné à 25° sur l'horizon et de 3° lorsque le plan de site est incliné à 50°. La figure 10 fait ressortir la forme de la trajectoire dans ces trois cas.

IV. — Parallaxes.

Il est indispensable que tout officier d'artillerie soit absolument rompu à faire de tête les petits calculs se rapportant aux parallaxes.

Trois éléments entrent en jeu dans ces calculs : un front f, une distance d, une parallaxe ω (fig. 11).

Relation entre les éléments. — ω étant la parallaxe exprimée en fonction de la longueur (6,28) de la circonférence de rayon 1, et f et d étant exprimés en unités de même ordre, en mètres par exemple, la formule connue de géométrie donne :

$$f = \omega d, \quad \text{d'où} \quad \omega = \frac{f}{d}.$$

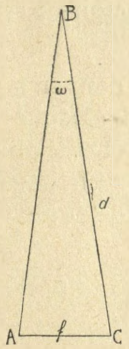


Fig. 11.

Mais en artillerie, les parallaxes sont exprimées en millièmes pour le 75 et en décigrades pour le 90.

En partant de la formule ci-dessus, il est très facile de démontrer que la parallaxe (désignée par la lettre p en artillerie) est donnée par la formule :

$$p = \frac{f}{d}$$ si elle est exprimée en millièmes,

et par la formule: $p = \frac{f}{1{,}5.\ d}$ si elle est exprimée en décigrades;

(en réalité, le dénominateur exact serait : $\frac{\pi}{2} d = 1{,}57.\ d$).

Dans ces deux formules, f est exprimé en mètres et d en kilomètres.

Ces deux formules de la parallaxe en millièmes et de la parallaxe en décigrades doivent pouvoir être appliquées sans aucune hésitation. (1)

---

(1) Si l'on remplace la distance d en kilomètres par la distance D en mètres, on a : $d = \frac{D}{1000}$. Remplaçant d par cette valeur, les formules deviennent :

$p = \frac{1000\ f}{D}$ pour la parallaxe en millièmes,

et $p = \frac{640\ f}{D}$ pour la parallaxe en décigrades.

Le tableau ci-dessous indique en millièmes et en décigrades la parallaxe d'un front de section de 15 mètres aux diverses distances.

KILOMÈTRES	PARALLAXES D'UN FRONT DE 15 MÈTRES	
	EN MILLIÈMES	EN DÉCIGRADES
0,5	30	19
1	15	9
1,5	10	6
2	8	5
2,5	6	4
3	5	3
3,5	4	2,5
4	4	2,5
4,5	3	2

Les chiffres inscrits dans ce tableau sont d'une utilisation constante dans les calculs de tir.

TROISIÈME PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LE TIR DE L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

I. — Tir direct et tir indirect.

Dans l'avant-propos de cette étude, nous avons indiqué les raisons impérieuses qui doivent faire substituer le *tir indirect* au *tir direct*.

Celui-ci représentait pour l'artillerie la forme de combat à découvert. Tout le monde dans la batterie distinguait l'objectif et en suivait les mouvements ; c'était le régime qui, naguère encore, se traduisait par le commandement : « *Au collimateur, chacun sa part* ». Autrement dit, chaque pointeur dirigeait la ligne de mire ou la ligne de visée directement sur la partie du but qui lui revenait.

Le tir indirect est celui où la ligne de visée est dirigée sur un point de pointage autre que le but lui-même ; le pointage est dit : *collectif*. Mais la véritable définition du tir indirect se résume à ceci : abriter l'artillerie derrière une crête ou un masque et atteindre un objectif caché par cette crête ou ce masque.

Or, l'exécution de ce tir a ses exigences. Qu'on le veuille ou non, un problème se pose et sa solution, si simple soit-elle en théorie, offre néanmoins ce caractère qu'elle ne peut être énoncée d'intuition et qu'un calcul seul peut la fournir avec une précision suffisante. Les données nécessaires — sans lesquelles le tir reste livré au hasard — dépendent en effet de deux éléments variables, et d'une constante : la forme de la trajectoire. Lorsque ces éléments sont connus, ils suffisent à déterminer les autres ; en d'autres termes, l'inconnue qu'on se propose de déterminer est une fonction de ces deux

variables et de cette constante ; sa valeur n'apparaît pas immédiatement à l'esprit, si alerte et si gymnastiquë qu'il soit.

On en donnera pour exemple les deux questions suivantes qui se présentent constamment dans l'étude du tir indirect :

1° Deux pentes CB et CK (fig. 12) font entre elles un angle Δ ; une pièce est en K et CK$=d$. La pièce K lance un

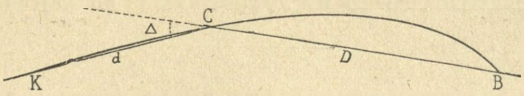


Fig. 12.

projectile qui affleure la crête C sans l'entamer. A quelle distance CB$=$D de la crête ce projectile viendra-t-il tomber ? Autrement dit, quel est *l'espace mort* correspondant aux données ?

Dans cet exemple les deux variables sont d et Δ ; la constante est la forme de la trajectoire ; l'inconnue est D.

2° En avant d'une pièce K et à une distance KH$=d$ de cette pièce (fig. 13) se trouve un masque vertical, mur,

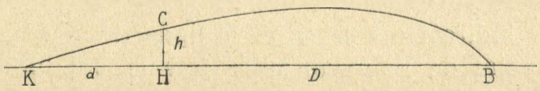


Fig. 13.

rideau d'arbres, etc... de hauteur HC$=h$. La pièce K lance un projectile qui affleure le sommet du masque sans l'entamer. A quelle distance HB$=$D du pied du masque le projectile viendra-t-il tomber ? Autrement dit, quel est *l'espace mort* pour le cas envisagé ?

Ici, les deux variables sont d et h ; la constante est toujours la forme de la trajectoire ; l'inconnue est D.

Qu'il s'agisse de l'un ou l'autre des deux cas ci-dessus, un calcul seul peut donner la solution.

Or, dans les conditions de la guerre actuelle, avec l'immobilisation souvent prolongée des batteries sur les mêmes



Une batterie de 75 au Bas-Bouillancy pendant la bataille de l'Ourcq. Le tir indirect se résume à ceci : abriter l'artillerie derrière une crête ou un masque et atteindre un objectif caché par cette crête ou ce masque.

emplacements, on dispose en général de tout le temps nécessaire pour faire ce calcul et résoudre les problèmes qui s'y rattachent. Les solutions seront d'ailleurs d'autant plus aisées qu'on aura une connaissance plus complète des formes et des profils du terrain.

Le tir indirect comporte comme données théoriques principales : une artillerie, une pièce par exemple, située au point K, sur un profil de terrain KK_1CC_1B ; un objectif (ou point dont on veut se défiler) B, et, entre les deux, une crête ou un masque en C qui cache B à K et réciproquement (fig. 14). Il est évident que pour la solution des problèmes de tir indirect qui peuvent se poser et qu'il y a avantage à traiter au point de vue général, on réalisera une simplification en substituant au profil irrégulier KK_1CC_1B, le profil à éléments rectilignes KCB, auquel appartiennent les trois points : pièce, crête objectif.

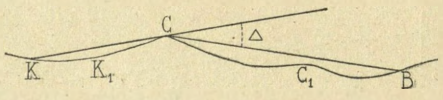


Fig. 14.

D'après ce qui précède, nous raisonnerons donc désormais sur un profil KCB tel qu'il est indiqué par la figure 15 ci-contre et entièrement caractérisé par l'angle Δ que forme la droite CB (crête-objectif) avec la droite CK (crête-canon), prolongée au delà de C.

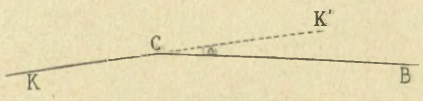


Fig. 15.

II. — Définitions.

Il convient d'indiquer les définitions suivantes :

On appelle :

Dépression l'angle Δ défini ci-dessus ;

Tir de face, le tir qui bat un front sensiblement perpendiculaire à la ligne de tir ;

Tir d'enfilade, celui pour lequel le front battu est à peu

près parallèle à la ligne de tir. C'est le tir le plus dangereux pour qui le subit ;

Tir d'écharpe, celui pour lequel la ligne de tir fait à peu près 45° avec le front battu ;

Tir de revers, celui qui prend à peu près à dos le front à battre.

Plan de défilement, défilement. — Soit un profil KCB (fig. 16) correspondant à une forme de terrain KK_1CC_1B, dans laquelle nous considérons les points essentiels : K, emplacement de la pièce ; C, crête ou masque; B, objectif, ou hauteur dangereuse dont on veut se défiler.

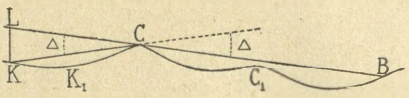


Fig. 16.

On appelle souvent *plan de défilement* le plan dont la trace est LCB.

On voit que l'angle LCK est égal à la dépression Δ.

La hauteur LK est le *défilement* du point K.

Si on appelle d la distance CL (qui est sensiblement égale à CK) exprimée en kilomètres, si Δ est exprimé en millièmes et si LK est exprimé en mètres on sait que LK, d et Δ sont liés par la relation :

$$\Delta = \frac{LK}{d} \quad \text{ou} \quad d = \frac{LK}{\Delta}.$$

La seconde de ces formules permet de calculer la distance à laquelle on doit se placer de la crête pour obtenir un défilement donné, Δ ayant une valeur donnée.

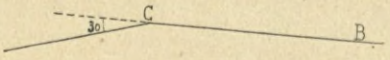


Fig. 17.

Soit Δ=30 millièmes (fig. 17). A quelle distance faut-il se placer de la crête pour obtenir le défilement aux lueurs c'est-à-dire le défilement de 4 mètres ?

La formule donne :

$$d = \frac{4}{30} = 0{,}133.$$

La distance cherchée est donc de 133 mètres.

Rappelons à ce propos qu'on admet les chiffres suivants pour les valeurs des divers défilements :

Défilement du matériel.....	1 m. 20
Défilement de l'homme à pied.....	1 m. 65
Défilement de l'homme à cheval.....	2 m. 50
Défilement aux lueurs.....	4 m. 00

III. — Formules fondamentales.

Ces formules sont déduites de considérations théoriques (équation de la trajectoire considérée comme parabole cubique).

Pour certains calibres, notamment pour le 75 et le 90, ainsi que le 95, le 120 L., le 155 L. et le 155 C. sur affût à col de cygne, à la charge *zéro*, elles offrent, dans la limite ordinaire des portées, une exactitude tout à fait remarquable, qui permet de les substituer pratiquement aux tables de tir.

I. — Pour ces six calibres, en désignant par M l'angle de tir exprimé en millièmes, par P la portée exprimée en kilomètres et par Q un certain coefficient constant, on a presque exactement :

$$M = QP\ (P+4) \qquad (1).$$

Le coefficient Q est égal à 4 pour le 75 et le 155 L., à 4,4 pour le 120 L., à 5,5 pour le 95, à 5,9 (6 en chiffres ronds) pour le 90, enfin à 10 pour le 155 C. sur affût à col de cygne.

Si l'on exprime M en degrés, il faut diviser le coefficient Q par 17,7 (nombre de millièmes contenu dans un degré). On obtient ainsi pour le 90 la valeur très simple ci-après de l'angle de tir en degrés :

$$M = \frac{5{,}9\ P\ (P+4)}{17{,}7} = \frac{P\ (P+4)}{3}.$$

II. — Soit un profil KCB.

K est la pièce, C le sommet du couvert ou du masque, B le point de chute du projectile correspondant à la trajectoire rasante (fig. 18).

Soient : Δ l'angle de dépression fourni par les deux pentes KC et CB ;

On démontre facilement que les trois éléments : d, D et

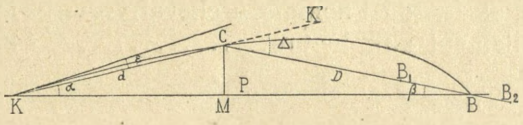


Fig. 18.

Δ du triangle KCB sont liés par la relation fondamentale suivante :

$$Q\ (D+d)\ (D+2\,d+4)=\Delta \qquad (2).$$

Appelons α, β, les angles à la base du triangle KCB et P la portée exprimée en kilomètres. Les angles α et β étant faibles, nous pourrons, sans erreur appréciable, les confondre avec leur tangente ; d'autre part, dans la limite des portées ordinaires de l'artillerie de campagne, on a très sensiblement : $P=d+D$.

Soit ε l'angle de la tangente à la trajectoire en K avec la droite KC.

En appliquant la formule fondamentale : $M=QP\ (P+4)$, nous avons les deux relations :

$$\varepsilon=Qd\ (d+4),$$
$$\varepsilon+\alpha=QP\ (P+4)=Q\ (d+D)\ (d+D+4)\ ;$$

d'autre part, le côté CM étant commun aux triangles CKM et CBM, on a :

$$d\alpha=D\beta\ ;$$

enfin, K'CB, angle extérieur au triangle CKB, donne :

$$\Delta=\alpha+\beta.$$

P, d, D sont exprimés en kilomètres ; les angles sont exprimés en millièmes.

Eliminons ε, α, β entre les quatre équations ci-dessus, nous obtiendrons la relation cherchée entre d, D et Δ.

On déduit facilement des relations précédentes :

$$\alpha=QD\ (D+2\,d+4),$$
$$\beta=Qd\ (D+2\,d+4)\ ;$$

et, en additionnant, on obtient enfin la formule fondamentale :

$$Q\ (D+d)\ (D+2\,d+4)=\Delta \qquad (2).$$

Remarquons immédiatement, et la figure l'indique :

1° Que du point K on ne pourra atteindre aucun point compris entre B et C (il faudrait pour cela abaisser la trajectoire au-dessous de C et alors le projectile écrêterait) ;

2° Que du point K on pourra atteindre tous les points situés au delà de B sur la pente CB (il suffira pour cela de faire pivoter la trajectoire autour du point K en augmentant de la quantité nécessaire l'inclinaison de la pièce K).

D'autre part, si nous prenons un point B_1 (impossible à battre), entre C et B, et si nous posons $CB_1 = D_1 < D$, il est évident que : $Q\,(D_1+d)\,(D_1+2d+4)$ sera plus petit que $Q\,(D+d)\,(D+2d+4)$ et par suite plus petit que Δ.

De même, si nous prenons un point B_2 au delà de B (point qu'on pourra toujours battre), nous aurons $CB_2 > CB > D$, et par suite, en posant $CB_2 = D_2$:

$$Q\,(D_2+d)\,(D_2+2d+4) > \Delta.$$

Le point B est donc, pour la position K de la pièce, un point limite en deçà duquel on a :

$$Q\,(D+d)\,(D+2d+4) < \Delta;$$

et au delà duquel on a :

$$Q\,(D+d)\,(D+2d+4) > \Delta.$$

Pour se rendre compte des conditions dans lesquelles le tir indirect peut être exécuté en arrière de la crête C, on procédera comme il suit :

Mesurer l'angle Δ qui, à la crête, est la somme des deux angles de site α et β correspondant aux pentes CK et CB (fig. 19). Cet angle Δ sera mesuré, ou bien directement si l'on peut se porter à la crête, ou bien à l'aide des profils du terrain ou des cotes qu'on déterminera d'après la carte ; apprécier la distance D en kilomètres de l'objectif B qu'on veut battre et la distance d en kilomètres de l'emplacement où on se propose de se mettre en batterie ; puis, former l'expression :

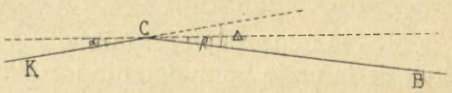


Fig. 19.

$$Q\,(D+d)\,(D+2d+4),$$

Q étant le coefficient correspondant au calibre (4 pour le 75, 5,5 pour le 95, 5,9 pour le 90).

Si cette expression est $< \Delta$, l'emplacement ne convient pas et il faut choisir pour la batterie une position plus éloignée de la crête.

Si, au contraire, l'expression est $> \Delta$, l'emplacement choisi permet de battre l'objectif B.

Cas du masque. — Dans le cas d'un masque CC′ (ligne d'arbres, mur, etc...) on applique la même relation. Le profil du terrain étant KCB (fig. 20), C′ le sommet du masque, Δ′ la dépression au pied du masque, Δ la dépression vraie, p et p' les parallaxes de CC′ par rapport aux points K et B, on a :

$$\Delta = \Delta' + p + p'.$$

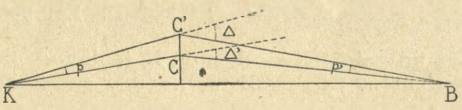


Fig. 20.

La figure ci-contre peut présenter quelques variantes. Δ′ peut être nul (si le profil KCB forme une ligne droite), ou négatif (si le point C est au-dessous de KB). Enfin, le masque peut être en avant ou en arrière de C. Quel que soit celui de ces cas qui se présente, on n'est jamais embarrassé pour la formule à adopter et pour les parallaxes à calculer. Il suffit d'apprécier aussi exactement que possible la hauteur du masque et ses distances aux points K et B.

IV. — Le tir indirect loin de la crête ou du masque.

La formule fondamentale: $Q\,(D+d)\,(D+2\,d+4)=\Delta$ conduit à un autre principe d'une extrême importance énoncé dans le titre ci-dessus.

Nous démontrerons ci-après cette double proposition :

1° Si la dépression est faible, *il faut* exécuter le tir indirect loin de la crête pour obtenir un défilement suffisant ;

2° Si la dépression est forte, *il faut* encore exécuter le tir indirect loin de la crête, au delà d'une certaine distance limite, parce que la forme de la trajectoire est telle que l'artillerie établie plus près de la crête que cette distance-limite s'expose à recevoir les coups d'une artillerie adverse judicieusement placée, tout en étant elle-même dans l'impossibilité balistique de riposter.

La première proposition se passe de démonstration. Il est évident, par exemple, que si la dépression est de 5 millièmes seulement, il faudra se placer à 800 mètres de la crête pour obtenir le défilement aux lueurs ($d=\frac{4}{5}=0{,}8$ ou 800 mètres).



Batterie de 75 exécutant du tir indirect par dessus le village de Bouillancy et à 800 mètres en arrière.
(Bataille de l'Ourcq, 6 septembre 1914).

Application du principe : Il faut exécuter le tir indirect loin de la crête.

Si la dépression est de 10 millièmes, il faudra encore se reculer à 400 mètres au moins en arrière de la crête.

La seconde proposition, correspondant au cas où la dépression est forte, se démontre aisément par le calcul.

Supposons par exemple que la dépression soit de 100 millièmes. Le défilement aux lueurs est obtenu à 40 mètres de la crête ($d = \frac{4}{100} = 0{,}04$ ou 40 mètres). Nous allons démontrer que cependant cette position est dangereuse et que, loin de fournir un couvert, elle encourt la critique indiquée ci-dessus : exposer l'artillerie à être battue par une artillerie adverse qu'elle est elle-même dans l'impossibilité d'atteindre.

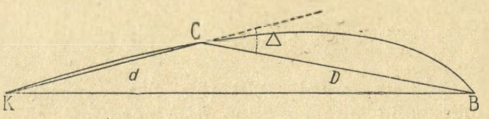


Fig. 21.

Considérons un profil KCB (fig. 21), de dépression Δ (en millièmes) et une trajectoire KCB affleurant la crête, trajectoire dont K est l'origine. A cette trajectoire correspondront, sur les pentes partant de la crête, deux points K et B dont les distances d et D à la crête, exprimées en kilomètres, satisferont (pour le canon de 75) à la formule fondamentale :

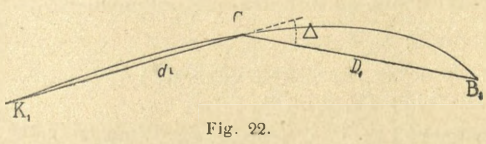


Fig. 22.

$$4(D+d)(D+2d+4)=\Delta \quad (1)$$

Or, il est évidemment possible de faire glisser cette trajectoire sur le profil et de l'amener à occuper une position K_1CB_1, telle que $K_1C=B_1C$ (fig. 22) ; on aura alors $d_1=D_1$.

Posons donc : $d_1=D_1=\delta$.

δ satisfera à la relation fondamentale qui deviendra ainsi :

$$4.2\delta.(3\delta+4)=\Delta,$$

relation qui, pour une valeur donnée de Δ, caractéristique du profil, fournira la distance à la crête du point K_1, tel qu'un projectile affleurant la crête tiré de ce point, aille tomber de l'autre côté de la crête en un point B_1 tel que $CB_1=CK_1$.

En développant, cette équation devient :

$$24\,\delta^2+32\,\delta-\Delta=0 \quad (2),$$

qui donne :

$$\delta=\frac{-4+\sqrt{16+1{,}5\Delta}}{6}.$$

---

(1) Pour le canon de 90, la formule fondamentale devient sensiblement: $6\,(D+d)\,(D+2d+4)=\Delta$.

(2) Pour le 90, cette équation devient sensiblement : $36\,\delta^2+48\,\delta-\Delta=0$; elle donne $\delta=\frac{-12+\sqrt{144+9\Delta}}{18}$.

D'après cette formule, il est évident que δ augmentera avec Δ. En faisant le calcul, on trouve par exemple que cette valeur de δ, qui est de 140 mètres pour $\Delta=5$, atteint 1480 mètres pour $\Delta=100$. Nous appellerons cette distance δ, *distance-limite* correspondant au profil Δ.

Ceci étant, nous allons démontrer cette proposition :

Il est dangereux pour l'artillerie de s'établir à une distance de la crête inférieure à δ.

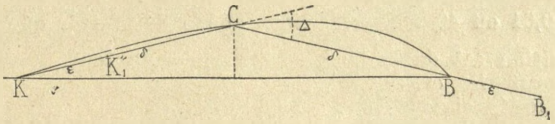


Fig. 23.

Soit un profil KCB (fig. 23) caractérisé par son Δ. A ce profil correspond une certaine *distance-limite :*

$$CK=CB=\delta.$$

Sur CK prenons un point K_1 tel que $CK_1=\delta-\varepsilon$;
sur CB prenons un point B_1 tel que $CB_1=\delta+\varepsilon$,
et voyons comment se comportent les deux points K_1 et B_1 en ce qui concerne la possibilité de s'atteindre réciproquement.

1° De K_1 peut-on atteindre B_1 ?

Formons pour K_1 et B_1 notre expression générale :

$$4(D+d)\ (D+2d+4),$$

dans laquelle on a évidemment :

$$d=\delta-\varepsilon \quad \text{et} \quad D=\delta+\varepsilon.$$

L'expression devient :

$$8\ \delta\ (3\delta+4-\varepsilon).$$

Or, δ étant la distance-limite, on a :

$$8\ \delta\ (3\delta+4)=\Delta;$$

par conséquent :

$$8\delta\ (3\delta+4-\varepsilon)<\Delta.$$

Donc une pièce placée en K_1 ne peut pas atteindre le point B_1.

2° De B_1 peut-on atteindre K_1 ?

Formons l'expression générale :

$$4\ (D+d)\ (D+2d+4)$$

mais en y faisant cette fois (puisque la pièce est en B_1) :

$$d=\delta+\varepsilon \quad \text{et} \quad D=\delta-\varepsilon.$$

L'expression devient :

$$8\ \delta\ (3\ \delta+4+\varepsilon),$$

qui est plus grand que Δ.

Donc une pièce placée en B_1 pourra atteindre K_1 alors qu'au contraire une pièce placée en K_1 ne pourra pas atteindre B_1.

Ainsi se trouve démontrée cette proposition fondamentale : *une artillerie qui s'approche de la crête à une distance moindre que la distance-limite s'expose à être atteinte, en étant elle-même dans l'impossibilité de riposter.*

Lorsque la dépression est faible, 5 millièmes par exemple, la distance-limite est faible elle-même (140 mètres), mais il faut se reculer à 800 mètres pour avoir le défilement aux lueurs. Lorsque la dépression est forte, 100 millièmes par exemple, on a le défilement aux lueurs à 40 mètres de la crête, mais la distance-limite est alors égale à 1.480 mètres et il faudra se reculer au delà de cette distance pour sortir de la zone dangereuse où l'artillerie se trouve en réalité désarmée contre une artillerie adverse judicieusement placée.

Il est intéressant de savoir quel est le Δ du profil tel que la distance de la crête à laquelle on est défilé aux lueurs soit précisément égale à la distance-limite telle qu'elle a été définie plus haut.

Pour un profil de dépression Δ, la distance à laquelle on est défilé aux lueurs est égale à $\frac{4}{\Delta}$.

En égalant cette valeur à celle de la distance limite pour le même profil on obtient :

$$\frac{4}{\Delta} = \frac{-4+\sqrt{16+1{,}5\ \Delta}}{6}.$$

ou, après simplification :

$$\Delta^3 - 128\ \Delta - 384 = 0 \quad (1).$$

Cette équation du 3e degré a deux racines négatives qui ne conviennent pas à la question et une racine positive voisine de 13 (presque exactement 12,8).

La dépression de 13 millièmes (en chiffres ronds) est donc celle pour laquelle la distance limite δ est égale à la distance du défilement aux lueurs. Cette distance : $\frac{4}{13}$ exprimée en kilomètres est très sensiblement égale à 0,3 (300 mètres). On est conduit ainsi à la règle pratique suivante :

Au point de vue balistique comme à celui de la protection de l'artillerie, il est d'un intérêt capital de placer les batteries de tir indirect de 75 à plus de 300 mètres en arrière de la crête ou du masque (2).

En effet, de deux choses l'une : ou bien la dépression est inférieure ou égale à 13 millièmes, et, dans ce cas, il faut

---

(1) Pour le 90, cette équation serait sensiblement :

$$\Delta^3 - 192\ \Delta - 576 = 0,$$

dont la racine positive est voisine de 15 (presque exactement : 15,15).

(2) Pour le 90, cette distance minima à la crête est réduite à 250 mètres (valeur déduite de l'équation relative au 90).

se placer à plus de 300 mètres en arrière de la crête pour être défilé aux lueurs ; ou bien la dépression est supérieure à 13 millièmes, et dans ce cas, il faut se placer à plus de 300 mètres de la crête pour se tenir en dehors de la zone dangereuse, où l'on peut être atteint par une artillerie adverse jouissant elle-même d'une complète immunité.

V. — Applications.

Problèmes. — La formule fondamentale :

$$4\,(D+d)\,(D+2\,d+4)=\Delta$$

permet de résoudre un certain nombre de problèmes intéressants :

1° Une troupe d'infanterie est en I (fig. 24) à une distance $KI=d$ d'une batterie qui tire à une distance $P=d+D$.

A quelle hauteur les projectiles passent-ils au-dessus de la troupe d'infanterie ?

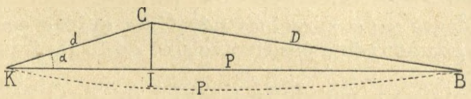


Fig. 24.

Dans le calcul de la formule fondamentale nous avons été conduit à la relation :

$$\alpha=QD\,(D+2\,d+4),$$

comme on a sensiblement, dans la limite ordinaire des portées :

$$P=d+D.$$

Cette relation peut s'écrire :

$$\alpha=Q\,(P-d)\,(P+d+4).$$

D'autre part $CI=d\alpha$.

On a donc finalement :

$$CI=Qd\,(P-d)\,(P+d+4),$$

Pour le 90, Q est sensiblement égal à 6.

Si, par exemple, une pièce de 90 tire à 4 kilomètres, au-dessus d'une troupe d'infanterie située à 1 kilomètre en avant d'elle, la hauteur à laquelle les projectiles passent

au-dessus de cette troupe est donnée par la formule où l'on fait :

$$Q=6,\ P=4,\ d=1\ ;$$

on a donc : $CI=6\times3\times9=162$ mètres.

2° On peut aussi déterminer la distance en avant des troupes amies jusqu'à laquelle on peut tirer sans danger pour celles-ci.

Dans le cas du 90, par exemple, si l'on tire sur un objectif situé à 1.800 mètres et qu'une troupe d'infanterie, marchant sur cet objectif, n'en soit plus qu'à 200 mètres, la formule donne :

$$CI=6\times1,6\times0,2\times7,4=14 \text{ m. } 20.$$

Les projectiles passeraient donc encore à 14 m. 20 au-dessus des troupes amies.

3° Calculons la *flèche* (ordonnée maxima) de la trajectoire et opérons par exemple avec le 75 dont le coefficient Q est, comme on l'a déjà vu, égal à 4.

Si l'on prend la dérivée par rapport à d de l'expression :

$$4d\ (P-d)\ (P+d+4) \qquad (1)$$

qui donne à une distance quelconque d de la pièce la valeur de l'ordonnée de la trajectoire correspondant à une portée P, et si l'on égale cette dérivée à zéro, on obtient, après avoir simplifié, l'équation :

$$3d^2+8d-P\ (P+4)=0 \qquad (2)$$

qui donne la distance du canon à l'ordonnée maxima, c'est-à-dire à la *flèche* pour la portée P. Il est évident que la racine positive de cette équation du second degré convient seule à la question. Enfin, en reportant dans l'expression (1) la valeur donnée pour d par l'équation (2) on obtient la valeur de la *flèche* pour la portée P.

Faisons une application et cherchons, par exemple, la flèche de la trajectoire de 2000 m. du 75.

En remplaçant P par 2 dans l'équation (2), il vient :

$$3d^2+8d-12=0,$$

dont la racine positive est :

$$d=\frac{-4+\sqrt{16+36}}{3}=1,1.$$

La flèche est donc à 1100 mètres du canon, c'est-à-dire,

comme on pouvait s'y attendre, à une distance du canon supérieure à la moitié de la portée.

Remplaçant ensuite d par 1,1 dans l'expression (1), on obtient pour la flèche à 2000 mètres la valeur :

$$f = 4 \times 1{,}1 \times 0{,}9 \times 7{,}1 = 28\,\text{m}.\,11.$$

Or, la table de tir de 75 qui n'indique les flèches qu'en nombres entiers donne pour cette même valeur 28 mètres.

4° Nous avons indiqué déjà que, dans certains cas, notamment dans le tir contre les buts abrités, le 90 reprenait toute sa supériorité. La formule fondamentale permet de s'en rendre facilement compte en comparant dans un cas donné l'espace mort du 90 à celui du 75.

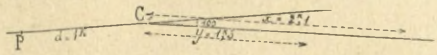


Fig. 25.

Considérons un profil tel que l'angle de dépression $\Delta = 100$ millièmes et supposons en P, à 1 kilomètre en arrière de C, une pièce de 90 et une pièce de 75 (fig. 25).

Calculons les espaces morts x et y des deux calibres.

Nous avons :

Pour le 75 (Q = 4) :

$$4\,(x+1)\,(x+6) = 100.$$

Pour le 90 (Q = 6) :

$$6\,(y+1)\,(y+6) = 100$$

ou $$4x^2 + 28x - 76 = 0$$

et $$6y^2 + 42y - 64 = 0\,;$$

ce qui donne $x = 2\,\text{km}.1$ pour le 75

et $y = 1\,\text{km}.3$ pour le 90.

Dans le cas envisagé, l'espace mort du 90 est donc à peu près moitié moindre que celui du 75.

Courbure de la trajectoire. — Comparaison entre le 75 et le 90. — Il est intéressant de se faire une idée de la courbure de la trajectoire en ses divers points.

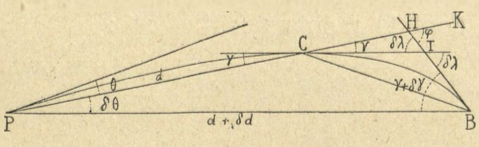


Fig. 26.

Soient : PC une portée d (en kilomètres) (fig. 26) ;
PB une portée $d+\delta d$;
θ l'angle de tir correspondant à d ;
$\theta+\delta\theta$ l'angle de tir correspondant à $d+\delta d$;
γ l'angle de chute correspondant à d ;
$\gamma+\delta\gamma$ l'angle de chute correspondant à $d+\delta d$;
$\delta\lambda$ l'angle des deux tangentes à la trajectoire en C et en B ;
φ l'angle BHK.

On a évidemment :

$$\varphi=\gamma+\delta\gamma+\delta\theta \text{ et } \varphi=\gamma+\delta\lambda ;$$

d'où :

$$\delta\lambda=\delta\gamma+\delta\theta \quad (1).$$

Donc, pour deux points infiniment voisins C, B, l'angle infiniment petit $\delta\lambda$ que font les deux tangentes est égal à la somme de $\delta\theta$, qui est l'augmentation de l'angle de tir et de $\delta\gamma$ qui est l'augmentation de l'angle de chute.

Or, pour un calibre donné, l'angle de tir θ est donné par la formule :

$$\theta=Qd\ (d+4) \quad (2) ;$$

et l'angle de chute par la formule :

$$\gamma=Qd\ (2d+4) \quad (3).$$

[Cette formule (3) se déduit de cette autre connue :

$$\Delta=Q\ (D+d)\ (D+2d+4),$$

dans laquelle on fait $D=0$. Δ devient alors l'angle de chute de la portée d et se réduit à :

$$\Delta=Qd\ (2d+4)].$$

Des formules (1), (2) et (3) on tire aisément :

$$\delta\lambda=Q\ (6d+8)\ \delta d=2Q\ (3d+4)\ \delta d \quad (4).$$

Or, (fig. 27), si l'on considère les normales aux points de la trajectoire infiniment voisins C et B, ces normales se coupent au centre de courbure O et, à la limite, OB est égal au rayon de courbure R, CB étant égal à l'augmentation de portée δd.

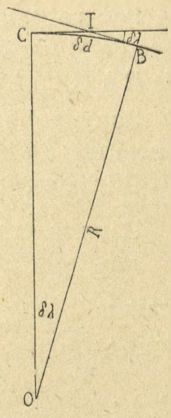


Fig. 27.

On aurait alors :

$$\delta\lambda\ R=\delta d,$$

formule dans laquelle $\delta\lambda$ serait exprimé en millièmes, R en kilomètres et d en mètres ; mais d étant exprimé en kilomètres, pour que la formule soit exacte, il faut multiplier le second membre par 1000 et écrire :

$$\delta\lambda\,R=\delta d\ 1000 ;$$

ou bien, en remplaçant δ par sa valeur tirée de (4) :

$$2Q\ (3d+4)\delta d\,R=\delta d\,1000 ;$$

d'où enfin :

$$R=\frac{1000}{2Q\ (3d+4)}.$$

Prenons, par exemple, successivement le 75 et le 90 et comparons les rayons de courbure

de la trajectoire à la sortie de la bouche à feu et à 5.000 mètres. Les rayons de courbure en kilomètres sont :

Pour le 75 (Q=4) :

à la sortie de la bouche à feu : $R = \frac{125}{4} = 32$ km. environ ;

à 5000 mètres : $R = \frac{125}{19} = 6$ km. environ.

Pour le 90 (Q=6 environ) :

à la sortie du canon : $R = \frac{125}{6} = 21$ km. environ ;

à 5000 mètres : $R = \frac{1000}{228} = 4$ km. 4 environ.

D'où confirmation que la trajectoire du 90 est beaucoup plus courbe que celle du 75.

Mesure de l'angle de site d'un point invisible de la pièce. — Dans le tir indirect, une pièce étant en P en arrière d'une crête C (fig. 28), et devant tirer sur un objectif B, il y a toujours intérêt, pour pouvoir régler rapidement le tir, à connaître aussi exactement que possible l'angle de site XPB du point B par rapport à P. Le point B étant caché par la crête, on ne peut pas faire la mesure directe et il convient de procéder autrement.

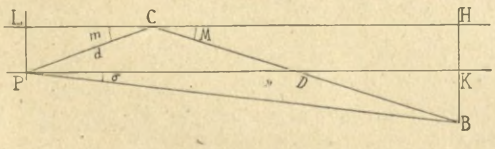


Fig. 28.

Soient :

m l'angle de site de P par rapport à la crête, M l'angle de site de B par rapport à la crête, d et D les distances de P et de B à C en kilomètres, σ l'angle de site à déterminer.

Convenons de compter comme négatifs les angles de site (mesurés de la crête) au-dessous de l'horizontale et comme positifs ceux au-dessus.

Dans le cas de la figure, on aura évidemment :

$$KB = -PK\sigma = -(D+d)\,\sigma$$

mais : $$KB = HB - HK = -D.M + d.m$$

donc : $$(D+d)\,\sigma = D.M - d.m$$

d'où : $$\sigma = \frac{D.M - d.m}{D+d}.$$

Il est facile de vérifier que cette formule est absolument générale et qu'elle s'applique par exemple dans le cas de la figure ci-dessous (fig. 29) :

On a dans ce cas : $KB = -PK\sigma = -(D+d)\,\sigma$.

Mais :

$KB = HB + HK$.

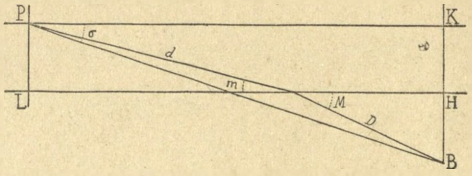


Fig. 29.

HB, c'est—D.M puisque B étant au-dessous de l'horizontale, M est négatif ; d'autre part $HK = PL$, c'est $+ d.m$ puisque, l'angle m étant au-dessus de l'horizontale, est par convention positif.

Donc on a, comme dans le cas précédent :

$$(D+d)\,\sigma = D.M - d.m$$

d'où :

$$\sigma = \frac{D.M - d.m}{D+d}$$

QUATRIÈME PARTIE

DISPERSION DU TIR

I. — Causes d'irrégularité du tir.

Lorsque des projectiles de même modèle sont tirés successivement avec la même pièce, dans les mêmes conditions, des causes multiples tendent à produire des différences d'un coup à l'autre.

Citons quelques-unes de ces causes, et les moyens de remédier aux irrégularités de tir qui en résultent.

Différence de constitution des projectiles. — Une réception soignée des projectiles et une grande attention dans les opérations du chargement intérieur sont indispensables pour assurer le mieux possible l'identité des surfaces extérieures ou intérieures, l'uniformité de répartition de la masse et l'égalité de poids des projectiles.

Différences dans l'état extérieur des obus. — On les évite en couvrant les projectiles d'une couche de peinture (plombagine ou coaltar) et en effectuant les transports avec les soins nécessaires pour éviter les chocs.

Différences dans la constitution des gargousses. — Il faut veiller à l'exactitude stricte des poids indiqués pour les diverses charges.

Différences dans les propriétés balistiques de la poudre. — Les propriétés de la poudre changent d'un lot à l'autre ; dans un même lot, elles varient avec le degré d'hygrométricité des grains ou des lamelles. Il est donc indispensable de préserver les gargousses de l'humidité et de grouper les charges qui proviennent d'un même lot et d'un même magasin.

Différences dans le mode de chargement. — Il faut bien assujettir l'obus à sa position de chargement et veiller à ce que la charge occupe toujours la même position dans la chambre à poudre. Cette recommandation est très importante ; sa non-observation peut amener de gros écarts en portée d'un coup à l'autre.

Différences dans le pointage. — Le moyen d'y remédier est une formation très attentive des pointeurs ; il faut rendre ceux-ci comparables à eux-mêmes et entre eux pour l'uniformité et la régularité du pointage.

Différences dans la disposition de l'affût. — Une plateforme déversée amène des différences à chaque coup, surtout dans la direction du tir. Il est indispensable de redresser et de consolider une plateforme qui se déverse.

II. — Définitions ; point moyen ; écart moyen ; écart probable ; relation entre l'écart moyen et l'écart probable.

Point moyen. — Si l'on tire avec une pièce un grand nombre de coups dans des conditions aussi identiques que possible de charge, de pointage, d'état atmosphérique, etc..., sur un sol horizontal ou un mur vertical, on constate que les points de chute, d'abord dispersés, finissent par se rassembler dans une zone où la densité est de plus en plus grande ; ils semblent se grouper autour d'un point O que l'on appelle *point moyen* (fig. 30).

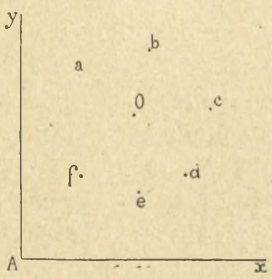


Fig. 30

Considérons deux axes de coordonnées rectangulaires quelconques, Ax, Ay, que nous pourrons supposer tracés dans le champ même sur lequel on tire.

Si nous prenons les coordonnées :

$$x_1,\ x_2,\ x_3, \ldots\ldots\ldots\ x_n$$
$$y_1,\ y_2,\ y_3 \ldots\ldots\ldots\ y_n$$

des différents points de chute a, b, c, d,..... la moyenne algébrique de ces coordonnées :

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots\ldots\ldots x_n}{n}$$

$$y = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots\ldots\ldots y_n}{n}$$

définit l'abscisse x et l'ordonnée y du point moyen O.

Ecart moyen ; écart probable. — Considérons deux droites rectangulaires PO et LM (fig. 31). PO joignant la pièce P au point moyen O, LM étant la perpendiculaire à PO au point O. L'expérience démontre, et cela répond à la définition même du point moyen, que si l'on tire un très grand nombre de coups, on aura autant de points de chute en avant de LM qu'en arrière, et autant à droite qu'à gauche de OP.

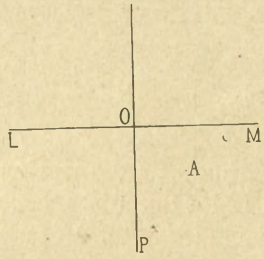


Fig. 31.

Soit A un point de chute quelconque (fig. 32).

On appelle *écart en portée* la distance AH ; *écart en direction* la distance AH′ (on définirait de même l'écart en hauteur) dans le cas du tir sur un mur vertical.

L'écart moyen en portée, en direction, en hauteur est la moyenne des écarts en portée, direction, hauteur de tous les coups.

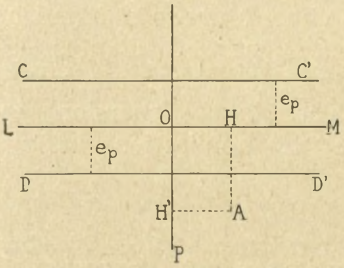


Fig 32.

Considérons deux parallèles CC′, DD′ à LM (fig. 32), telles que CC′ sépare la meilleure moitié des coups longs par rapport à O et DD′ la meilleure moitié des coups courts. La distance e qui sépare chacune de ces deux droites de LM, est ce qu'on appelle l'*écart probable* en portée. On définirait de même l'écart probable en direction et l'écart probable en hauteur.

D'après ce qui précède, on peut aussi définir l'écart probable, l'écart tel que le nombre de ceux qui lui sont supérieurs soit égal au nombre de ceux qui lui sont inférieurs.

En faisant intervenir la définition connue : « *la probabilité d'un événement est le rapport du nombre des cas favorables au nombre des cas possibles* », on peut encore dire : l'écart probable est celui qui présente la probabilité 1/2 d'être ou de ne pas être dépassé.

Relation entre l'écart moyen et l'écart probable. — L'écart moyen e_m est lié à l'écart probable e_p par la relation :

$$e_p = e_m \times 0{,}8453.$$

III. — Zone de dispersion ; applications.

Zone de dispersion. — Si l'on trace des lignes parallèles à LM à des distances égales à 1 fois, 2, 3, 4 fois l'écart probable (fig. 33), on détermine une zone renfermant un certain nombre de coups. Cette zone, profonde de 8 écarts probables, renferme la presque totalité des coups (99 %). On l'appelle *zone de dispersion*. Les coups se répartissent comme l'indique la figure.

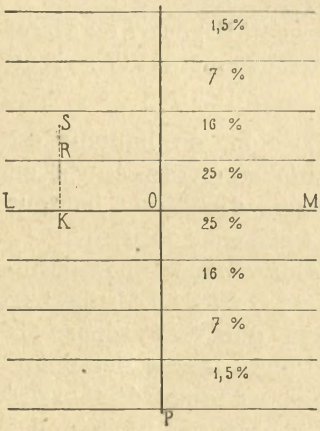


Fig. 33.

La répartition des points de chute à droite et à gauche de PO se fait d'après les mêmes lois. La connaissance des lois de la dispersion permet des applications intéressantes.

Application n° 1. — Quand on constate que les 3/4 des coups tirés sont courts, on peut conclure que le point moyen est à *un* écart probable en avant du but.

Pour amener le point moyen en coïncidence avec le but, il suffit d'augmenter la portée d'un écart probable.

Ces notions sont appliquées dans le réglage du tir.

Voici, à titre d'exemple, quelques écarts probables en portée du 75 et du 90 à différentes distances :

	à 2.000 m.	à 3.000 m.	à 4.000 m.	à 5.000 m.	à 6.000 m
75.....	8m,8	10m,8	13m,3	16m,4	20m,2
90.....	11m,9	15m,1	18m,9	23m,2	27m,9

Application n° 2. — Les tables de tir font connaître aux différentes distances la valeur de l'écart probable en portée, en direction, en hauteur. Dès lors on peut, lorsqu'on possède d'une façon précise les dimensions de l'objectif, savoir combien de coups atteindront probablement le but au cours du tir d'efficacité.

Prenons par exemple, comme objectif, un pont ayant une longueur de 100 mètres, une largeur de 14 mètres, et dont l'axe coïncide avec la direction de la ligne de tir.

Supposons qu'on tire à 4.000 mètres avec du 90. A cette distance l'écart probable donné par les tables est :

pour la portée $e_p = 19$ mètres ;

pour la direction $e_d = 2$ m. 50.

Figurons la zone de dispersion en portée et en direction (fig. 34).

Le pourcentage des coups en portée sera 91 %.

Le pourcentage des coups en direction sera 92 %.

Le nombre de coups atteignant l'objectif sur 100 coups tirés sera donc probablement :

$$\frac{91 \times 92}{100^2} = 84\ \%.$$

On pourrait de même calculer le nombre de coups atteignant un mur vertical en faisant intervenir l'écart en hauteur.

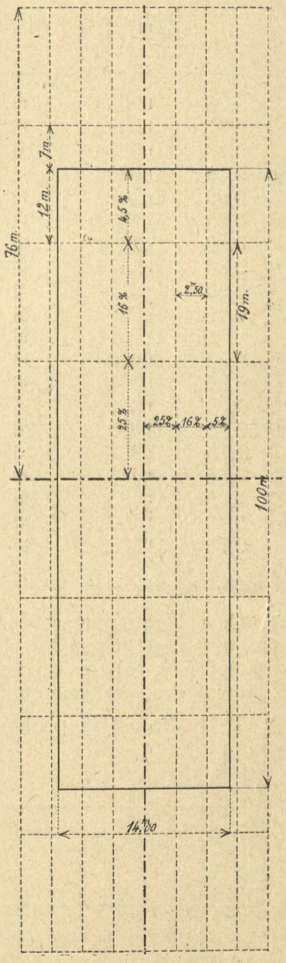
Application n° 3. — Sur la figure 33 représentant la zone de dispersion en portée, considérons les écarts en portée KR et KS.

KR est, d'après la figure et par définition, égal à l'écart probable e_p qui a une probabilité 1/2 d'être ou de n'être pas dépassé.

KS est un écart quelconque, mais dont le rapport $\frac{KS}{KR}$ à l'écart probable a une certaine valeur n, de telle sorte qu'on a :

$$\frac{KS}{KR} = n.$$

Fig. 34



Echelle des longueurs 1/1250e
Echelle des largeurs 1/625e

On conçoit que, du fait des lois de la dispersion, il y a une certaine probabilité que cet écart KS ne sera pas dépassé. On conçoit aussi que cette probabilité dépend de la grandeur de KS relativement à l'écart probable, c'est-à-dire du rapport : $n = \frac{KS}{KR} = \frac{KS}{e_p}$.

Autrement dit, la probabilité que l'écart d'un nouveau coup tiré sera inférieur à KS est une fonction de n que nous appellerons $F(n)$ et dont nous pourrons, au moyen d'un tableau, faire ressortir les valeurs pour les différentes valeurs de n.

L'instruction sur le tir de siège et place du 2 mars 1910 donne ce tableau, très utile à consulter pour la solution d'un grand nombre de questions de tir.

Nous croyons utile de le reproduire ci-dessous :

n	PROBABILITÉS	n	PROBABILITÉS	n	PROBABILITÉS	n	PROBABILITÉS
0,00	0,0000	1,00	0,5000	2,00	0,8227	3,00	0,9570
0,05	0,0269	1,05	0,5212	2,05	0,8332	3,05	0,9603
0,10	0,0538	1,10	0,5419	2,10	0,8434	3,10	0,9635
0,15	0,0806	1,15	0,5621	2,15	0,8530	3,15	0,9664
0,20	0,1073	1,20	0,5817	2,20	0,8622	3,20	0,9691
0,25	0,1339	1,25	0,6008	2,25	0,8709	3,25	0,9716
0,30	0,1604	1,30	0,6194	2,30	0,8792	3,30	0,9740
0,35	0,1866	1,35	0,6375	2,35	0,8871	3,35	0,9762
0,40	0,2127	1,40	0,6550	2,40	0,8945	3,40	0,9782
0,45	0,2385	1,45	0,6719	2,45	0,9016	3,50	0,9818
0,50	0,2641	1,50	0,6883	2,50	0,9083	3,60	0,9848
0,55	0,2893	1,55	0,7042	2,55	0,9146	3,70	0,9874
0,60	0,3143	1,60	0,7195	2,60	0,9205	3,80	0,9896
0,65	0,3389	1,65	0,7343	2,65	0,9261	3,90	0,9915
0,70	0,3632	1,70	0,7485	2,70	0,9314	4,00	0,9930
0,75	0,3871	1,75	0,7621	2,75	0,9364	4,20	0,9954
0,80	0,4105	1,80	0,7753	2,80	0,9411	4,40	0,9970
0,85	0,4336	1,85	0,7879	2,85	0,9454	4,60	0,9981
0,90	0,4562	1,90	0,8000	2,90	0,9495	4,80	0,9988
0,95	0,4783	1,95	0,8116	2,95	0,9534	5,00	0,9993

Ce tableau permet de résoudre divers problèmes qui se présentent fréquemment dans la pratique, lorsqu'on veut évaluer les chances d'atteindre tel ou tel but par un tir exécuté dans des conditions déterminées, notamment les problèmes suivants :

1° Quelle est la probabilité d'atteindre, dans un tir prolongé, une bande indéfinie de largeur a, disposée perpendiculairement (ou parallèlement) à la ligne de tir et symétriquement par rapport au point moyen (fig. 35) ?

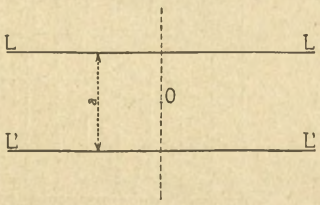


Fig. 35.

e étant l'écart probable en portée (ou en direction) de la pièce dont il s'agit (fig. 35), le rapport n est égal à $\frac{a}{2e}$.

En lisant dans la 2e colonne du tableau le nombre placé en regard du nombre de la 1re colonne égal à $\frac{a}{2e}$, on a la probabilité cherchée ; en multipliant ce nombre par 100, on a le % des coups qui atteindraient la bande dans un tir indéfiniment prolongé.

2° Quelle est la probabilité d'atteindre, dans un tir prolongé, une bande indéfinie de largeur b, disposée perpendiculairement (ou parallèlement) à la ligne de tir, à une distance a du point moyen (fig. 36) ?

Soient LL, MM, les parallèles limitant la bande considérée et L'L', M'M' deux droites symétriques par rapport à O, l'une de LL, l'autre de MM. On détermine comme dans le cas précédent : p la probabilité d'atteindre la bande LLL'L' (largeur $2a+2b$) et p' la probabilité d'atteindre la bande MMM'M' (largeur $2a$).

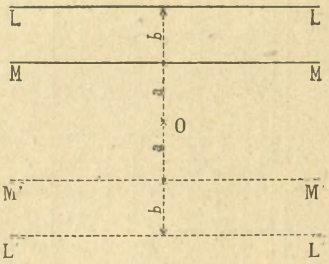


Fig. 36.

La différence $p-p'$ sera la probabilité d'atteindre la différence de ces deux bandes, c'est-à-dire : soit LLMM, soit L'L'M'M'.

La probabilité d'atteindre LLMM seulement sera $\frac{p-p'}{2}$.

3° Quelle est la probabilité d'atteindre, dans un tir prolongé, un rectangle dont les côtés, de longueurs a et b, sont respectivement parallèles et perpendiculaires à la ligne de tir et dont le centre occupe une position donnée par rapport au point moyen (fig. 37) ?

Les côtés du rectangle étant supposés indéfiniment prolongés, on détermine, comme dans le cas 1° ou dans le cas 2° ci-dessus :

La probabilité p d'atteindre la bande de largeur a perpendiculaire à la ligne de tir ;

La probabilité p' d'atteindre la bande de largeur b parallèle à la ligne de tir ;

La probabilité d'atteindre le rectangle formé par la rencontre des deux bandes est égale à $p \times p'$.

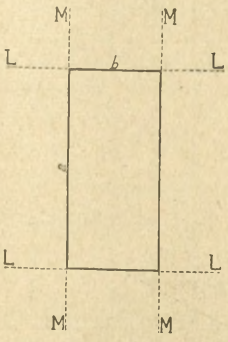


Fig. 37.

Faisons une application de cette règle à un cas concret, en comparant encore à cette occasion le 90 et le 75.

Supposons un tir réglé dont le point moyen est à 5.000 mètres de la pièce.

Pour le 90, l'écart probable en portée est de 23 m. 20 et l'écart probable en direction de 3 m. 30.

Pour le 75, l'écart probable en portée est de 16 m. 40 et l'écart probable en direction de 2 m. 20.

Calculons successivement pour les deux calibres le nombre de coups pour mille qui, dans un tir indéfiniment prolongé, tomberont dans un rectangle de 40 mètres de long sur 5 mètres de large, dont le centre est à une distance de 30 mètres de la perpendiculaire à la ligne de tir passant par le point moyen et à une distance de 5 m. 50 à gauche de la ligne de tir (fig. 38 et 39).

Rectangle de dispersion du 75 pour un tir réglé a 5000 mètres

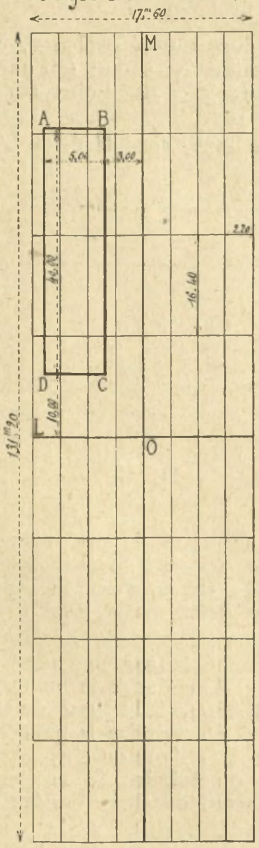


Fig. 38.

Rectangle de dispersion du 90 pour un tir réglé a 5000 mètres

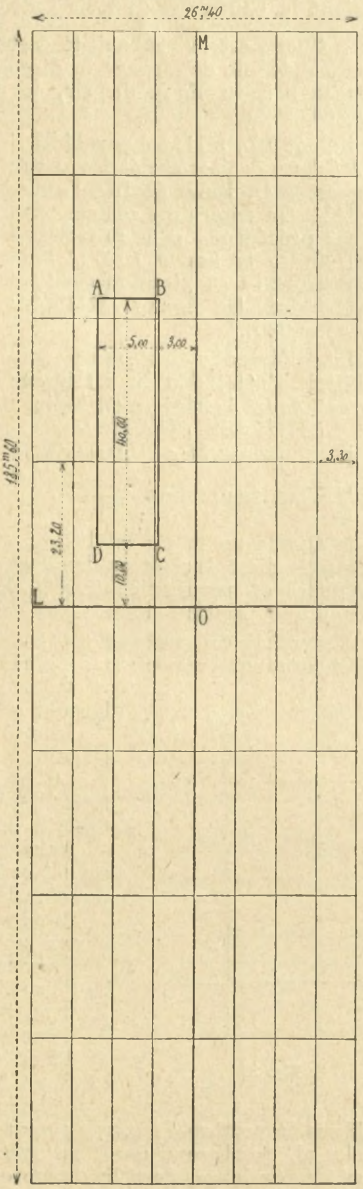


Fig. 39.

NOTA. — Les 2 figures sont à la même échelle : 1/1250e pour les écarts en portée, 1/625e pour les écarts en direction.

Dans les 2 figures le rectangle ABCD a la même position par rapport aux axes du rectangle de dispersion.

Cas du 90. — En tenant compte de la position du rectangle par rapport au point moyen et en consultant le tableau des valeurs de F (*n*), on trouve successivement par l'application des règles énoncées plus haut :

$$\frac{50}{e_p}=\frac{50}{23,2}=2,15\ ;$$

ce qui donne, pour la probabilité d'un nouveau coup entre AB et OL prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (2,15)}{2}=\frac{0,8530}{2}=0,4265.$$

Puis ensuite :

$$\frac{10}{e_p}=\frac{10}{23,2}=0,43\ ;$$

ce qui donne pour la probabilité d'un nouveau coup entre CD et OL prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (0,43)}{2}=\frac{0,2280}{2}=0,1140.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe entre AB et CD indéfiniment prolongées est donc égale à la différence, soit :

$$0,4265-0,1140=0,3125.$$

De même on trouve :

$$\frac{8}{e_p}=\frac{8}{3,3}=2,42\ ;$$

ce qui donne pour la probabilité d'un nouveau coup entre AD et OM prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (2,42)}{2}=\frac{0,8973}{2}=0,4486.$$

Puis ensuite :

$$\frac{3}{e_p}=\frac{3}{3,3}=0,91\ ;$$

ce qui donne pour la probabilité d'un nouveau coup entre BC et OM prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (0,91)}{2}=\frac{0,4606}{2}=0,2303.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe entre AD et BC prolongées indéfiniment est donc égale à la différence, soit :

$$0,4486-0,2303=0,2183.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe à la fois entre AB et CD, et entre AD et BC, c'est-à-dire dans le rectangle ABCD est donc la probabilité composée obtenue en multipliant les deux probabilités partielles.

En désignant par p cette probabilité, on a :

$$p=0,3125\times0,2183=0,068.$$

Ce qui revient à dire que, dans un tir indéfiniment prolongé dans des conditions identiques, 68 coups sur 1.000 tomberont dans le rectangle considéré.

Cas du 75. — En appliquant exactement les mêmes règles, on aura :

$$\frac{50}{e_p} = \frac{50}{16,4} = 3,04 ;$$

ce qui donne pour la probabilité qu'un nouveau coup tombe entre AB et OL prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (3,04)}{2} = \frac{0,9594}{2} = 0,4797.$$

Puis ensuite :

$$\frac{10}{e_p} = \frac{10}{16,4} = 0,61 ;$$

ce qui donne pour la probabilité qu'un nouveau coup tombe entre CD et OL prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (0,61)}{2} = \frac{0,3194}{2} = 0,1597.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe entre AB et CD est donc égale à la différence, soit :

$$0,4797 - 0,1597 = 0,32.$$

De même on trouve :

$$\frac{8}{e_p} = \frac{8}{2,2} = 3,63 ;$$

ce qui donne pour la probabilité d'un nouveau coup entre AD et OM prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (3,63)}{2} = \frac{0,9856}{2} = 0,4928.$$

Puis ensuite :

$$\frac{3}{e_p} = \frac{3}{2,2} = 1,36 ;$$

ce qui donne pour la probabilité d'un nouveau coup entre BC et OM prolongées indéfiniment :

$$\frac{F\ (1,36)}{2} = \frac{0,6410}{2} = 0,3205.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe entre AD et BC prolongées indéfiniment est donc égale à la différence, soit :

$$0,4928 - 0,3205 = 0,1723.$$

La probabilité qu'un nouveau coup tombe dans le rectangle ABCD est donc, comme ci-dessus, la probabilité composée :

$$p' = 0,32 \times 0,1723 = 0,055.$$

Ce qui revient à dire que dans le tir indéfiniment prolongé, dans des conditions identiques, 55 coups sur 1.000 tomberont dans le rectangle considéré.

On voit que, pour le 75, ce nombre est un peu moindre que pour le 90. Ce résultat confirme d'ailleurs la précision plus grande du 75 et indique que pour cette pièce les coups se groupent davantage autour du point moyen.

CINQUIÈME PARTIE

MATERIEL; PRINCIPALES FORMATIONS; INSTRUMENTS DE MESURE; MOYENS DE COMMUNICATION

I. — Aperçu historique.

La guerre de 1870 avait surpris notre artillerie de campagne dans un état d'infériorité absolue.

Depuis assez longtemps déjà, les études du matériel de Reffye, de 5 et de 7, étaient entièrement au point, et, si l'on s'y était pris à temps, la présence de ces canons sur le champ de bataille aurait pu changer considérablement la face des choses. Mais, malgré Sadowa, où la Prusse avait — avec quel orgueil ! — fait figurer des pièces nouvelles en acier se chargeant par la culasse, on avait différé en France la construction d'un matériel tout prêt et très remarquable pour son époque. C'est ainsi que, durant toute la guerre de 1870, notre artillerie de campagne fut réduite, ou peu s'en faut, aux batteries de 4 et de 12, se chargeant par la bouche, que nous possédions depuis longtemps et qui n'avaient reçu que des perfectionnements sans importance.

Le canon de 12, relativement puissant, put néanmoins faire assez bonne figure dans certaines circonstances ; mais ce matériel était lourd, et, par suite, peu en état de suivre dans ses déplacements l'artillerie beaucoup plus mobile de l'ennemi.

Le canon de 4 possédait par contre une très grande mobilité, mais cette qualité ne put que très rarement compenser son défaut de puissance ; aussi, au point de vue de l'efficacité du feu et de l'aptitude à soutenir la lutte, resta-t-il

toujours en état de flagrante infériorité vis-à-vis de l'artillerie allemande.

Au lendemain de la guerre de 1870, la transformation de l'artillerie devint à juste titre l'une des principales préoccupations des chefs de l'armée.

Des études furent entreprises immédiatement et, en s'inspirant des considérations qui précèdent, on chercha d'abord la puissance, c'est-à-dire l'efficacité immédiate, en faisant passer au second plan la mobilité.

Plusieurs artilleurs éminents se mirent au travail.

Le premier matériel prêt fut celui du colonel Lahitolle, qui, dès 1875, proposa le canon de 95$^{m}/^{m}$ actuel, lançant un projectile de 11 kg. avec une vitesse initiale de 443 mètres.

Comme pièce de campagne, ce canon était trop lourd ; mais les relations extérieures étaient alors très tendues et il fallait agir ; le gouvernement adopta donc immédiatement le matériel de 95 Lahitolle, bien que la voiture-canon pesât près de 2.300 kg. et la voiture-caisson près de 2.400 kg.

La construction fut poussée très activement et toutes nos batteries de campagne purent être dotées très rapidement.

Cependant, l'excès de poids ayant été signalé de tous côtés comme un gros inconvénient, le matériel de 95 Lahitolle, malgré ses précieuses qualités à tout autre point de vue, fut remplacé, en 1877, par le matériel de Bange, qui comportait deux calibres : le 80 avec des poids de 1.600 kg. et 1.800 kg. pour les deux voitures (voiture-canon et voiture-caisson) et le 90 avec des poids plus forts, de 2.000 kg. et 2.300 kg.

Le 95, supprimé comme canon de campagne, fut classé aux équipages de siège où ses qualités de puissance, de justesse et de précision lui assurent, dans la guerre actuelle, la faveur la plus méritée de tous les chefs d'artillerie qui l'emploient.

Dans l'avant-propos de cette étude, on a rappelé sommairement les précieuses qualités du matériel de 90 et fait ressortir que les batteries de ce calibre peuvent rendre les meilleurs services dans la campagne actuelle.

Ceci dit, il faut souligner aussi les raisons impérieuses, telles que : le perfectionnement des armes portatives, les formations beaucoup plus diluées et beaucoup plus mobiles de l'infanterie, qui ont conduit à rechercher et à adopter

pour les batteries de campagne, un canon à service plus rapide que le 90.

Cette condition de grande célérité du tir était indispensable à réaliser pour atteindre des objectifs très fugitifs, peu denses et de très faible vulnérabilité. De même, le tir indirect étant devenu la règle presque absolue pour l'artillerie et les batteries adverses se plaçant à des distances indéterminées et assez grandes en arrière des crêtes, il faut, pour les atteindre à coup sûr, pouvoir battre, dans un temps très court, de profonds espaces de terrain. Or, le 90 et les autres matériels du même genre à tir lent, ne peuvent plus manifestement satisfaire à ces desiderata. Leur action ne reste efficace que contre des batteries ou des ouvrages à demeure, dont le mode d'installation ne se prête pas à des déplacements rapides. Toutefois, leur part est encore large ; elle comprend, non seulement les batteries fixes, mais les tranchées avec toutes les dépendances qu'elles comportent.

Des études de matériel de campagne à tir rapide furent ainsi, au lendemain de 1870, entreprises par toutes les grandes puissances. La France aboutit la première et créa en 1897 le 75 actuel, qui, par son effet matériel et moral sur nos adversaires, s'est affirmé comme la réalisation la plus parfaite du type que l'on cherchait.

Les progrès essentiels obtenus par ce matériel se résument ainsi :

1° Il supprime l'opération de la remise en batterie en rendant l'affût immobile pendant le tir.

2° Il supprime le repointage, ou du moins, il en réduit beaucoup la durée par le dispositif qui, après chaque coup, fait revenir la pièce à sa position première de tir.

3° Il réduit le temps nécessaire au chargement par l'emploi d'une gargousse métallique reliée au projectile.

Un autre progrès très important, réalisé par le matériel de 75, consiste dans l'indépendance complète des organes du pointage en hauteur (niveau et hausse) par rapport au canon. Cette disposition dite « hausse indépendante » contribue très largement à assurer la rapidité du tir.

Le but de cet exposé étant surtout de mettre en lumière des idées générales sur le mode d'emploi des divers matériels, nous n'insisterons pas davantage sur le 75 ; le dernier règle-

ment du 8 septembre 1910, mis à jour le 1er octobre 1913, donne à cet égard toutes les instructions et tous les renseignements qu'on peut désirer. Par contre, nous nous étendrons spécialement sur l'emploi du 90 pour lequel, ainsi que nous l'avons dit au début, il n'existe plus de règlement véritablement à jour. Dans cet ordre d'idées, nous consacrons ce qui suit à des renseignements généraux sur la composition de la batterie de 90, à la description de certains appareils ou mécanismes de tir, enfin à l'étude de la préparation et de l'exécution du tir, la batterie de 90 pouvant, suivant l'expérience de la guerre actuelle, être considérée au même titre que celle de 75, tantôt comme batterie de campagne proprement dite, tantôt comme batterie de position.

II. — La batterie de 90.

La batterie de 90 sur affût de campagne se compose d'un personnel d'officiers, cadres, conducteurs et servants et d'un matériel comprenant en principe : 6 canons, 9 caissons, 1 chariot de batterie, 1 forge, 1 chariot fourragère et des fourgons à vivres et à bagages (remplacés souvent par des voitures de réquisition). Comme il est dit plus haut, elle peut être utilisée, soit comme batterie de campagne, soit comme batterie de position.

Elle marche comme batterie de campagne lorsque, grâce à la mobilité de ses attelages, elle prend position derrière des couverts ou des masques naturels ; elle sert comme batterie de position lorsque, séparée de ses attelages qui restent au cantonnement, ses pièces sont établies en position pour un certain temps, protégées par une masse couvrante, artificielle ou non, avec abris pour les munitions et le personnel.

Les figures 40 à 40 *quater* donnent un exemple de ce genre d'installation, avec caisson enterré et abris pour les servants. Ce type peut encore être simplifié lorsque les batteries de position peuvent s'établir sous bois. On réalise ainsi les meilleures conditions d'invisibilité aux aéroplanes. Il convient cependant que le bois ne soit pas trop touffu pour qu'on puisse pratiquer très rapidement, au moment du besoin, des élagages dégageant le champ de tir.

BATTERIE DE CAMPAGNE ENTERRÉE

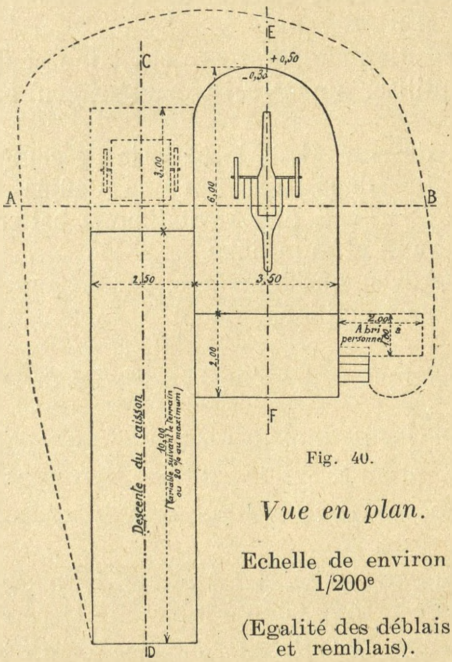
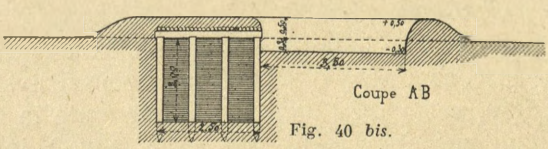


Fig. 40.

Vue en plan.

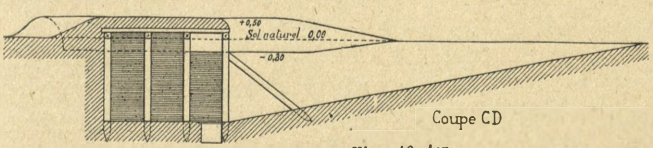
Echelle de environ 1/200e

(Egalité des déblais et remblais).



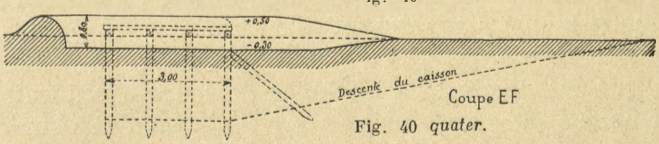
Coupe AB

Fig. 40 *bis*.



Coupe CD

Fig. 40 *ter*.



Coupe EF

Fig. 40 *quater*.

Coupes.

La batterie de campagne complète se divise, pour le tir, en *batterie de tir* et *échelon de combat*.

La batterie de tir se compose de 3 sections comprenant chacune 2 pièces et le caisson de la 2e pièce, soit un total de 6 canons et 3 caissons.

Dans la position en batterie le capitaine peut, s'il le juge nécessaire, utiliser un 4e caisson pour son poste d'observation.

L'échelon de combat de la batterie de campagne, placé, pendant le tir, dans une position défilée à moins de 500 mètres des pièces, doit ravitailler la batterie de tir en servants, chevaux et munitions.

Il se réapprovisionne lui-même, par échange de caissons, à la section de munitions placée à 1 ou 2 kilomètres en arrière.

L'approvisionnement d'une batterie est de 300 coups par pièce.

La batterie de tir doit pouvoir, par les mouvements les plus simples, prendre les formations suivantes :

1° *Colonne par pièce (chaque caisson n° 2, 4, 6 derrière sa pièce) ;*

2° *Colonne par section (les 2 pièces de la section à intervalle normal de 15 mètres ou à intervalle serré de 2 mètres) ;*

3° *Marche en bataille (les 6 pièces à 15 mètres ou à 2 mètres d'intervalle) ;*

4° *Mise en batterie.*

Le mode de mise en batterie est essentiellement variable ; suivant les circonstances, il se fait soit face en avant, soit face en arrière, soit par le flanc, soit pour toute la batterie à la fois, soit successivement par pièce, soit à intervalle normal de 15 mètres, soit à intervalle rétréci ou élargi. La solution la meilleure est à déterminer par le commandant de la batterie suivant le terrain et la mission à remplir ; on ne peut lui tracer de règles fixes ; tout dépend de son initiative, de son coup d'œil, de son aptitude à juger les situations. Le même principe s'applique d'ailleurs à tous les échelons du commandement.

Dès que les pièces sont séparées de leurs avant-trains, ceux-ci doivent être emmenés en arrière et conduits sur un emplacement abrité, en dehors de la direction probable du tir de l'ennemi.

En règle générale, 3 caissons restent placés en arrière de la batterie ou sont amenés sur la ligne des pièces en utilisant le plus possible le terrain pour les couvrir.

III. — Description et fonctionnement des appareils de pointage et de tir.

Unités de mesure des angles. — La mesure d'un angle peut être annoncée :

1° En grades et décigrades (le grade vaut 10 décigrades ; le quadrant vaut 100 grades) ;

2° En degrés et minutes sexagésimales (le degré vaut 60 minutes ; le quadrant vaut 90 degrés) ;

3° En millièmes (le quadrant vaut 1.600 millièmes).

La correspondance entre ces différentes mesures, indispensable à connaître, est donnée par le tableau ci-dessous pour les millièmes, décigrades et minutes.

		En millièmes	En décigrades	En minutes
Valent	1 millième..	1	0,62	3,44
	1 décigrade.	1,6	1	5,4
	1 minute...	0,3	0,18	1

Les appareils de pointage utilisés par le canon de 75 sont gradués en millièmes.

Ceux utilisés par le canon de 90 emploient les différentes espèces de mesures.

Hausse. — La hausse modèle 1889 à crémaillère du 90 est triangulaire ; elle porte des graduations en portée, en millimètres et en évents.

Sa planchette des dérives est graduée en millimètres et la longueur de la ligne de mire (œilleton-guidon) est de 0 m. 80.

La hausse peut servir lorsque, très exceptionnellement, la batterie exécute du tir direct.

Niveau. — Le niveau modèle 1888 est gradué en degrés et la réglette du niveau en 60 minutes.

Goniomètre. — Le plateau du goniomètre (fig. 41 et 41 *bis*) est divisé en 4 quadrants ; chacun d'eux porte 10 divisions valant chacune 100 décigrades, et est numéroté en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre: (0,100..900).

Le tambour porte 100 divisions valant chacune 1 décigrade et numérotées de 10 en 10.

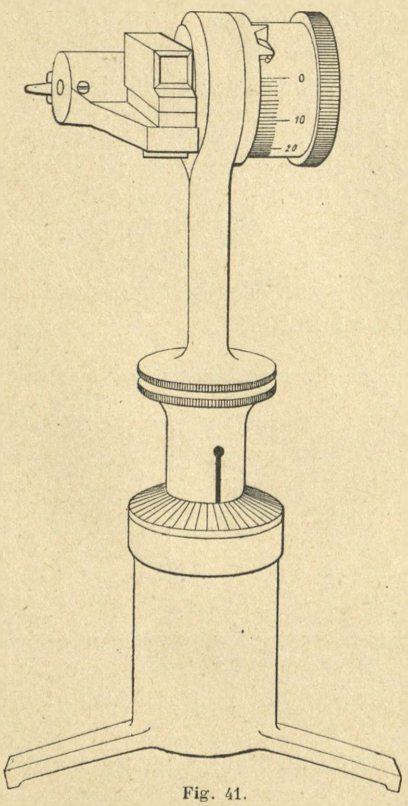


Fig. 41.

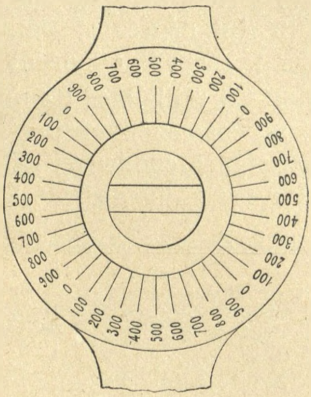


Fig. 41 *bis*.

Lorsque le trait de repère de la tige est en regard de la division 500 du plateau et que le tambour est à 0, le plan vertical de visée du collimateur est parallèle au plan de tir.

La distance de l'œilleton de la hausse au guidon étant de 0 m. 80, il en résulte que 12 divisions de la planchette des dérives équivalent à 10 divisions du tambour ou 10 décigrades.

On a en effet :

$$\frac{\text{12 millimètres}}{\text{0 m. 8}} = \frac{\text{12 mètres}}{\text{0 km. 8}} = 15 \text{ millièmes} = 10 \text{ décigrades.}$$

Lunette de batterie. — Le plateau de la lunette de batterie modèle 1897 est divisé comme celui du goniomètre en 4 quadrants ; les divisions valant 10 décigrades, sont numérotées de 100 en 100 décigrades (100, 200..... 900). La figure 42 indique cette graduation.

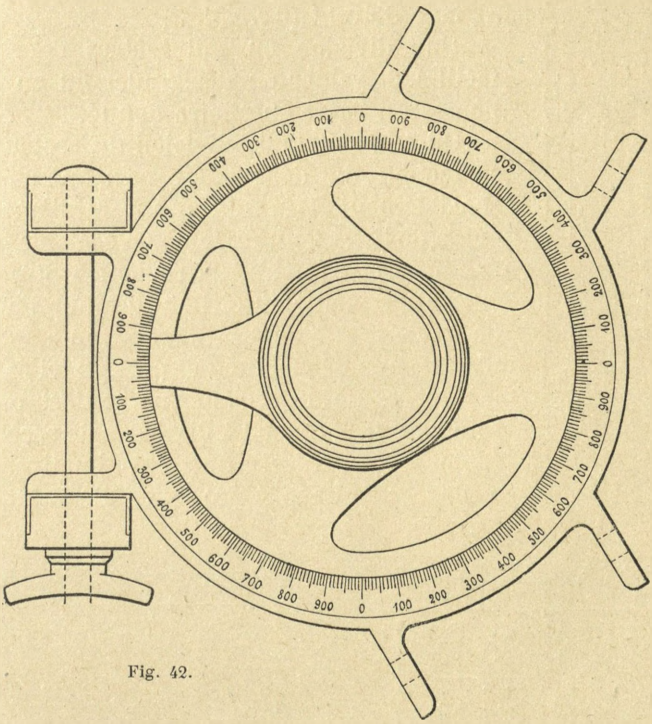


Fig. 42.

Les divisions du micromètre de la lunette correspondent à celles du tambour du goniomètre et valent 1 décigrade (fig. 43).

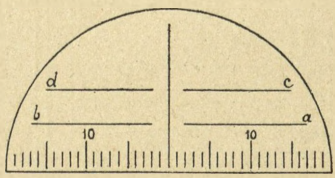


Fig. 43.

La lunette de batterie permet de mesurer en décigrades l'écart angulaire de deux points et l'angle de site.

Pour transformer l'angle de site en minutes sexagésimales, il suffit de multiplier par 5,4. La hauteur-type peut être appréciée au moyen des traits horizontaux *ab*, *cd*, qui occupent le demi-champ supérieur de la lunette.

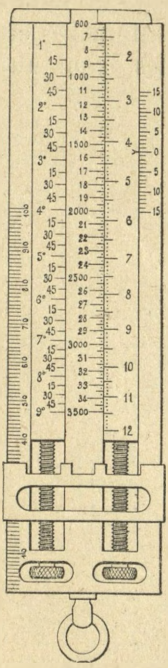


Fig. 44.

Réglette de correspondance. — La réglette indique les angles de tir et l'évent correspondant à une distance donnée ; elle permet de faire les corrections de site et de réglage d'évent (fig. 44).

Une division en millimètres donne la facilité d'évaluer en décigrades ou en millièmes un écart angulaire donné.

On admet qu'une division du secteur de correction du débouchoir correspond très sensiblement à la fois à un millième en angle de tir et à un dixième de seconde pour la durée du trajet. Ceci revient à dire que si l'on augmente ou si l'on diminue l'angle de tir de 1, 2, 3 ou 4 millièmes, on a sur un plan de site déterminé des portées telles que les durées de trajet sont augmentées ou diminuées de 1, 2, 3 ou 4 dixièmes de seconde. Cette règle n'est qu'approximativement exacte, mais dans la pratique, elle suffit aux besoins.

Sito-goniomètre. — Le sito-goniomètre

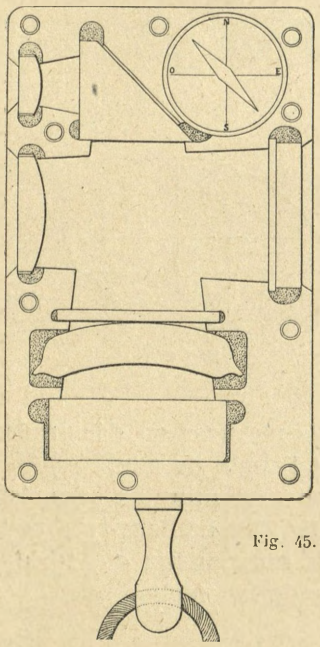


Fig. 45.

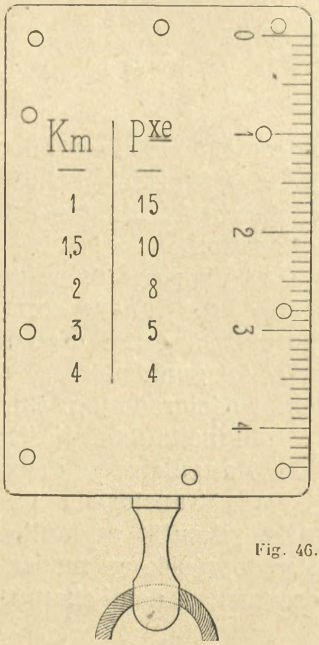


Fig. 46.

dont la disposition est indiquée par les figures 45 et 46 permet :

1° De mesurer les angles de site et de déterminer par un calcul simple la hausse d'écrêtement ;

2° De mesurer les écarts angulaires en millièmes et de traduire cette mesure en décigrades.

L'instrument comprend une boîte d'appareil en aluminium portant sur l'une de ses faces le tableau des parallaxes d'un front de section de 15 mètres à diverses distances de 1 à 4 kilomètres. Un bouton facilite sa tenue à la main et peut servir de point d'attache à un cordonnet.

Pour mesurer l'angle de site, tenir l'instrument par le bouton avec la main droite ; l'appliquer par sa tranche contre le haut de la joue droite de façon que l'œil droit aperçoive à la fois le champ du sitomètre, et, à la droite de l'appareil, les objets extérieurs et le but. Amener la bulle entre ses repères en faisant varier légèrement l'inclinaison de la tête. Lire sur la graduation de droite l'angle de site à hauteur du but.

Pour déterminer la hausse d'écrêtement ou, pour parler plus exactement, l'inclinaison limite-inférieure du canon pour éviter l'écrêtement, procéder de la façon suivante :

Soit K le canon, α l'angle de site de la crête, d la distance du canon à la crête, ε l'angle de tir correspondant à la distance d, et i l'inclinaison limite-inférieure (fig. 47), on aura évidemment :

$$i = \varepsilon + \alpha.$$

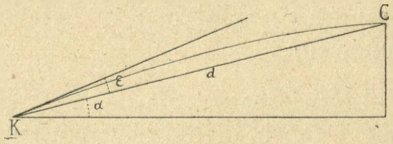


Fig. 47.

Le tir serait impossible contre tout objectif qui, par sa situation, conduirait à un angle de tir inférieur à i.

Jumelle graduée. — On peut opérer comme ci-dessus avec une jumelle graduée.

Quel que soit le procédé employé, il faut, une fois la batterie en position, faire viser la crête ou le sommet du masque par chaque pièce et noter l'angle de tir au-dessous duquel on ne doit pas descendre pour éviter l'écrêtement.

Prisme double de repérage. — Le prisme double de repérage, qui permet de se placer rapidement et exactement sur l'alignement de deux points, peut être d'une grande utilité pour simplifier les opérations de la préparation du tir. Il permet notamment le pointage initial d'un canon par un seul opérateur dans le cas où le pointeur ne voit pas le point de pointage.

L'appareil se compose de deux prismes pentagonaux ; les faces d'entrée des rayons lumineux sont opposées en B et C ; les faces de sortie sont superposées en A (fig. 48).

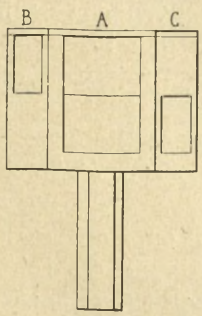


Fig. 48.

Pour s'en servir, l'opérateur se met approximativement en ligne droite avec le point de pointage et le canon, l'un à sa droite, l'autre à sa gauche. Il se déplace perpendiculairement à cette ligne jusqu'à ce qu'il voie dans l'appareil se superposer en A les images des deux objets qu'il vise simultanément dans l'instrument.

L'opérateur se trouve alors sur l'alignement « point de pointage — canon ». Le pointeur n'a plus qu'à pointer sur lui.

L'appareil permet également de prendre un repère à 90° en utilisant seulement le prisme supérieur.

Le prisme simple de repérage, qui est le même appareil que le précédent réduit à un seul prisme pentagonal, permet d'obtenir le même résultat, mais quelques tâtonnements sont alors nécessaires pour trouver un point d'où, en visant successivement le point de pointage P et le canon K, on obtienne une même visée SD perpendiculaire commune à SP et à SK (fig. 49).

Tout point S remplissant cette condition sera évidemment sur l'alignement PK.

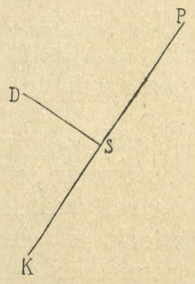


Fig. 49.

Débouchoir. — Les figures 50 et 51 indiquent la disposition du débouchoir.

Les organes essentiels de l'instrument sont :

1° Le cadran gradué en distances, dans le sens des

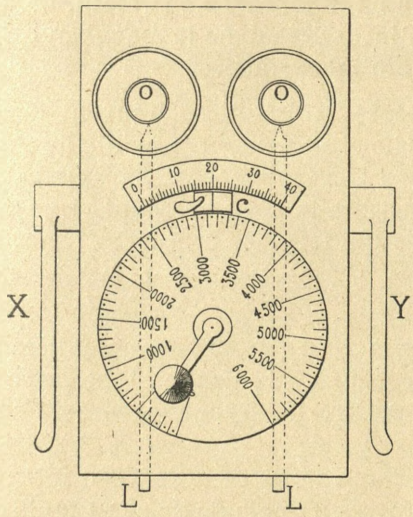


Fig. 50.

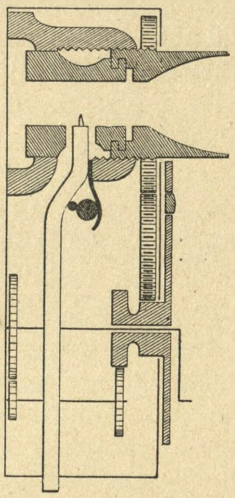


Fig. 51.

aiguilles d'une montre, qu'on peut faire tourner au moyen d'une manivelle ;

2° Le correcteur, consistant en un index mobile C qu'on fixe par une vis de pression et qui porte un trait de repère, en face duquel on peut, par la rotation du cadran, amener la graduation de la distance à laquelle on tire. Ce correcteur est mobile devant une graduation fixe allant de 0 à 40.

Lorsque le tir s'exécute dans les conditions normales, on débouche, pour une distance donnée, en plaçant le trait de repère de l'index en face de la division 20 et en amenant comme il est dit ci-dessus la graduation de la distance en face du trait de repère.

Les déplacements qui amènent l'index en face de divisions inférieures ou supérieures à 20 ont pour résultat de diminuer ou d'augmenter la hauteur d'éclatement, soit pour corriger des anomalies de combustion de la fusée, soit pour obtenir certains effets dans l'exécution du tir fusant ;

3° Les manchons d'ogive, consistant en deux logements

ogivaux en bronze O, qui reçoivent chacun l'ogive d'un obus à déboucher. Le fond de ces manchons présente une ouverture circulaire par où passe la fusée. Dans la paroi de cette ouverture, se trouve une encoche où l'on engage le tenon de la fusée ; il suffit pour cela de descendre l'obus dans le manchon d'ogive en le tournant à la main. La fusée prend ainsi une position invariable dans le manchon d'ogive et devient solidaire de ses mouvements ;

4° Les deux porte-lames L, L qui se trouvent dans la partie inférieure de la boîte et présentent la pointe de chaque lame vis-à-vis de la fusée correspondante. En agissant sur un des leviers X, Y on chasse la lame en avant et on perce la graduation de la fusée qui fait face à la lame.

Indiquons maintenant le fonctionnement d'une façon sommaire et schématique.

Admettons que l'on tire dans des conditions entièrement normales, le projectile éclatant à la hauteur-type, avec une durée de combustion régulière du serpentin enroulé sur le barillet de la fusée.

Supposons que la distance de tir soit de 3.000 mètres ce qui, avec le 75, correspond à un angle de tir de 84 millièmes.

Si l'on opère comme il a été dit ci-dessus, on aura placé le repère mobile en face de la graduation 20 du correcteur (fig. 52) et on aura ensuite amené en face du repère la graduation 3.000 qui correspond à 84 millièmes d'angle de tir.

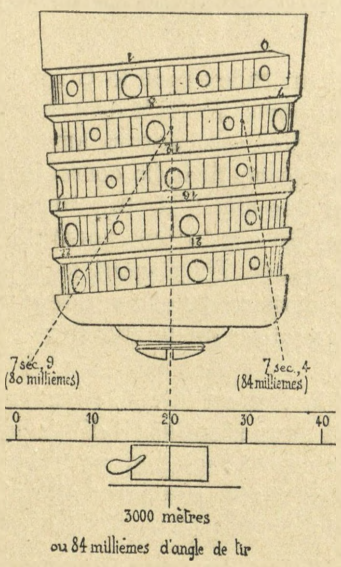


Fig. 52.

Or, l'agencement mécanique intérieur du débouchoir est tel que :

1° Le mouvement de rotation du cadran dans le sens des portées croissantes fait monter les manchons ;

2° Que les correspondances des graduations horizontales étant celles indiquées sur la figure 52 : *20 — repère du cor-*

recteur — 3000, la graduation de la fusée qui sera en présence de la lame sera celle d'une durée de combustion et de trajet de 7 sec. 6 correspondant non pas à l'angle de tir 84 millièmes de 3.000 mètres (pour lequel la durée de trajet est 7 sec. 9), mais à l'angle de tir 81 millièmes de 2.920 mètres. Il y aura donc un écart de 3 dixièmes de seconde environ entre les deux durées et un écart de 3 millièmes entre les deux angles de tir correspondants.

En fait, l'éclatement se produira à 3 millièmes au-dessus du but, c'est-à-dire à la hauteur-type et, en chiffres ronds, avec une diminution de 3 dixièmes de seconde sur le trajet normal.

Si l'on fait ces mêmes évaluations à d'autres distances, par exemple aux environs de 1.000 mètres ou de 4.000 mètres, on trouve que la loi se vérifie à peu de chose près sur toute l'échelle des portées et qu'une augmentation d'angle de tir de 1 millième correspond sensiblement à une augmentation de 1 dixième de seconde dans la durée de trajet.

Dès lors le pas de vis qui fait monter les manchons d'ogive étant constant et égal à celui du serpentin fusant, la composition de celui-ci étant d'ailleurs supposée homogène, on pourra admettre sans erreur sensible que le déplacement angulaire du cadran correspondant à une différence en portée de 1 millième est constant et égal au déplacement angulaire correspondant à une différence de un dixième de seconde dans la durée de combustion du serpentin de la fusée.

En résumé :

1° Le cadran étant actionné par la manivelle, toutes ses divisions en distances passent devant le trait de repère du correcteur ;

2° Les manchons d'ogive, entraînés par un jeu d'engrenages en même temps que le cadran, tournent aussi et, comme ils sont montés sur écrou, ils s'élèvent ou s'abaissent suivant le sens dans lequel on tourne ;

3° La fusée, solidaire du manchon grâce au tenon qui est pris dans l'encoche, tourne en s'élevant ou s'abaissant et, comme le pas du filetage des manchons d'ogive égale celui du serpentin fusant, toute la graduation de la fusée vient défiler en face de la pointe de la lame ;

4° Le correcteur étant à 20, le nombre de millièmes de portée auquel correspond le débouchage (durée de combustion de la fusée) est égal au nombre de millièmes correspondant à la portée lue en face du repère du correcteur, diminué de la hauteur-type. Autrement dit, avec le 75, lorsqu'on débouche à 3.000 avec correcteur 20, la disposition du débouchoir, ci-dessus indiquée, est telle que le projectile éclate à 2.920, à la hauteur-type de 3 millièmes.

Ceci posé, considérons un canon K, établi sur un plan KH (fig. 53) et tirant avec des portées diverses KB, KB_1, KB_2, KB_3 sur des trajectoires successives T, T_1, T_2, T_3.

Menons par le point K une droite KP*n* faisant avec KH

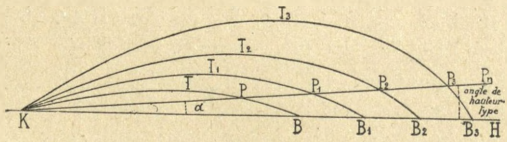


Fig. 53.

un certain angle α (qui peut être par exemple, l'angle correspondant à la hauteur-type).

Il est évident que les points en ligne droite P, P_1, P_2, P_3, où la ligne KP coupe les trajectoires successives, seront les points de ces trajectoires où l'on verra les éclatements à la hauteur de α millièmes (à la hauteur-type si l'angle α est celui de la hauteur-type).

La réciproque est évidemment vraie et les points joignant les hauteurs-type pour les portées successives se trouvent sur une même ligne droite faisant avec le plan de site un angle égal à celui adopté comme hauteur-type du calibre qu'on emploie (3 millièmes pour le 75, 4 millièmes pour le 90).

Tirons maintenant quelques conclusions des considérations qui précèdent.

Comme on l'a indiqué précédemment, le débouchoir a été construit et gradué de telle sorte que lorsqu'on prend le correcteur 20 et que tout fonctionne normalement (durée de combustion, etc...), les éclatements se produisent automatiquement à la hauteur-type sur les points en ligne droite

P, P_1, P_2, P_3, la ligne de ces points faisant avec KH un angle égal à l'angle de hauteur-type.

Si, cependant, tout ne fonctionne pas comme on devait s'y attendre, l'expérience montre que néanmoins, avec un correcteur, quel qu'il soit, les éclatements, sur des trajectoires successives T, T_1, T_2, T_3, se produiront toujours en des points P', P'_1, P'_2, P'_3 situés en ligne droite (fig. 54).

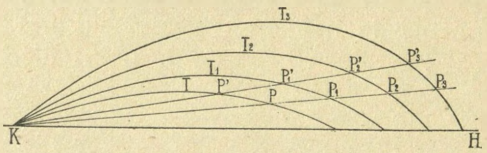


Fig. 54.

Pour ramener la hauteur d'éclatement à la normale, le capitaine n'aura donc qu'à évaluer l'angle de la droite P'_3K avec la droite de hauteur-type P_3K et à diminuer (comme dans le cas de la figure) ou augmenter le correcteur en conséquence.

En dehors des irrégularités possibles, mais relativement rares, de combustion de la composition fusante, une des causes les plus fréquentes d'anomalie dans les hauteurs d'éclatement n'est autre que l'appréciation erronée de l'angle de site. Aux critiques des écoles à feu, lorsqu'un réglage fusant a été manqué, les déboires du commandant de batterie sont souvent mis sur le compte du mauvais fonctionnement des fusées. Mais en fait, lorsqu'on y regarde d'un peu près, on découvre presque toujours que des erreurs de débouchage ou d'angle de site sont les seules causes de l'irrégularité des éclatements.

Au surplus la question est assez importante pour être examinée d'un peu près.

Soit un canon K tirant sur un but B (fig. 55) dont l'angle de site BKH est égal à σ. Supposons qu'on fasse une erreur ε sur l'angle de site auquel on attribue alors la valeur

$$\varepsilon + \sigma = \text{EKH}.$$

Cette erreur étant faite, lorsqu'on tirera avec la portée KM sur le plan de site véritable, on n'aura en fait que la hausse de la portée KN, N étant le point où la trajectoire coupe le plan de site erroné.

On débouchera donc par rapport à ce plan de site et cette

portée KN, au lieu de déboucher par rapport au plan de site et à la portée KM.

Les angles RKN et PKM étant égaux à α, et α représentant l'angle de hauteur-type, l'éclatement se produira en R au lieu de se produire en P. L'écart en hauteur de l'éclatement sera l'angle RKP, qui, comme la figure le montre, est précisément égal à l'angle ε, c'est-à-dire à l'erreur commise sur l'angle de site.

Pour ramener la hauteur d'éclatement normale, il y a deux moyens : ou bien abaisser le point d'éclatement de

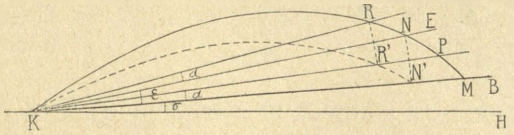


Fig. 55.

R en P en diminuant le correcteur de ε divisions (ε étant évalué en millièmes et en admettant comme nous l'avons indiqué plus haut qu'une division du correcteur équivaut à un millième d'angle) ; ou bien agir sur l'angle de site en conservant le correcteur 20 et abaisser la trajectoire de l'angle ε. Le point N viendra ainsi en N′ et le point R en R′. L'éclatement se fera à la hauteur-type et continuera à se produire à cette hauteur pour les différentes portées sur le plan de site KB de l'objectif.

En résumé :

σ étant l'angle de site véritable, si par suite d'une erreur on prend pour angle de site $\sigma \pm \varepsilon$ il faudra prendre le correcteur $20 \mp \varepsilon$ pour obtenir la hauteur-type d'éclatement.

La somme de l'angle de site qu'on a pris et du correcteur qui convient à cet angle est donc constante et égale à $\sigma + 20$.

On a même là un moyen d'évaluer l'erreur commise sur l'appréciation de l'angle de site.

Supposons par exemple qu'il faille descendre au correcteur 7 pour obtenir la hauteur-type. On en conclut que l'évaluation de l'angle de site de départ est trop forte de $20 - 7 = 13$ millièmes.

S'il faut monter au correcteur 29 pour avoir la hauteur-type, on en conclut que l'évaluation de l'angle de site de départ est trop faible de $29 - 20 = 9$ millièmes.

On pourra donc, si on le juge plus commode, revenir au correcteur normal en faisant les modifications convenables à l'angle de site.

IV. — Moyens de communication a distance.

Pour tous les tirs d'artillerie, l'existence et le bon fonctionnement des moyens de communication à distance constituent un facteur essentiel d'efficacité.

Dans l'artillerie de campagne les principaux de ces moyens sont :

1° Les agents de liaison et de transmission ;

2° Les signaux à bras ;

3° Le téléphone.

Personnel. — Tous les agents de liaison et de transmission, ainsi que tous les éclaireurs d'une batterie doivent recevoir les instructions relatives à la transmission par signaux et par téléphone.

En outre, *tous les officiers et les gradés* doivent pouvoir transmettre ou recevoir les communications alphabétiques Morse.

Matériel. — Les groupes et batteries de campagne disposent de matériel micro-téléphonique de campagne qui leur est distribué suivant leurs besoins.

Il y a intérêt à ce que chaque commandant de groupe possède environ 6 kilomètres de fil et chaque commandant de batterie, environ 3 kilomètres.

En principe, les signaux sont faits, pendant le jour, avec les bras.

En outre, pour augmenter en cas de besoin la portée des signaux à bras ou pour les rendre plus distincts, on emploie des *fanions éventails* carrés à double face.

Chaque batterie doit avoir au moins deux paires de fanions.

Enfin, chaque batterie doit être pourvue *d'une lanterne à signaux* pour les transmissions de nuit.

Transmissions par signaux. — Les signaux à bras employés par les batteries de campagne comprennent :

1° Les signaux en usage dans toutes les armes ;

2° Les signaux particuliers à l'artillerie de campagne.

Dans les circonstances normales, les signaux à bras peuvent donner des résultats satisfaisants jusqu'à :

700 mètres sans fanion ;

1.500 mètres avec fanion ;

2.500 mètres avec fanion et emploi de la jumelle ;

3.000 mètres, de nuit, avec lanterne à signaux, au besoin en employant la jumelle.

Le principal système de *signaux communs à toutes les armes* est *l'alphabet Morse*. Les signaux sont représentés :

De jour : le point, par l'apparition d'un seul bras ou d'un seul objet ; le trait, par l'apparition de deux bras ou de deux objets ;

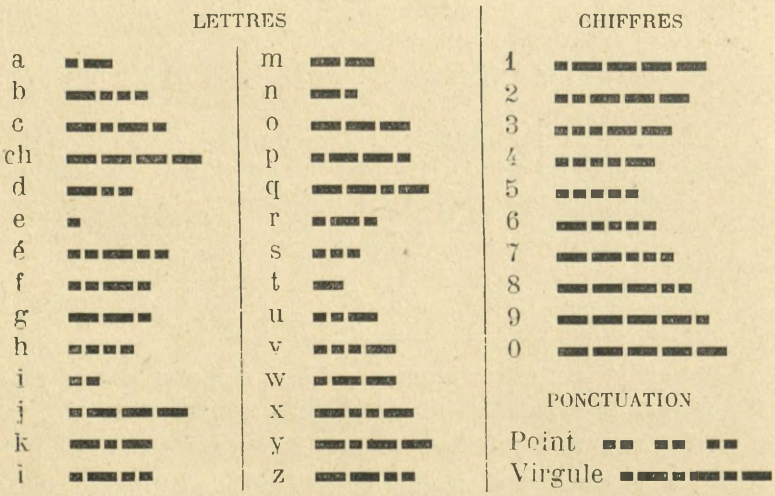
De nuit : le point, par une émission lumineuse courte (une demi-seconde) ; le trait, par une émission lumineuse longue (deux secondes).

Lorsque les circonstances permettent de transmettre sans gêne, debout ou à genoux, les bras sont placés horizontalement à hauteur de l'épaule pour figurer le point ou le trait.

L'intervalle entre les signaux d'une même lettre, est d'environ une demi-seconde.

L'intervalle entre deux lettres d'un même mot, entre deux chiffres, avant ou après un signe de ponctuation, est d'environ 4 secondes.

ALPHABET MORSE



PRINCIPAUX SIGNAUX DE SERVICE.

Appel : ▬▪▬▪▬▪▬▪▬, etc..., continuer jusqu'à ce que le correspondant réponde.

Invitation à transmettre (BR) : ▬▪▪▪ ▪▬▪

Erreur (7 points au moins) : ▪▪▪▪▪▪▪▪▪

Attente (AS) : ▪▬ ▪▪▪

Compris (IR) : ▪▪ ▪▬▪

Fin de mot : Donner le point. (après chaque mot, le transmetteur s'arrête jusqu'à ce que le récepteur donne « le point » ; le récepteur reconnaît de son côté la fin du mot à l'arrêt du transmetteur.

Fin de transmission (AR) : ▪▬ ▪▬▪

SIGNAUX CONVENTIONNELS.

Les signaux conventionnels doivent être connus du plus grand nombre d'hommes possible, en dehors des gradés et des éclaireurs.

Munitions.....	(M) ▬▬	répété plusieurs fois.			
Ennemi.....	(E) ▪	—	—	—	
Infanterie.....	(I) ▪▪	—	—	—	
Cavalerie.....	(C) ▬▪▬▪	—	—	—	
Allonger le tir — Artillerie.....	(T) ▬	—	—	—	

Il existe en outre un système de *signaux particuliers à l'artillerie*, spécialement établi pour faciliter le commandement à distance du tir des batteries.

On fait usage, à cet effet, d'un code de signaux à bras permettant une transmission beaucoup plus rapide qu'avec l'alphabet Morse.

Ce code de signaux est basé sur les règles suivantes :

1° A chaque chiffre correspond un geste. On transmet un nombre en transmettant successivement tous ses chiffres.

2° A chaque *commandement* formé d'un ou plusieurs mots (autres que les nombres) correspond un geste.

3° Deux hommes A et B sont nécessaires pour la transmission des ordres : l'homme A reçoit l'ordre et le traduit en gestes ; l'homme B lit les gestes, les traduit en langage ordinaire et répète les commandements en gestes pour que l'homme A s'assure qu'il a été bien compris.

4° Avant de commencer la transmission d'un ordre, l'homme A fait le signal *attention* jusqu'à ce que l'homme B ait reproduit ce signal. Il transmet ensuite *entièrement* le commandement, puis fait le signal *fin de commandement*. L'homme B, après avoir répété le commandement, fait à son tour le même signal.

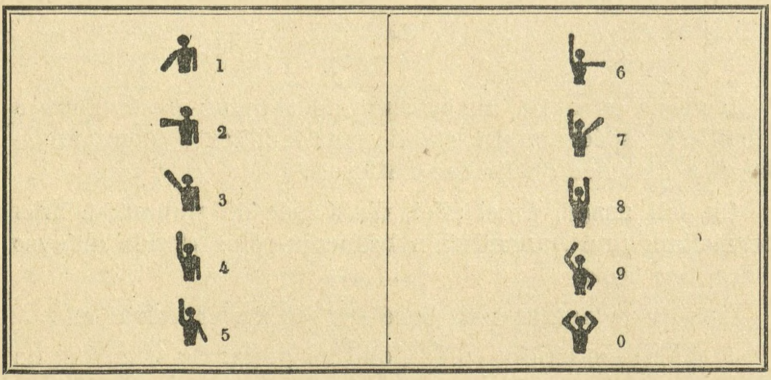
5° L'homme A peut être le brigadier de tir ; l'homme B peut être un homme d'un caisson de ravitaillement et, au besoin, le maréchal des logis mécanicien.

6° Lorsque l'homme B a mal compris un signal, il fait le geste *pas compris*. L'homme A reprend alors intégralement la transmission du commandement.

De même, si l'homme B répète mal un commandement qu'il croit avoir compris, l'homme A fait le geste : *pas compris* et reprend intégralement la transmission du commandement.

7° Les figures ci-dessous représentent un poste transmetteur vu du poste récepteur.

CHIFFRES (1)



(1) On peut encore inscrire les chiffres à grands traits dans le ciel.

COMMANDEMENTS

INDICATIONS A TRANSMETTRE	GESTES	OBSERVATIONS
Attention.....	Le bras vertical, en l'air, tenant le képi.	
Halte au feu.....	Geste : « Halte », d'un seul bras.	Elever le bras tendu verticalement, l'abaisser complètement, la main dirigée vers la terre.
Cessez le feu.....	Geste : « Halte », des 2 bras.	
Erreur (ou pas compris).....	Geste de dénégation ou d'effacer au tableau.	
Fin de signal ou du commandement.....	Etendre les 2 bras horizontalement.	Rappelle la lettre T, initiale du mot terminé.
Augmentez.....	Geste : « Au trot ».	Le bras demi tendu, le poignet à hauteur de l'épaule, élever et abaisser plusieurs fois la main verticalement.
Diminuez.....	Geste : « Au pas ».	Donner au bras tendu latéralement à hauteur de l'épaule un mouvement lent et alternatif de haut en bas et de bas en haut.
Echelonnement....	Faire avec les bras et les jambes le simulacre de monter à l'échelle.	
Angle de site (plus)	Etant de profil, mettre un bras horizontal, l'autre à 45° vers le haut.	
Angle de site (moins)	Etant de profil, mettre un bras horizontal, l'autre à 45° vers le bas.	
Par la droite (gauche) par batterie.	Geste : « En bataille », fait avec le bras gauche (droit) le bras droit (gauche) tendu horizontalement sur le côté.	Elever le bras verticalement, l'incliner successivement plusieurs fois, de droite à gauche.
Par la droite (gauche) par section.	Geste « En bataille » fait avec le bras gauche (droit), le poing droit (gauche) sur la hanche.	

INDICATIONS A TRANSMETTRE	GESTES	OBSERVATIONS
Correcteur.....	Les 2 bras étendus à 45° vers le haut.	Simule les éclatements en l'air. 
Tir percutant.....	Les 2 bras étendus à 45° vers le bas.	Simule les éclatements par terre. 
Telle pièce.....	Poing gauche sur la hanche, le bras droit indiquant le n° de la pièce.	
Telle pièce n'a pas tiré.....	Signal précédent, suivi du geste : zéro.	
Plus loin.....	Geste : « Au trot », la main tenant le képi.	
Plus près.....	Geste : « Au pas », la main tenant le képi.	
Tir à obus explosifs.....	Geste de boxer.	
Par tant (par exemple : par 3).	Geste : « Trois », suivi du geste : « Au galop ».	Exécuter plusieurs fois la rotation du bras d'avant en arrière.
Tir progressif.....	Geste : « Au galop », des 2 bras.	
Fauchez.....	Geste du faucheur.	
Fauchez double....	Geste du faucheur, la main tenant le képi.	
Mêmes éléments...	Placer les 2 poings sur les hanches.	
Inscrivez les dérives.....	Geste d'inscrire dans l'espace.	
En surveillance....	Se mettre de profil dans la position : « En joue » du tireur debout.	
Plateau.....	Tourner vivement sur soi-même, les 2 bras étendus horizontalement.	Les bras se meuvent sur un plan horizontal.
Tambour.....	Geste de battre le tambour.	
Abritez-vous.....	Geste de s'accroupir.	
Amenez les avant-trains.....	Geste : « En bataille », la main tenant le képi.	

SIXIÈME PARTIE

MUNITIONS ET ARTIFICES

I. — Gargousses et projectiles.

Les munitions de 75 faisant l'objet de documents spéciaux, on se bornera dans ce qui suit à décrire les munitions de 90.

Ces munitions comprennent les *gargousses* et les *projectiles*.

Gargousses. — Une gargousse se compose de deux parties : l'enveloppe et la charge de poudre.

L'enveloppe, ou sachet, est confectionnée avec de la toile amiantine ordinaire ; elle a la forme d'un cylindre, fermé à une extrémité par un culot de même étoffe ; ses dimensions sont d'environ 490 m/m de longueur et 75 m/m de diamètre. La toile amiantine est un tissu en bourre de soie dont la propriété est de brûler sans laisser de résidus enflammés.

La charge normale de guerre est constituée, soit par une charge de 1 kg. 900 de poudre C_1, soit par une charge de 0 kg. 720 de poudre BC ; cette dernière est amorcée par un appoint de 0 kg. 015 de poudre C_1 placé au culot du sachet et maintenu en place par un disque de toile amiantine appelé faux culot. Cet appoint de 15 grammes de poudre C_1, a pour but de faciliter l'inflammation de la poudre B.

Projectiles. — Le canon de 90 tire les projectiles suivants:

1° *Obus ordinaire M^le 1877.* Cet obus est en fonte et peut être chargé soit en poudre noire (poids 8 kg. 000), soit en

explosif (poids 8 kg. 200). Ce projectile n'est plus employé pour les tirs de guerre.

2° *Obus à balles M^le 1879* (poids 8 kg. 150). Ce projectile est constitué par une enveloppe en fonte renfermant un noyau formé par des couronnes de balles en fonte ; la charge d'éclatement en poudre noire remplit le vide central des couronnes de balles. Ce projectile n'est plus fabriqué.

3° *Obus à mitraille M^le 1883* (poids 8 kg. 685). Cet obus se compose d'une enveloppe en tôle d'acier ; la partie inférieure est sertie sur un culot en acier et fixée au moyen de la ceinture en cuivre ; dans la partie supérieure de l'enveloppe formant ogive se trouve une grenade en fonte qui porte l'œil du projectile et reçoit la charge d'éclatement (0 kg. 130 de poudre F_3).

Entre le culot et la grenade se trouve une pile de galettes en fonte présentant sur les deux faces des alvéoles demi-sphériques destinées à recevoir les balles ; ces dernières sont en plomb durci.

L'obus à mitraille est armé de la fusée à double effet de 30/38 M^le 1884 T.

4° *Obus allongé M^le 1888* (poids 8 kg. 450). Cet obus est en acier étamé et verni intérieurement ; il reçoit une charge d'explosif qui peut être soit fondue, soit comprimée. Sur l'œil de l'obus est vissée une gaîne destinée à recevoir le système d'amorçage qui comprend :

Un détonateur pour obus M^le 1888 ;
Une fusée percutante de 22/31 système R.
} Voir la description plus loin.

5° *Boîte à mitraille pour canon de 90* (poids 7 kg. 480).

Cette boîte à mitraille se compose d'un cylindre formé d'une feuille de zinc, fermé à chaque extrémité par un disque de même métal. Sur un de ces disques est fixée une rondelle en noyer et une ceinture en cuivre dont l'ensemble constitue le culot. Sur le culot est fixée une anse en fil de fer pour faciliter les manipulations.

La boîte à mitraille renferme 123 balles en plomb d'un diamètre de 20 m/m et pesant 44 grammes ; ces balles sont agglomérées par du soufre fondu.

Les figures 56, 57 et 58 ci-dessous donnent les renseignements nécessaires sur ceux de ces divers projectiles qui sont encore en service.

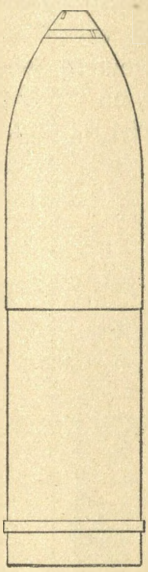


Fig. 56.
Obus allongé
Peint en jaune
Poids : 8 kg 450

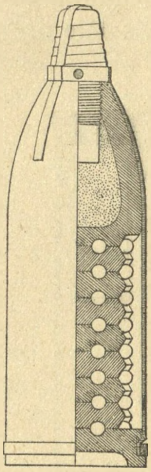


Fig. 57.
Obus à mitraille
Peint en rouge
Poids : 8 kg. 685

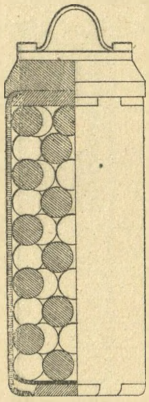


Fig. 58.
Boîte à mitraille
Poids : 7 kg. 480
(123 balles)

L'obus à mitraille de 90 donne environ 240 fragments.

II. — Détonateurs et fusées.

Les détonateurs et fusées sont des artifices destinés à assurer l'éclatement des projectiles percutants (obus à mitraille tirés percutants ou obus explosifs) ou fusants (obus à mitraille tirés fusants).

Détonateur pour obus. — Le détonateur pour obus est un artifice destiné à produire l'explosion totale du projectile.

Il contient une petite charge de mélinite pulvérulente amorcée que l'on place entre la fusée et la charge d'explosif de l'obus pour actionner cette dernière et obtenir sa détonation complète (fig. 59, 60 et 61).

Le détonateur pour obus M[le] 1888 comprend :

1° *Le corps du détonateur et sa tête.* Le corps est formé d'un tube cylindrique en laiton, fermé par le bas, étamé et verni intérieurement ; la tête cylindrique, également en laiton, est prolongée par la douille porte-amorce en cuivre embouti, étiré et étamé. Cette tête présente, extérieurement,



Fig. 59.

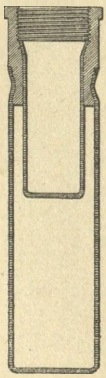


Fig. 60.

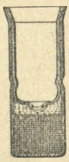


Fig. 61.

une gorge circulaire dans laquelle est serti le corps du détonateur et un taraudage intérieur pour le vissage du bouchon porte-retard.

2° *La charge*, composée de 11 grammes de mélinite pulvérulente comprimée.

3° *L'amorce*, du modèle 1893 ; elle comprend :

a) Un grand tube en cuivre évasé à son ouverture ;

b) Un tube d'appui en cuivre, évasé à son ouverture ;

c) Une charge de deux grammes de fulminate de mercure ;

d) Une rondelle en feutre interposée entre le tube d'appui et la charge ;

e) Un disque en calicot, fermant la petite ouverture du tube d'appui.

4° *Le bouchon porte-retard* en laiton, vissé dans la tête du détonateur (fig. 62) ; sa queue s'engage dans le vide de l'amorce.

A l'intérieur il contient un massif de poudre comprimée avec âme centrale, surmontée d'une pastille d'allumage également en poudre comprimée et enfermant un brin de mèche à étoupille.



Fig. 62.

Le retard de l'obus allongé de 90 est de 0 seconde.

5° *L'organe de calage*, constitué par une rondelle en feutre collée à la partie inférieure du détonateur ; il a pour but d'éviter tout choc au moment du départ du coup.

Fusée percutante de 22/31, système R. — L'appareil percutant comprend :

Un porte-amorce, un ressort de sûreté, une agrafe d'armement et un ressort d'armement.

Ces divers éléments sont logés dans un corps de fusée en laiton, fermé d'une part par un bouchon rugueux et de l'autre par un bouchon de queue (fig. 63).

1° *Le corps de fusée* est en laiton ; sa tête de forme tronconique est terminée par un méplat. Deux encoches pratiquées sur la tête servent à visser la fusée sur l'obus au moyen d'une clef. La queue est formée d'une partie cylindrique présentant extérieurement une partie filetée. Le corps est percé suivant son axe d'un canal central, fermé du côté de la tête par un bouchon rugueux et du côté de la queue par un bouchon de queue.

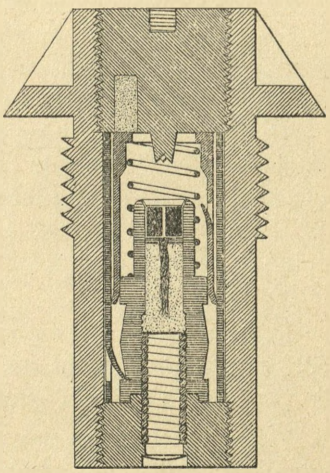


Fig 63.

2° *Le porte-amorce* en laiton présente extérieurement deux parties : l'une, supérieure, est cylindrique ; l'autre, d'un diamètre plus grand, forme, à son raccord avec la partie supérieure, un ressaut sur lequel s'appuie la base du ressort d'armement ; cette partie est évidée annulairement de manière à former deux crans. Le cran inférieur sert d'appui aux languettes de l'agrafe de sûreté pour le calage du porte-

amorce dans les manipulations et les transports. Le cran supérieur sert, dans l'armé, à l'accrochage de l'agrafe d'armement.

Intérieurement, le porte-amorce présente deux chambres séparées par une cloison percée. En haut celle de l'amorce, en bas celle de la chambre à poudre.

La partie inférieure de cette dernière est taraudée pour permettre d'y visser l'extrémité supérieure du ressort de sûreté.

3° *Le ressort de sûreté* est en fil de laiton. Il est vissé mi-partie dans le porte-amorce et mi-partie dans le bouchon de queue. Ce ressort a pour but d'empêcher le rebondissement du porte-amorce au choc d'armement.

4° *L'agrafe de sûreté* est constituée par un tube cylindrique en laiton, dans la partie inférieure duquel sont découpées 3 languettes tournées vers le bas et formant ressort vers l'intérieur. Ces languettes prennent appui sur le cran inférieur du porte-amorce et empêchent celui-ci de se porter en avant pendant les manipulations.

5° *L'agrafe d'armement*, en laiton embouti et étiré, a la forme d'un dé à culot épais et à parois amincies. Le culot est percé d'un trou d'un diamètre un peu supérieur à celui de la partie cylindrique du porte-amorce.

Dans la partie amincie du dé sont découpées trois languettes tournées vers le haut et destinées à produire l'accrochage à l'armé de la fusée.

Cette agrafe, placée à l'intérieur de l'agrafe de sûreté, coiffe le ressort d'armement et s'appuie par son culot contre le bouchon rugueux.

6° *Le ressort d'armement* en fil de laiton s'appuie d'un côté sur l'épaulement du porte-amorce et de l'autre contre le fond de l'agrafe d'armement.

7° *Le bouchon rugueux* présente autour du rugueux trois canaux remplis de poudre destinée à renforcer le jet de flamme fourni par le porte-amorce.

8° *Le bouchon de queue* en laiton se visse dans la queue de la fusée et maintient tout le système.

Fonctionnement. — Au départ du coup, le projectile est poussé en avant par les gaz de la charge ; l'agrafe d'armement, en vertu de son inertie, reste en arrière, écrase le

ressort d'armement, dégage avec sa partie inférieure les languettes de l'agrafe de sûreté du cran inférieur du porte-amorce et s'accroche, par ses trois languettes au cran supérieur. A partir de ce moment, l'ensemble : porte-amorce, ressort d'armement et agrafe d'armement ne forme plus qu'un seul bloc et l'amorce affleure la partie supérieure.

A l'arrivée, au choc du projectile sur le sol, le bloc formé par le porte-amorce et l'agrafe d'armement se porte en avant en déformant le ressort de sûreté, l'amorce vient frapper contre le rugueux, détone, met le feu à la charge du porte-amorce et à la poudre des canaux du bouchon porte-rugueux; ces gaz enflammés communiquent le feu au bouchon porte-retard et, par suite, à l'amorce du détonateur qui provoque l'explosion du projectile.

Fusée à double effet de 30/38 Mle 1884 T. — La fusée à double effet de 30/38 arme tous les obus à mitraille de 90 m/m ; elle comprend les éléments suivants (fig. 64) :

1° *Le corps de fusée* en bronze ou laiton, présentant un plateau qui sert d'appui au barillet et au chapeau, et une partie cylindrique filetée sur une partie de sa hauteur.

Cette partie cylindrique, ou queue de la fusée, renferme l'appareil percutant.

Le plateau est traversé par un canal horizontal communiquant avec le tube fusant par l'intermédiaire d'un petit tube en cuivre doré ;

2° *La tige-bouchon* en laiton se vissant par sa partie médiane dans le corps de fusée sur lequel elle s'appuie par une embase circulaire ; elle porte à sa partie inférieure le rugueux de l'appareil percutant.

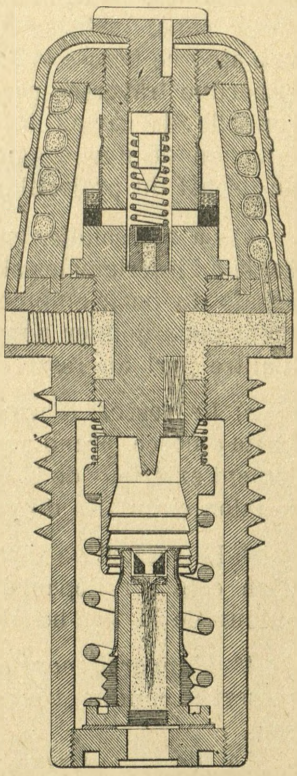


Fig. 64.

Une gorge circulaire, ménagée dans la partie filetée de la tige qui s'engage dans le corps de la fusée, constitue, avec le canal horizontal du plateau, la chambre à poudre de la fusée.

La partie supérieure de la tige est évidée et renferme l'appareil concutant ; un petit canal percé à hauteur de la rondelle de poudre comprimée fait communiquer l'évidement de la tige avec la chambre du barillet.

3° *L'appareil percutant* du modèle S comprend :

a) Un porte-amorce en laiton, de forme cylindrique terminé en bas par un talon circulaire ; la partie cylindrique présente extérieurement, immédiatement au-dessus du talon, une partie striée sur laquelle est fixée une rondelle filetée en étain ; à la partie supérieure une petite gorge circulaire dans laquelle est serti un dé-agrafe destiné à produire l'accrochage du système au moment de l'armement.

Le canal intérieur du porte-amorce contient : à l'avant une amorce percée et à l'arrière une petite charge de poudre superfine traversée par un brin de mèche à étoupille ; une rondelle de carton interposée entre le porte-amorce et le bouchon de queue amortit le choc des parties métalliques au départ du projectile ;

b) La masselotte, en laiton et de forme cylindrique, présente à l'intérieur les stries nécessaires à l'accrochage du déagrafe du porte-amorce ; elle porte à l'extérieur un épaulement pour donner appui d'une part au ressort de sûreté et d'autre part au ressort d'armement ;

c) Le ressort d'armement, en laiton et placé autour du porte-amorce, prend appui à sa partie supérieure sur l'épaulement extérieur de la masselotte et à sa partie inférieure sur le talon circulaire du porte-amorce ;

d) Le ressort de sûreté, également en laiton, prend appui d'un côté sur l'épaulement de la masselotte et de l'autre autour de la tige-bouchon.

4° *L'appareil concutant* comprend un porte-amorce, un ressort à boudin et un rugueux mobile supporté par le ressort.

La vis de serrage du chapeau ferme le logement du concuteur.

5° *La rondelle de transmission*, en poudre comprimée, maintenue en place par un manchon en laiton serti dans une gorge de la tige.

Cette rondelle est destinée à transmettre le feu au tube fusant.

6° *Le barillet et son écrou de serrage.* — Le barillet est en métal mou (plomb, étain et antimoine) ; il a une forme tronconique et présente à l'extérieur une gorge en forme de spirale qui sert de logement au tube fusant. Le barillet repose par sa grande base sur le plateau. Un écrou de serrage en laiton fixe le barillet contre le plateau du corps de fusée.

7° *Le tube fusant*, en plomb étiré à la filière, renfermant une composition fusante qui brûle avec une vitesse d'environ 13 $^{m}/^{m}$ par seconde.

Ce tube est enroulé sur le barillet ; son extrémité inférieure communique par l'intermédiaire du tube doré avec le canal horizontal qui traverse le plateau du corps de fusée.

8° *Le chapeau et sa vis de serrage.* — Ces deux pièces sont en laiton.

Le chapeau en forme de calotte présente :

Vingt-trois trous marqués de 0 à 22 correspondant à des nombres entiers de secondes, et vingt-deux trous plus petits placés au milieu des intervalles et correspondant à des demi-secondes.

Enfin, des traits espacés d'une quantité convenable indiquant les dixièmes de seconde.

Un trou d'échappement ménagé dans le haut du chapeau et du barillet donne issue aux gaz de la rondelle de poudre comprimée quand on emploie la fusée comme percutante.

La vis de serrage, vissée dans le logement du système concutant, ferme le logement du système concutant et maintient le chapeau en place ; une goupille empêche le dévissage.

Fonctionnement : Système fusant. — Au départ du coup, le rugueux de l'appareil concutant fait fléchir le ressort qui le supporte et vient piquer dans l'amorce placée à l'arrière. Cette amorce prend feu et enflamme la rondelle de poudre comprimée qui remplit de gaz enflammés toute la capacité intérieure du barillet.

Si l'on n'a débouché aucun évent, ces gaz s'échappent par le trou non numéroté du chapeau sans enflammer le tube fusant.

Si, au contraire, on a débouché un évent, c'est-à-dire percé en même temps le tube fusant et le barillet en un point choisi, les gaz enflammés, fournis par la rondelle de poudre comprimée, s'échappent en partie par cet évent débouché et allument en passant le tube fusant qui brûle alors en deux tronçons : le tronçon antérieur brûle sans résultat ; le tronçon postérieur aboutissant à la chambre à poudre, et par là à l'intérieur du projectile, détermine l'explosion de ce dernier lorsqu'il arrive au terme de sa combustion.

Par le choix de l'évent débouché, on peut faire varier suivant les besoins du tir la durée de la combustion et par suite la position sur la trajectoire du point d'éclatement en l'air.

Système percutant. — Si l'on n'a pas débouché, la fusée fonctionne comme percutante.

Au départ du coup, le projectile est poussé en avant par les gaz de la charge ; la masselotte, en vertu de son inertie, reste en arrière, écrase le ressort d'armement ; le dé-agrafe du porte-amorce s'engage dans les stries de la masselotte, le ressort de sûreté se détend et empêche le rebondissement. A partir de ce moment, le porte-amorce, le ressort d'armement et la masselotte ne forment plus qu'un seul bloc et l'amorce affleure la partie supérieure.

Au choc du projectile sur le sol, le bloc ainsi formé se porte en avant en écrasant le ressort de sûreté, l'amorce vient frapper le rugueux, détone, met le feu à la charge du porte-amorce et par suite à la charge intérieure du projectile.

Mise de feu dans les canons de 90. — Dans le canon de 90, le feu est transmis à la gargousse à l'aide d'un artifice appelé étoupille à friction.

Les étoupilles à friction actuellement en service sont de 6 modèles différents ; le dernier modèle seul continue à être fabriqué : c'est l'étoupille modèle 1885 M.S.R.

Description. — L'étoupille M^le^ 1885 M.S.R. (fig. 65 et 66) comprend :

Un petit tube chargé en composition fulminante, un

rugueux, un grand tube, un tampon en bois de noyer, une charge de poudre, une rondelle de frottement et une rondelle d'appui.

Le petit tube est en cuivre ; il est fermé à une de ses extrémités et verni ; son culot est percé d'un trou pour le passage de la tige du rugueux. Dans le fond de ce tube est tassée la composition fulminante du dosage suivant :

Chlorate de potasse. 1
Sulfure d'antimoine. 2

Le rugueux est constitué par un fil de laiton cuivré ; une de ses extrémités présente une palette pliée en crochet, un renflement ou masselotte et une partie aplatie taillée en dents de scie sur les bords. Le corps du rugueux traverse la composition fulminante contenue dans le petit tube. L'autre extrémité est repliée en forme de boucle pour recevoir le crochet du tire-feu ; les spires de la boucle sont soudées.

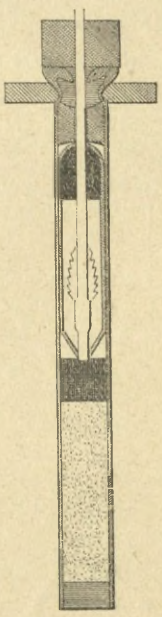


Fig. 65.

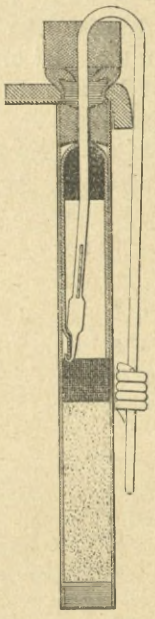


Fig. 66.

Le grand tube est en cuivre ; il est fermé à une de ses extrémités qui est bourreletée de manière à former une tête circulaire continue, la tête est percée d'un trou pour le passage de la tige du rugueux.

Au-dessous de la tête est un étranglement destiné à maintenir le tampon en bois de noyer.

La charge de poudre est placée dans le grand tube au-dessous du petit tube ; elle est constituée par un grain cylindrique de poudre comprimée de 1 décigramme et 4 décigrammes de poudre superfine pour artifices placés après le grain et maintenus par un bouchage en cire.

La rondelle de frottement est une rondelle en feutre de $2^{m/m},5$ d'épaisseur, placée sous la tête de l'étoupille et destinée à maintenir celle-ci dans la cuvette de la tête mobile.

La rondelle d'appui est une rondelle en feutre de 4 m/m d'épaisseur enfilée sur le rugueux et poussée contre la tête de l'étoupille sur laquelle elle est collée au moyen d'un mastic.

Fonctionnement. — L'étoupille étant en place dans la lumière du canon et maintenue par la rondelle de frottement, qu'il faut avoir bien soin de chasser à fond dans son logement, si l'on exerce une traction brusque, assez forte, sur la boucle du rugueux, le crochet de la palette se redresse et les dents du rugueux viennent gratter vivement la composition fulminante qui s'enflamme et communique le feu à la charge du grand tube. Celle-ci produit un jet de flamme qui traverse la lumière et vient enflammer la charge de la gargousse.

L'étoupille reste accrochée au tire-feu, car la masselotte du rugueux ne pouvant pas passer à travers le trou du petit tube et du grand tube, le tire-feu amène avec lui les deux éléments de l'étoupille, et les empêche ainsi d'être projetés en arrière.

Précautions à prendre dans l'emploi des étoupilles M^le M.S.R. — Les paquets d'étoupilles doivent être ouverts avec précaution, non pas qu'il y ait crainte d'explosion, mais pour éviter de déchirer les enveloppes ou de déranger les rugueux ; ces derniers doivent être ménagés le plus possible et redressés seulement au moment de s'en servir. Pour redresser le rugueux, prendre une étoupille, la maintenir verticalement, la tête en dessus, entre le pouce et le premier doigt de la main gauche, le pouce appuyé sur la courbure du rugueux, saisir le rugueux avec le pouce et les deux premiers doigts de la main droite et le redresser doucement, sans à-coup ni traction, jusqu'à ce qu'il forme un angle droit avec le grand tube de l'étoupille ; placer l'étoupille dans la lumière en ayant soin de faire pénétrer la rondelle de frottement dans son logement, et engager le crochet du tire-feu dans la boucle du rugueux, en évitant de secouer ou de faire tourner ce dernier.

La plupart des ratés d'étoupille proviennent, ou de l'humidité s'introduisant dans la composition fulminante par l'ouverture de la tête, ou de la désagrégation de la composition par suite d'un mouvement du rugueux dans le petit

tube, ou d'une manière défectueuse de produire la traction sur le rugueux. On peut arriver, en tirant doucement sur le rugueux, à faire rater toutes les étoupilles.

III. — Tir a blanc des canons de 90.

Le tir à blanc est le tir à poudre usité pour les exercices d'instruction et pour les salves de réjouissance ou d'honneur.

La charge de tir à blanc pour canon de 90 comprend :

1° Une gargousse en toile amiantine ordinaire contenant 1 kg. 200 de poudre MC_{30} ;

2° Un faux projectile en carton ; ce faux projectile est destiné à maintenir la gargousse au contact de la tête mobile après la fermeture de la culasse, de manière à assurer la mise de feu.

Ce faux projectile est constitué par un cylindre en carton surmonté d'un tronc de cône également en carton, figurant la fusée.

Le cylindre est fermé à sa base par un disque en toile métallique ou en serge sur lequel prend appui la gargousse lorsqu'on ferme la culasse.

La mise de feu se fait avec l'étoupille à friction.

SEPTIÈME PARTIE

PREPARATION ET EXÉCUTION DU TIR — EXEMPLES DE TIR

I. — Service de la batterie.
Fonctions des officiers, gradés et servants.

Comme on l'a déjà indiqué, la batterie de 90 peut servir : soit comme batterie mobile, les munitions et armements étant transportés par les voitures, soit comme batterie de position, à poste fixe, auquel cas les munitions et armements sont réunis dans des dépôts ou magasins établis à l'avance.

La figure 67, qui répond au premier cas, indique la disposition de la batterie de 90 pour le tir ; dans le second cas, le service de la distribution des munitions est réglé

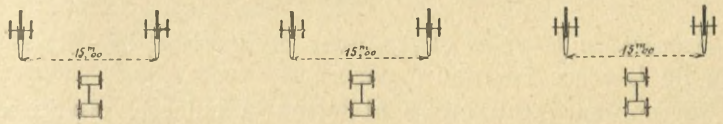


Fig 67.

d'après les emplacements et l'organisation des dépôts de munitions.

Dans les conditions normales, les pièces sont à environ 15 mètres d'intervalle.

Les caissons sont placés approximativement au milieu de l'intervalle des pièces 1 et 2 — 3 et 4 — 5 et 6: ils marquent l'axe des sections.

Il y a intérêt à placer les caissons le plus près possible du front des pièces. Tout est subordonné à la nécessité de

pouvoir dételer le caisson et emmener les chevaux sans passer en avant de la bouche des pièces.

L'axe des caissons doit être parallèle à l'axe des canons. Un caisson vu par le flanc est sensiblement plus vulnérable qu'un caisson vu de face.

La batterie de 90 se subdivise en trois sections.

La section est l'unité de manœuvre.

Elle comprend 2 canons et 1 caisson.

Elle est commandée par un chef de section.

Chaque canon est commandé par un chef de pièce, généralement par un maréchal des logis.

Chaque caisson est commandé par un brigadier.

La section est servie par un *peloton de section*.

Le peloton de section comprend 12 hommes, soit :

Deux pelotons de canon de 5 hommes	comprenant chacun	1 pointeur ; 1 tireur ; 1 pointeur servant ; 2 pourvoyeurs.
Un peloton de caisson commun aux 2 canons, composé de 2 hommes		1 déboucheur ; 1 distributeur.

La batterie de tir est commandée au feu par un officier qui est le lieutenant de batterie, dont le rôle est sensiblement celui du capitaine commandant à l'époque où celui-ci se tenait à côté des pièces pendant le tir.

Service de la pièce et fonctions des servants. — Le service de la pièce est assuré par :

Un pointeur, qui ouvre et ferme la culasse, charge et pointe la pièce ;

Un tireur, qui amorce et met le feu ;

Un manœuvre ou pointeur-servant, qui aide à pointer la pièce en direction ;

Deux pourvoyeurs, qui apportent les munitions à la pièce.

En outre, il existe par groupe de deux pièces :

Un distributeur, qui prend les munitions dans le coffre et les distribue aux pourvoyeurs ;

Un déboucheur, qui est chargé de déboucher les évents.

Les servants se placent comme il est indiqué dans la figure 68.

Fonctions du chef de pièce. — Il veille à la discipline du feu, suit et surveille les opérations du pointeur ; il vérifie le premier pointage.

Il assure la cadence du tir de réglage, c'est-à-dire se préoccupe de déclancher le tir de sa pièce de façon que, les

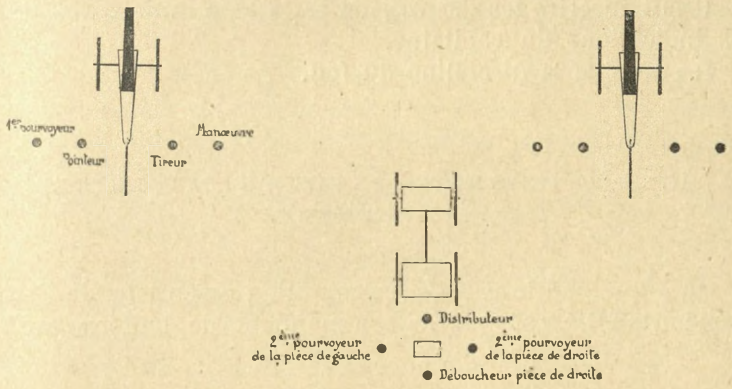


Fig 68.

coups se succèdant à intervalles réguliers, on puisse observer facilement le tableau des éclatements.

Bien que le règlement soit muet sur ce point, il est bon de prescrire que le chef de pièce, se trouvant auprès du pointeur, lui vienne en aide pour tenir alternativement le goniomètre ou le niveau, suivant que le pointeur se sert du niveau ou du goniomètre. On y gagne en rapidité ; en outre, le chef de pièce peut ainsi vérifier plus facilement que la dérive ou les angles sont donnés bien exactement par le pointeur.

Fonctions du chef de section. — Il assure l'exécution des indications qu'il transmet après les avoir reçues du lieutenant de tir. Il transforme en angles de tir (degrés et minutes) les distances données en mètres par le lieutenant de tir.

Fonctions du lieutenant de tir ou de batterie. — Dès l'occupation de la position, il fait former le faisceau sous le régime du parallélisme en employant un des procédés qui sont décrits plus loin ; il accroche la droite de ce faisceau

à un repère (ou point de surveillance) bien net, choisi dans la zone probable des tirs. Puis il oriente ce faisceau suivant les indications qu'il reçoit du capitaine ou de l'observateur.

Il transmet aux chefs de section toutes les indications ou commandements qu'il reçoit du capitaine ou de l'observateur.

Il fait inscrire les dérives, de sa propre initiative ou sur les indications du capitaine.

Il surveille la discipline du feu.

II. — Les plans de tir ; le faisceau ; parallélisme et convergence.

Quel que soit le calibre, la condition essentielle de l'efficacité d'un tir est que le commandant de batterie sache

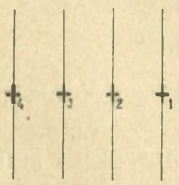


Fig. 69.

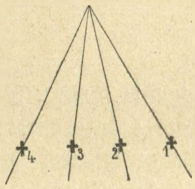


Fig. 70.

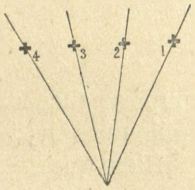


Fig. 71.

manier le faisceau de ses plans de tir. A ce titre, il convient d'indiquer ici quelques principes généraux sur la formation et le maniement du faisceau des plans de tir.

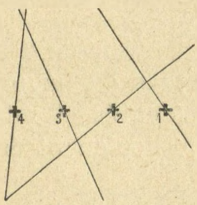


Fig. 72.

Il n'y a de faisceau, dans le sens qu'on doit donner à ce mot, que si les plans de tir affectent l'une des dispositions indiquées par les figures 69, 70 et 71 (dans lesquelles les pièces sont numérotées 1, 2, 3, 4) (1).

Si les plans de tir n'offrent pas l'une

(1) La batterie de 90 est à six pièces. Pour simplifier, les figures n'en indiquent que quatre ; le principe est en effet général.

de ces trois dispositions, s'ils sont placés par exemple comme dans la figure 72, il n'y a pas de faisceau, et on peut dire, presque à coup sûr, que le tir est voué d'avance à la confusion et à l'insuccès.

En d'autres termes, un commandant de batterie ne peut faire de bonne besogne que si, dès la première salve, il a su s'assurer, soit un faisceau parallèle, soit un faisceau convergent.

Encore faut-il faire des réserves dans le cas d'un faisceau convergent, car alors une difficulté subsiste si l'on ignore la position du point de convergence par rapport à la batterie et à l'objectif.

Considérons par exemple (fig. 73) une batterie de 4 pièces (1, 2, 3, 4) ayant à battre un objectif AB, de même front qu'elle, situé à une distance D. Supposons la convergence réalisée en C, à une distance d de la batterie.

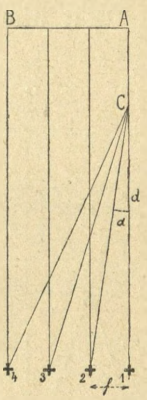


Fig. 73.

Il est évident qu'en fin de compte il faudra couvrir AB, c'est-à-dire tirer à la distance D avec un faisceau parallèle et par conséquent échelonner de $\alpha = \frac{f}{d}$ si le faisceau converge en C.

Or, on ne connaît α, c'est-à-dire l'échelonnement à donner, qu'autant qu'on a pu évaluer la distance d de la batterie au point de convergence.

Cette remarque, faite en passant, montre, dans un cas d'ailleurs particulier, la commodité qu'il y a, pour le commandant de batterie, à manier un faisceau parallèle plutôt qu'un faisceau convergent.

On peut encore dire ceci :

A moins de faire à chaque bond des modifications compliquées d'échelonnement, le front battu par un faisceau convergent varie d'une salve à l'autre.

Supposons, par exemple, qu'un certain échelonnement ayant été donné à l'ouverture du feu, les plans de tir d'une batterie de 4 pièces et de 48 mètres de front convergent à 2.000 mètres. Si l'on déplace par bonds — des bonds dûs au

réglage par exemple — le tableau des points de chute sans toucher à l'échelonnement, le front battu sera :

12 m. à 1.500 m.
0 m. à 2.000 m.
12 m. à 2.500 m.
24 m. à 3.000 m.
36 m. à 3.500 m.
48 m. à 4.000 m.

Le tableau, de largeur variable, de ce front est matérialisé par les éclatements et se projette sur le front, à largeur invariable, de l'objectif ; il en résulte, à chaque bond, une perspective changeante, qui déroute les appréciations et peut conduire à des corrections d'échelonnement du sens opposé à celui qu'il faudrait adopter.

En voici un exemple :

Soit une batterie P_1P_4 dont le faisceau des plans de tir est convergent en M (fig. 74) et qui a pour mission de battre un objectif AB.

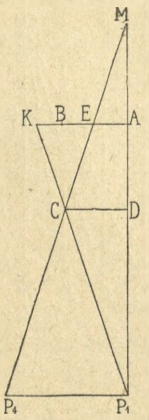


Fig. 74.

Au cours du réglage, le tableau d'une salve courte se fait en CD. La figure montre que le faisceau est manifestement trop étroit ; si en effet la portée était bonne, on ne battrait sur le front de l'objectif que AE au lieu de AB.

Cependant un observateur placé en P_1 à la droite de la batterie, appréciera, s'il s'en rapporte à la perspective, que le front battu est KA au lieu de AB. Il estimera donc que ce front battu est trop large, alors qu'il est trop étroit, et, conséquent avec lui-même, il diminuera l'échelonnement, alors qu'il faudrait l'augmenter.

Cet exemple montre le gros inconvénient qu'il peut y avoir à employer un faisceau convergent au cours du réglage en portée.

On arrive ainsi à cette règle qui garantit contre tout mécompte :

Il faut ouvrir le feu en plaçant les plans de tir sous le régime du parallélisme.

En effet, sous ce régime, *à condition que le procédé employé pour l'établir soit exempt d'erreur*, on est certain que

la batterie bat la largeur de son front à toutes les distances. On peut donc laisser de côté les illusions de la perspective, attendre que l'on soit réglé en portée et, à ce moment seulement, élargir ou rétrécir le tableau, d'après le front apparent de l'objectif.

Précisons cette conclusion par un exemple :

Soit une batterie P_1P_4 (fig. 75) ayant à battre, soit un objectif AB de front inférieur au sien, soit un objectif AB_1 de front supérieur.

On partira du parallélisme et on arrivera par le réglage en portée à placer le tableau d'éclatement à la distance exacte de l'objectif et sur un front $AA_1 = P_1P_4$.

Ce résultat obtenu, on appréciera immédiatement et sans aucune difficulté la modification d'échelonnement à faire, négative si le front à battre est AB, positive si le front est AB_1.

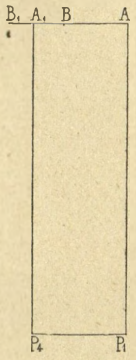


Fig. 75.

En d'autres termes, on part du faisceau parallèle et c'est seulement lorsqu'on est réglé en portée qu'on réalise l'éventail à la demande du front à battre.

A moins qu'on ne soit très expérimenté et très rompu aux calculs d'échelonnements, toute autre méthode peut conduire aux plus graves mécomptes et entraîner l'inefficacité complète du tir.

L'adoption du parallélisme comme régime de départ du faisceau des plans de tir se justifie par une dernière considération.

Dans tout système de mesures, on prend un point fixe de comparaison. Pour la chaleur, c'est le zéro du thermomètre ; en électricité, c'est le potentiel de la terre, etc...

En matière de plans de tir, le terme de comparaison pour la mesure des faisceaux n'est et ne peut être que le parallélisme.

C'est le *zéro nécessaire* pour l'ouverture de l'éventail.

III. — Réalisation et emploi du parallélisme.

L'emploi du parallélisme pour le réglage du tir comporte : le choix d'un point (point de repère, point de surveillance, point de pointage) sur lequel on dirige le plan de

tir de la pièce de droite (ou de gauche) de la batterie ; puis, les opérations nécessaires pour disposer les plans de tir des autres pièces parallèlement au plan de tir de la pièce déjà placée. Le point choisi peut se trouver dans un azimut quelconque ou sur le front même de l'objectif ; tout dépend de sa visibilité et des facilités de son emploi.

Le règlement décrit plusieurs procédés, notamment celui du pointage réciproque, qui permettent de placer les pièces d'une batterie sous le régime du parallélisme. Nous y reviendrons dans la partie de ce travail qui traite des mécanismes et des détails d'exécution. Mais, dès à présent, nous ferons l'étude du procédé général reposant sur le principe de l'échelonnement des dérives.

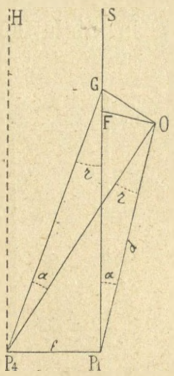


Fig. 76.

Parallélisme par échelonnement des dérives. — Soit une batterie (fig. 76) de front P_1P_4, S la droite de l'objectif sur laquelle est dirigée la pièce de droite, O un point de pointage, α l'azimut du point de pointage par rapport à S, d la distance OP_1 et f le front de batterie P_1P_4, perpendiculaire à P_1S.

Menons les droites OP_1, OP_4 ; menons OG perpendiculaire à OP_4, OF perpendiculaire à OP_1 ; menons enfin la droite GP_4.

Le quadrilatère P_1OGP_4 est évidemment inscriptible dans la demi-circonférence qui a pour diamètre GP_4 et l'angle GP_4O est égal à α.

Si donc, ayant pointé la pièce P_1 sur O avec : *plateau zéro, tambour* $100+\alpha$ (pour le 75) ou $500-\alpha$ (pour le 90), on pointe la pièce P_4 sur O avec la même dérive, le plan de tir de P_4 prendra la direction de P_4G et viendra rencontrer en G le plan de tir de P_1.

Pour amener le plan de tir de P_4 au parallélisme il faudra évidemment le faire tourner de l'angle $HP_4G = P_1GP_4$. Or, dans le quadrilatère inscriptible, cet angle est égal à la parallaxe r de f par rapport à O.

Nous allons calculer cet angle.

La figure donne : $f = GP_1 tg.r$ ou $tg.r = \dfrac{f}{GP_1}$

Calculons donc GP_1 en fonction des données.

On a : $$GP_1 = GF + FP_1 = GF + \frac{d}{\cos\alpha}.$$

D'autre part, les triangles GFO et OP_1P_4 sont semblables, car leurs angles en O sont égaux, comme ayant les côtés perpendiculaires, et l'angle en P_4 est égal à l'angle en G parce que ces deux angles ont même mesure dans la demi-circonférence circonscrite au quadrilatère GOP_1P_4.

On a donc : $$\frac{GF}{P_1P_4} = \frac{OF}{OP_1}.$$

$$\frac{GF}{f} = \frac{d.tg\alpha}{d},$$

d'où : $$GF = f.tg\alpha.$$

On a donc : $GP_1 = f.tg\alpha + \frac{d}{\cos\alpha} = \frac{d + f\sin\alpha}{\cos\alpha}$

et : $tg.r = \frac{f}{GP_1} = \frac{f\cos\alpha}{d + f\sin\alpha}$

$f \sin\alpha$ étant négligeable par rapport à d, surtout si le point de pointage est pris suffisamment loin et, d'autre part, l'angle r étant assez faible pour pouvoir être confondu avec sa tangente, on peut écrire :

$$r = \frac{f\cos\alpha}{d}.$$

r est l'échelonnement de la 4e pièce correspondant au front de batterie.

Si nous appelons ε l'échelonnement d'une pièce à l'autre et φ_1, le front de section, on aura évidemment (dans une batterie de 4 pièces) :

$$\varepsilon = \frac{r}{3} \quad \text{ou} \quad \frac{\varphi_1 \cos\alpha}{d}$$

Pour réaliser le parallélisme on échelonnera donc de ε à la deuxième pièce, de 2ε à la troisième, de 3ε à la quatrième (et ainsi de suite si la batterie a plus de 4 pièces).

La formule donne l'échelonnement en parties de la circonférence ; si l'on désigne par e l'échelonnement en millièmes qui est mille fois plus grand, on a :

$$\varepsilon = \frac{e}{1000}.$$

De même, dans notre formule, φ_1 et d sont exprimés en unités de même ordre, en kilomètres par exemple. Si l'on exprime le front φ en mètres en laissant la distance d exprimée en kilomètres, on aura

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{1000}.$$

La formule modifiée deviendra alors :

$$\frac{e}{1000} = \frac{\varphi\cos\alpha}{1000\,d}$$

ou : $$e = \frac{\varphi\cos\alpha}{d}.$$

C'est en somme la même formule que la précédente, mais avec cette signification que l'échelonnement est exprimé en millièmes, le front de section φ en mètres et la distance d du point de pointage en kilomètres.

L'examen de la formule $e = \frac{\varphi\cos\alpha}{d}$ montre que l'échelonnement qui donne le parallélisme est inversement proportionnel à d et directement proportionnel à $\cos\alpha$ (1).

Il diminue donc lorsque α augmente et devient nul pour $\alpha = 90°$, c'est-à-dire lorsque le point de pointage est choisi sur le prolongement du front de la batterie.

---

(1) Nous croyons utile de donner ici les valeurs de $\cos\alpha$ de 100 en 100 décigrades, de 0 à 1000 décigrades.

	Valeur des angles α en décigrades										
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000
Cos α.	1	0,988	0,951	0,891	0,809	0,707	0,588	0,454	0,309	0,156	0,000

Parallélisme obtenu automatiquement par le choix approprié du point de pointage. — Le calcul montre que lorsque la distance du point de pointage dépasse 7 kilomètres ou lorsque ce point de pointage, même à courte distance, se trouve dans un azimut voisin de 90°, l'échelonnement fournissant le parallélisme devient négligeable.

On obtient alors le parallélisme automatiquement, en se bornant à donner la même dérive à toutes les pièces.

Ce moyen d'obtenir le parallélisme est de beaucoup le plus simple ; c'est celui qu'on doit employer de préférence, lorsqu'on le peut.

D'où cette règle :

Toutes les fois que le terrain s'y prête, choisir, ou bien un point de pointage très éloigné de la batterie dans un azimut quelconque, ou bien un point de pointage qui peut être rapproché, à condition de se trouver dans un azimut très voisin du prolongement de la batterie. Réaliser automatiquement le parallélisme en donnant la même dérive à toutes les pièces. (1)

Il ne reste alors qu'à régler le tir en portée.

Lorsque ce réglage est obtenu, on évalue très facilement la quantité dont il faut ouvrir ou rétrécir l'éventail pour battre exactement tout le front de l'objectif.

IV. — Réalisation et emploi de la convergence.

Tant que le réglage en portée n'est pas obtenu, il y a un avantage marqué à n'employer que le faisceau parallèle. Le faisceau convergent peut conduire en effet à des illusions

---

(1) Cette règle s'applique, que le point de pointage soit choisi en avant ou en arrière du front de la batterie. Il est à remarquer en outre que, si l'on donne la même dérive à toutes les pièces :

1° Lorsque le point de pointage est choisi en avant du front de la batterie, le point de convergence se trouve aussi en avant de ce front ; le faisceau commence par se resserrer à partir du front pour diverger ensuite au delà du point de convergence.

2° Lorsque le point de pointage est choisi en arrière du front de la batterie, le point de convergence du faisceau se trouve aussi en arrière ; à partir du front de la batterie et en avant de ce front, le faisceau va toujours en divergeant.

dûes à la perspective, et suggérer des modifications d'échelonnement à rebours de ce qu'elles devraient être.

Par contre, si, dès l'ouverture du feu, on est, de façon ou d'autre, exactement fixé sur la distance de l'objectif, il peut, dans certains cas, y avoir avantage à employer immédiatement un faisceau convergent (par exemple pour battre un pont, une entrée de tunnel, un réservoir, un nœud de routes, une gare ou un point de passage obligé).

Pour le calcul de cette convergence, on ne doit pas perdre de vue que, par suite de la différence de graduation des appareils de pointage du 75 et du 90, les modifications d'échelonnement qui réalisent un déplacement angulaire donné des plans de tir doivent être comptées en sens inverse pour les deux calibres, positivement avec l'un lorsqu'elles le sont négativement avec l'autre, et inversement.

Dans les appareils du 75, les graduations croissent dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre. Dans ceux du 90, elles croissent en sens inverse. En outre, les appareils du 75 sont gradués en millièmes et ceux du 90 en décigrades.

Il en résulte que lorsqu'on veut avec le 75 porter un coup à gauche de 30 millièmes, par exemple, on augmente de 30 la dérive marquée par le plateau et le tambour.

Si on veut obtenir le même déplacement angulaire avec le 90, il faudra diminuer la dérive de 20 (décigrades) au lieu de l'augmenter de 30 (millièmes).

C'est là une source d'erreurs, que les officiers appelés à servir les deux calibres doivent s'attacher particulièrement à éviter.

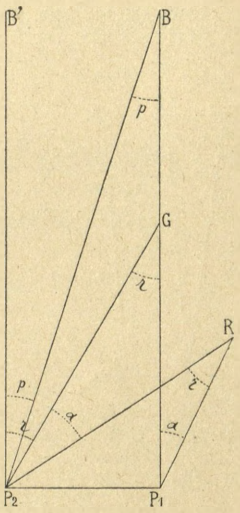


Fig. 77.

L'exposé qui suit est fait en se plaçant dans le cas du 90 (graduations croissant en sens inverse de la marche des aiguilles d'une montre).

Définitions. — Soient P_1, P_2 les deux pièces de droite d'une batterie (P_1P_2 représentant un front de section), R un repère ou point de pointage en avant de la batterie et B la droite du but (fig. 77).

La figure montre que :

1° α étant l'azimut du repère par rapport à P_1B, si l'on donne à la pièce P_2 la même dérive D, ou $500 - \alpha$ qu'à P_1, le plan de tir de P_2 ira rencontrer P_1B en un point G tel que :

$$P_2GP_1 = P_2RP_1 = r$$

autrement dit, le quadrilatère P_1RGP_2 est inscriptible.

2° Si l'on mène P_2B' parallèle à P_1B, l'angle $B'P_2G = P_2GP_1 = r$ représente la quantité angulaire dont il faut reporter à gauche le plan de tir de P_2 pour obtenir le parallélisme. Or, avec le 90, pour reporter le plan de tir à gauche de r, il faudra *diminuer* la dérive de r.

3° Le plan de tir de P_2 ayant été amené en P_2B', pour l'amener en P_2B c'est-à-dire pour réaliser la convergence sur la droite du but, il faudra le déplacer vers la droite de l'angle $B'P_2B$ c'est-à-dire d'un angle p égal à la parallaxe de P_1P_2 par rapport à B.

Or, avec le 90, pour reporter le plan de tir à droite de p il faudra augmenter la dérive de p.

En réunissant les deux opérations, on trouve ainsi que la dérive δ à donner à la pièce P_2 sera la dérive D, ou $500 - \alpha$, de la première pièce diminuée de la parallaxe r du repère et augmentée de la parallaxe p du but. On aura :

$$\delta = D - r + p.$$

Supposons, par exemple, que l'angle α soit égal à 120 décigrades, la dérive à donner à P_1 sera 380. Si r est égal à 30 décigrades et p à 10 décigrades, la dérive à donner à P_2 pour réaliser la convergence sur B sera :

$$\delta = 380 - 30 + 10 = 360$$

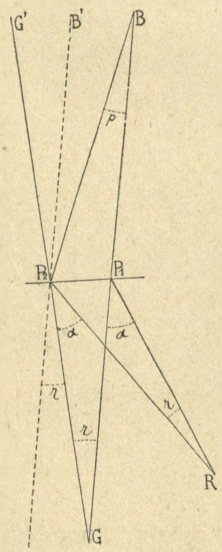


Fig. 78.

Supposons maintenant le point de repère en arrière de la batterie.

L'examen de la figure 78 montre que :

1° Comme précédemment, si l'on donne à la pièce P_2 la même dérive D (qui est ici $500 + \alpha$) qu'à P_1 le plan de tir de P_2 coupera P_1B en un point G tel que $P_2GP_1 = P_2RP_1 = r$.

2° Si l'on mène P_2B' parallèle à P_1B, l'angle $B'P_2G' = P_2GP_1 = r$, représente la quantité dont il faut reporter à droite le plan de tir de P_2 pour obtenir le parallélisme. Or, avec le 90, pour reporter le plan de tir à droite de r il faudra augmenter la dérive de r.

3° Le plan de tir de P_2 ayant été amené en P_2B', pour l'amener en P_2B, c'est-à-dire pour réaliser la convergence sur la droite du but, il faudra le déplacer vers la droite de l'angle $B'P_2B$ c'est-à-dire d'un angle égal à la parallaxe p de P_1P_2 par rapport à B. Avec le 90, il faudra augmenter la dérive de p.

En fin de compte, la dérive δ à donner à la pièce P_2 pour réaliser la convergence sur le but sera :

$$\delta = D + (r + p).$$

On peut rendre cette formule absolument générale et l'appliquer, quelle que soit la position du repère, en convenant de compter la parallaxe du but toujours positivement et la

parallaxe du repère négativement lorsque le repère sera en avant de la batterie, et positivement lorsque le repère sera en arrière de la batterie.

Si l'on considère le 75 dont les graduations croissent en sens inverse de celles du 90, on vérifiera très aisément que la dérive de convergence est donnée par la formule générale :

$$\delta = D - (r+p)$$

en convenant comme ci-dessus, que la parallaxe du but est toujours comptée positivement et que la parallaxe du repère se compte négativement si le repère est en avant de la batterie, et positivement s'il est en arrière.

Faisons une application, à un même cas concret, d'abord pour le 75, ensuite pour le 90 (fig. 79).

Nous supposerons que les angles de la figure sont comptés en millièmes.

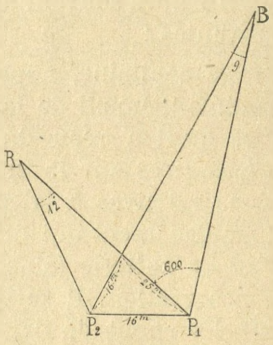


Fig. 79.

Cas du 75. — Le point de pointage étant R, la dérive de la première pièce est obtenue en diminuant : Plateau 16 — Tambour 100 de l'angle RP_1B, c'est-à-dire de 600 millièmes. La première pièce pointera donc avec 1700 — 600, c'est-à-dire 1100 ou : Plateau 10 — Tambour 100.

La dérive de convergence de la 2e pièce sera 1100 — $(r+p)$, r étant ici considéré comme négatif.

On aura donc :

1100 — (—12+9) = 1103 ou : Plateau 10 — Tambour 103.

On obtiendra donc la convergence sur B en commandant :

« Plateau 10, Tambour 100 — Echelonnez de +3 ».

La dérive donnée sera alors :

Par la première pièce : Plateau 10 — Tambour 100 ;
Par la deuxième pièce : Plateau 10 — Tambour 103 ;
Par la troisième pièce : Plateau 10 — Tambour 106 ;
Par la quatrième pièce : Plateau 10 — Tambour 109.

Cas du 90. — Avec le 90, les millièmes sont convertis en décigrades et on tient compte de ce que les graduations augmentent en sens inverse de celles du 75.

Il est facile de vérifier que, le cas concret étant le même, on obtiendra la convergence sur B en commandant :

« Pour toutes les pièces augmentez de 400 (ce qui donnera : Plateau 900 — Tambour zéro), échelonnez de (—8+6) = —2 ou : échelonnez de —2 ».

La première pièce donnera : Plateau 900 — Tambour 0 ;
La deuxième pièce : Plateau 800 — Tambour 98 ;
La troisième pièce : Plateau 800 — Tambour 96 ;
La quatrième pièce : Plateau 800 — Tambour 94 ;
La cinquième pièce : Plateau 800 — Tambour 92 ;
La sixième pièce : Plateau 800 — Tambour 90.

V. — Préparation du tir.

Reconnaissance et occupation de la position de batterie. — Les conditions d'exécution de la reconnaissance dépendent essentiellement de la situation générale, des ordres reçus et de la nature du terrain.

Il y aura souvent avantage à se rapprocher des indications suivantes :

Le capitaine, appelé par le chef d'escadron, a laissé le commandement de la batterie au lieutenant le plus ancien. Dès qu'il a reçu du chef d'escadron les renseignements nécessaires sur la situation générale ainsi que les instructions relatives à la mission particulière de la batterie et à l'emplacement qui lui est assigné, il va reconnaître la position de batterie (ainsi que les moyens d'accès) et son poste d'observation. Il se fait accompagner à cet effet d'un sous-officier agent de liaison, du brigadier de tir et d'un trompette (à cheval ou à pied suivant les circonstances). La position de la batterie, que jalonnent le brigadier de tir et le trompette, est déterminée d'après les règles du tir indirect exposées précédemment (voir III[e] partie). Le capitaine envoie ensuite l'agent de liaison chercher la batterie et lui donne pour le lieutenant les indications suivantes : allure, chemin d'accès, nature de l'objectif, projectiles à employer, emplacement du caisson observatoire (ou, plus simplement, de l'observatoire).

Le lieutenant exécute la mise en batterie d'après les instructions reçues ; dès que les pièces sont séparées, les avant-trains sont emmenés à l'abri par le maréchal des logis chef.

Si le capitaine est resté à la batterie, il réunit les chefs de section et pointeurs et leur donne, suivant le cas, les éléments de la surveillance ou les éléments du tir (but ou point de pointage, angle de site, distance) ; il rejoint ensuite son poste d'observation ; le lieutenant fait les commandements réguliers de surveillance ou d'ouverture du feu. Si le capitaine n'a pas attendu l'arrivée de la batterie, il envoie ses instructions du poste d'observation, en y joignant, si besoin est, un croquis perspectif rapidement exécuté où il a inscrit en décigrades les mesures angulaires, entre les points remar-

quables ; il y indique également les bases repères en largeur et en hauteur qu'il a choisies et, le cas échéant, le point de pointage que le lieutenant doit adopter.

La réglette de correspondance fournit les renseignements utiles pour fixer les éléments du tir, mais il est bon que le capitaine sache utiliser rapidement la formule $\alpha = \frac{P\,(P+4)}{3}$ qui donne les angles de tir en degrés pour le 90. Autant que possible les officiers doivent savoir par cœur les angles de tir de 500 mètres en 500 mètres entre 1.000 et 5.000 mètres. Ces angles sont indiqués ci-après :

1.000 m. — 86′ = 1°26′
1.500 m. — 155′ = 2°35′
2.000 m. — 234′ = 3°54′
2.500 m. — 323′ = 5°23′
3.000 m. — 422′ = 7° 2′
3.500 m. — 531′ = 8°51′
4.000 m. — 650′ = 10°50′
4.500 m. — 781′ = 13° 1′
5.000 m. — 927′ = 15°27′.

Choix de la position. — Le choix de la position doit s'inspirer des considérations générales développées dans l'avant-propos sur la nécessité impérieuse d'abriter l'artillerie et de la dissimuler aux vues des aéroplanes. Ce choix doit aussi être déterminé comme on l'a indiqué dans la troisième partie ; il faut pouvoir battre les objectifs en s'assurant des défilements suffisants et éviter de se placer dans la zone dangereuse qui commence à la crête et s'étend d'autant plus loin en arrière que la pente du terrain est plus accentuée. Ainsi qu'il a été dit, les positions les meilleures sont celles qu'on peut trouver sur des pentes douces, à une moyenne de 500 à 600 mètres de la crête.

Enfin, pour échapper à la découverte des avions, il y a toujours intérêt à placer les batteries sous bois, mais il faut que la végétation arbustive permette d'exécuter rapidement les élagages nécessaires pour dégager le champ de tir.

Dès que des avions apparaissent, si le personnel n'a pas le temps de se dissimuler à leur vue, il doit immédiatement prendre et conserver pendant tout le temps nécessaire une attitude d'immobilité absolue.

Formation du faisceau de tir. — On a exposé en détail, un peu plus haut, les principes de la formation et de l'utilisation du faisceau ; on a fait ressortir aussi l'avantage qu'il y a, dans la grande majorité des cas, à partir d'un faisceau parallèle pour commencer la préparation du tir.

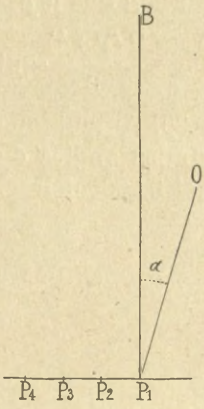


Fig. 80.

Lorsqu'on utilise un point de pointage dont l'azimut est α par rapport à la droite qui joint la pièce de droite à la droite de l'objectif (fig. 80) l'échelonnement qui donne le parallélisme est en valeur absolue :

$$e = \frac{f \cos \alpha}{d},$$

ou, plus simplement : $e = \frac{f}{d}$,

lorsque α ne dépassant pas 300 millièmes, cos α est très voisin de 1.

Cette même formule montre que, si la distance d du point de pointage est très grande (lorsqu'elle dépasse en pratique 6 kilomètres), e est négligeable ; on obtient automatiquement le parallélisme en donnant la même dérive à toutes les pièces.

Il en est de même lorsque α est voisin de 90°, c'est-à-dire lorsque le point de pointage se trouve sensiblement sur le prolongement du front de la batterie.

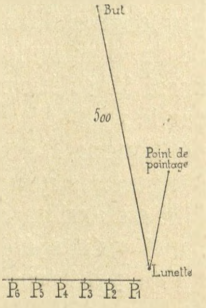


Fig. 81.

Ceci posé, nous indiquerons, dans les cas qui se présentent le plus fréquemment, comment on peut utiliser les instruments dont on dispose pour créer et manier le faisceau, parallèle ou convergent, des plans de tir.

Supposons que la batterie ne voie pas le but, mais qu'un repère ou point de pointage bien net soit visible des six pièces (fig. 81).

La lunette est installée aussi près que possible de la batterie, de façon à voir le but et le point de pointage. On la pointe sur le but et on place l'index sur l'une des divisions

500 du plateau. On la dirige ensuite sur le point de pointage et on lit le nombre indiqué par l'index. La division ainsi obtenue est donnée aux goniomètres et on y ajoute, dans le sens convenable, l'échelonnement qui convient à l'azimut et à la distance du point de pointage.

Lorsqu'il n'existe aucun point de pointage visible de toutes les pièces de la batterie, le terrain permet assez souvent de procéder de la façon suivante :

La lunette installée à proximité de l'une des extrémités de la batterie, de préférence à droite, est dirigée par un procédé quelconque sur la droite du but ; on place alors l'index à la division 500.

Au commandement : « aux goniomètres », les pièces sont placées à peu près horizontalement, les servants disposent leurs goniomètres comme s'ils voulaient se repérer sur le manchon de la lunette. L'observateur placé à la lunette pointe successivement sur le goniomètre de chaque pièce et indique à cette pièce le nombre qu'il lit sur le plateau en regard du trait de repère de l'index.

Le pointeur de la pièce visée, après avoir fait marquer à son goniomètre le nombre indiqué, pointe sa pièce de façon que la fente lumineuse du collimateur se projette sur le manchon tricolore de la lunette. Dès que les pièces sont ainsi pointées, les chefs de pièce les font repérer sur un repère de visibilité et de distance convenables.

Ce mode de pointage rend les plans de tir parallèles à l'axe optique de la lunette. Lorsque le tir est réglé en portée, le capitaine peut, par des corrections d'échelonnement très faciles à déterminer, soit élargir son faisceau, soit au contraire le faire converger sur un point déterminé de l'objectif.

Si le capitaine veut changer d'objectif, il mesure ou fait mesurer à la lunette l'écart angulaire entre le point de réglage et le nouvel objectif et commande : « pour toute la batterie, augmentez ou diminuez de tant ». Avec le 90, le commandement est « augmentez » si le nouvel objectif est à droite de l'ancien ; il est : « diminuez » si le nouvel objectif est à gauche.

Les pointeurs font à leurs goniomètres la correction prescrite et continuent ensuite à pointer sur le repère qu'ils avaient choisi avant la modification.

On peut pointer la pièce-guide à vue lorsqu'il est possible

d'apercevoir le but d'un point plus élevé que la batterie et situé en arrière. Le faisceau est alors placé en parallélisme par l'un des procédés déjà décrits (exécuter le pointage réciproque sur la pièce-guide ou repérer la pièce-guide, soit sur un point de repère très éloigné, soit sur un point de repère situé dans le prolongement du front de la batterie, puis repérer toutes les pièces sur ce même point en faisant marquer aux goniomètres la même graduation qu'à la pièce-guide).

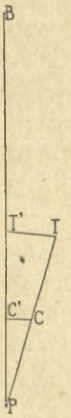


Fig. 82.

On peut aussi employer, suivant les conditions du terrain, l'un ou l'autre des procédés suivants :

1° Le capitaine accompagné du brigadier de tir opère par jalonnement. A cet effet il fait planter un jalon à l'emplacement que doit occuper la pièce-guide P et s'avance jusqu'en C, où il peut voir le but B (fig. 82). Le brigadier de tir se porte en T sur l'alignement du capitaine C et du jalon P et tourne le dos au but.

Le capitaine et le brigadier se déplacent en se maintenant toujours alignés sur une ligne passant par P et arrivent par tâtonnement sur la ligne PB où ils plantent chacun un jalon. Les jalons C′,T′, marqueront à la pièce-guide la direction du but.

2° Le capitaine peut opérer seul. Etant en un point C d'où il aperçoit le but B (fig. 83), il plante un jalon portant une fente verticale dans laquelle il dispose une feuille rigide (rapporteur en corne ou à défaut une simple carte de visite). En tournant convenablement le jalon et visant en K′ il fait en sorte que la ligne K′K soit orientée sur la verticale PV de la pièce.

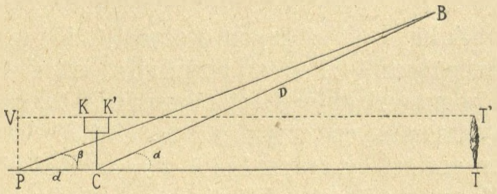


Fig. 83.

Puis, faisant demi-tour et mettant l'œil en arrière de K, il détermine un objet T du terrain, également sur le prolongement de KK′. Il mesure l'angle BCT = α et évalue les distances

CB=D et PC=d. L'angle β qui permettra de donner la direction à la pièce-guide (la ligne de foi du collimateur étant dirigée sur C) lui sera donnée par la formule :

$$\beta = \frac{D\alpha}{D+d}.$$

3° L'emploi du prisme double de repérage simplifie beaucoup le problème et permet de déterminer rapidement, sur l'alignement pièce-but, un point sur lequel il suffira de pointer la pièce-guide pour la placer exactement dans la direction du but.

La figure 84 permet de se rendre compte des conditions dans lesquelles se fera la vision, suivant que le capitaine sera ou ne sera pas sur l'alignement de la pièce et du but.

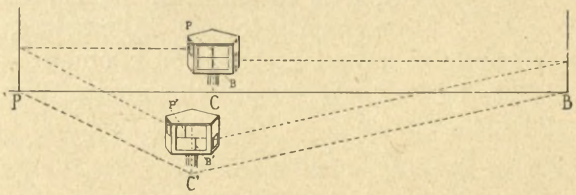


Fig. 84.

a) C′ n'est pas sur l'alignement de P et de B. Les deux images P′ et B′ de P et de B ne se superposent pas sur une même verticale ;

b) C est sur l'alignement de P et de B. Les deux images de P et de B se superposent sur une même verticale.

On peut faire la même détermination, mais avec certains tâtonnements, en employant un prisme simple de repérage.

4° La pièce directrice se trouvant en P, où elle doit tirer, n'aperçoit pas le but B et n'est pas orientée (fig. 85). Le capitaine a trouvé un point C en avant de la batterie, d'où il aperçoit le but B et la pièce P qu'il s'agit de placer dans la direction du but. Le capitaine fait planter par le brigadier de tir un jalon A sur le prolongement exact de BC (ligne but-capitaine) et à une distance suffisante de C. Il mesure alors l'angle PCA. Supposons que cet angle soit celui de la figure, c'est-à-dire 120 décigrades. Le capitaine fait alors planter un jalon en C, se retire et fait pointer la pièce directrice sur C avec 380 (500 — 120) décigrades.

La pièce directrice se trouve ainsi pointée dans la direction de PD, parallèle à CB. Pour la pointer dans sa vraie direction, qui est PB, il faudra, dans le cas de la figure, corriger cette dérive de la parallaxe de DB par rapport à P et par suite augmenter la dérive de β.

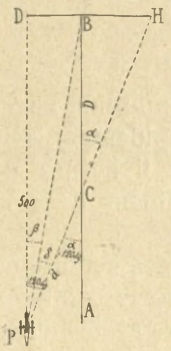


Fig. 85.

On peut obtenir immédiatement et d'une façon très suffisamment exacte l'angle BPC = δ qui constitue la correction initiale de dérive (négative dans le cas de la figure) à donner par rapport à 500.

Soient α la valeur absolue de l'angle PCA, d la distance CP du capitaine à la pièce exprimée en kilomètres, D, la distance du capitaine au but exprimée en kilomètres (fig. 85).

Dans le cas de la figure, on a évidemment d'une façon très sensiblement exacte :

$$BH = D\alpha = (D + d)\delta,$$

d'où :

$$\delta = \frac{D\alpha}{D + d}.$$

Dans l'hypothèse où la position C du capitaine est en arrière de la batterie (fig. 86) il est évident qu'on a :

$$BH = D\alpha = (D - d)\delta,$$

d'où :

$$\delta = \frac{D\alpha}{D - d}.$$

Mais, si l'on convient de compter d positivement ou négativement suivant que le capitaine est en avant ou en arrière de la batterie, la formule sera générale et on aura dans tous les cas :

$$\delta = \frac{D\alpha}{D + d}$$

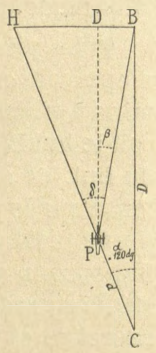


Fig. 86.

5° Lorsque la ligne PC s'écarte peu de la perpendiculaire PD à la droite CB (fig. 87), on peut adopter le procédé suivant : le capitaine, ayant aux yeux sa lunette à micromètre, se fait placer par le brigadier de façon que le plan formé par la tranche antérieure de sa jumelle passe par la pièce P.

Il mesure alors au micromètre de sa lunette l'angle XCB (ce qui est possible dans l'hypothèse où l'on s'est placé). Supposons, comme dans le cas de la figure, que cet angle soit de 30 décigrades, on voit que pour établir la pièce P parallèlement à CB, le capitaine devra faire pointer sur lui avec le goniomètre à 530 décigrades.

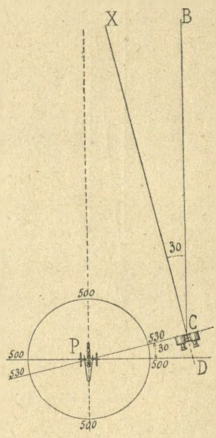


Fig. 87.

6° Lorsque la droite PC s'écarte peu de la direction de CB, le capitaine placé en C et visant le but B (fig. 88), fait planter par le brigadier un jalon J dans le prolongement de PC. Il mesure et utilise l'angle BCJ. Dans le cas de la figure par exemple, cet angle étant de 30 décigrades, le capitaine fera pointer la pièce sur lui ou sur le jalon J avec goniomètre à 470 décigrades. L'axe de la pièce P se trouvera ainsi dirigé sur B′ parallèlement à CB. Si le capitaine veut éviter une correction de parallaxe et diriger immédiatement la pièce sur le but B, au lieu de viser le but lui-même, il visera suivant CC″ parallèle à PB, c'est-à-dire à une distance du but égale à son propre éloignement de la ligne PB (pièce-but).



Fig. 88.

La pièce directrice ayant été pointée par l'un des procédés ci-dessus, il faut, par visées réciproques, rendre les autres pièces parallèles à la première ; on obtient ainsi un faisceau parallèle.

7° Dans le cas où, dès avant l'arrivée de la batterie, le capitaine a choisi un point de pointage en arrière R et déterminé l'emplacement P de la pièce-guide (fig. 89), il se porte sur la ligne RP en un point C d'où il peut voir le but et y place le brigadier, porteur de la jumelle. Le capitaine le fait tourner sur lui-même jusqu'à ce que la tranche extérieure de la jumelle passe par R.

Le capitaine venant en C′ détermine sur le prolongement de la tranche de la jumelle un point du terrain R′.

Renvoyant le brigadier, il mesure l'angle BCR′ (140 décigrades dans le cas de la figure) et quand la batterie arrive, il indique — Point de pointage : le clocher R ; au goniomètre : 360 décigrades.

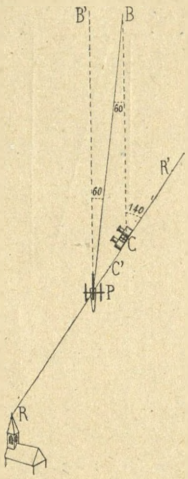


Fig. 89.

Il faut remarquer ici que, le point de pointage étant en arrière, on fait au goniomètre une diminution de 140, comme si le point de pointage était, non pas dans la direction de PR, mais dans celle de son prolongement PR′. Enfin, on établit ainsi la pièce dans la direction PB′ parallèle à CB. Pour la diriger effectivement sur le but B, en supposant par exemple que la parallaxe de B par rapport à CP soit 60 décigrades, il faudrait augmenter de 60 et donner au goniomètre 420 au lieu de 360.

8° Dans le cas où le point de pointage R est latéral, on peut procéder de la façon suivante :

Le brigadier, placé par le capitaine en C sur la droite PR, vise avec sa jumelle le point de pointage R (fig. 90). Lorsqu'il est en station, le capitaine détermine sur le prolongement de la tranche de la jumelle un point de repère R′ dont la direction CR′ se trouve, par construction, perpendiculaire à CR.

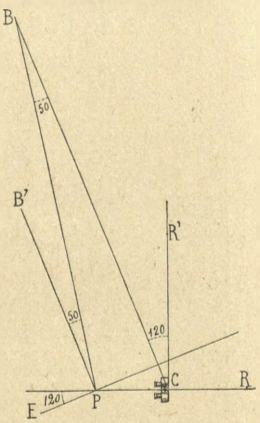


Fig. 90.

Il détermine l'angle, par exemple 120 décigrades, que fait CR′ avec la direction CB du but. Il fait alors donner au goniomètre 380 (500 — 120) et diriger la ligne de foi du collimateur sur R. La pièce se trouve ainsi dirigée suivant PB′ parallèle à CB. Pour la diriger effectivement sur le but B, en supposant par exemple que la parallaxe de B par rapport à CP soit de 50 décigrades, il faudra augmenter de 50 et donner au goniomètre 430 au lieu de 380.

Enfin, il est aisé de vérifier que, dans les derniers cas que nous venons d'examiner, on peut, pour ramener directement la pièce sur le but et éviter la correction de parallaxe, employer la formule : $\delta = \frac{D\alpha}{D+d}$ que nous avons indiquée plus haut. C'est seulement par la pratique et par de nombreux exercices qu'on arrive à employer d'intuition le meilleur procédé dans les divers cas qui peuvent se présenter.

La position de surveillance. — La *position*, définie précédemment (page 105), n'est autre, généralement, que la *position de surveillance* où l'on se tient prêt à passer de l'état de repos à l'état actif. Toutefois, bien qu'il ne s'agisse que d'une simple nuance, il n'est pas inutile de préciser davantage ce qu'il faut entendre par cette seconde expression.

Presque toujours, dans la guerre de mouvement, une troupe vigilante sait, par renseignements, que l'ennemi s'avance sur un certain axe de marche et qu'il y aura par conséquent avantage à l'attendre dans telle direction plutôt que dans telle autre.

De là découle pour l'artillerie la notion de la *position de surveillance*.

Une batterie en position de surveillance n'a pas encore d'objectif, mais elle occupe néanmoins cette position parce que, d'après les renseignements reçus, elle est considérée

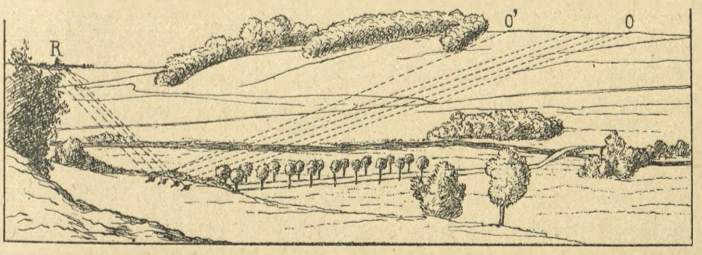


Fig. 91.

comme avantageuse pour battre immédiatement tout objectif qui apparaîtra.

Il est évident, dès lors, qu'une batterie en surveillance doit prendre certaines dispositions préparatoires qui lui per-

mettront de tirer dans le plus bref délai et avec le plus d'efficacité possibles.

C'est ainsi que les pièces doivent être disposées de façon que les plans de tir forment un faisceau régulier (de préférence un faisceau parallèle). La droite de ce faisceau doit être accrochée à un repère R, bien visible, situé si possible vers le centre de la zone où les objectifs sont attendus.

La figure 91 indique cette disposition.

Si un objectif apparaît en OO′, on transporte le faisceau parallèle par une correction d'ensemble et on règle rapidement en portée ; puis, par un échelonnement convenable, qu'on apprécie très aisément dès qu'on est réglé en portée, on couvre exactement le front à battre.

Dès que la batterie a été mise en surveillance, les pièces parallèles, il faut veiller à ce que les pointeurs repèrent leurs pièces en direction. Ce repérage consiste à diriger la ligne de foi verticale du collimateur sur le point de repérage choisi, en agissant sur la dérive, *mais sans toucher au canon*. A partir du moment où le pointeur a ainsi repéré sa direction, il doit toujours pointer sur son même point de repérage, quelle que soit la dérive donnée au goniomètre.

Le point de repérage doit être choisi en avant, à une distance dépassant toujours 50 mètres. Il doit être fixe, très facile à reconnaître et ne pas être exposé à disparaître au cours du combat.

Le lieutenant de batterie fait inscrire les dérives de repérage sur les flasques de l'affût par le commandement « Inscrivez les dérives ».

Cette précaution est indispensable. Elle permet en effet de revenir très rapidement à la position primitive de surveillance, après le tir sur un objectif qui a été détruit ou a disparu.

A cet effet, au commandement : « En surveillance », chaque pointeur lit sur le flasque de l'affût la dérive qu'il a inscrite et repointe avec cette dérive sur son point particulier de repérage. Tout le faisceau se trouve ainsi reformé comme avant le tir.

Il est évident que si le tir qu'on vient d'exécuter a révélé des irrégularités dans le faisceau de surveillance, on profitera de cette constatation pour améliorer le faisceau, en ramenant par exemple sa droite exactement sur le repère et en modifiant, s'il y a lieu, l'échelonnement. Puis on

commandera de nouveau : « Inscrivez les dérives ». A ce commandement, les pièces ne bougent pas ; on efface les inscriptions précédentes et on les remplace par les nouvelles dérives de repérage obtenues.

Lorsqu'il en a le temps, et cela se présentera souvent dans la pratique, le commandant de batterie exécute ou fait exécuter un *croquis perspectif* de la zone à battre, faisant ressortir, comme dans la figure 92, l'aspect général de la zone à battre, les points principaux, les écarts angulaires, les angles de site et les distances approchées.

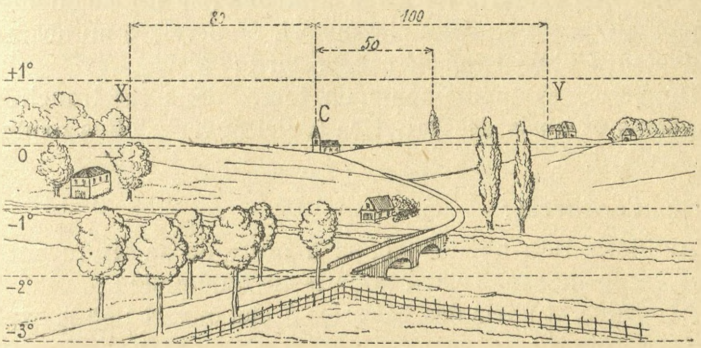


Fig. 92.

Ces croquis, que tous les officiers doivent pouvoir exécuter rapidement et avec exactitude, permettent de situer tout objectif qui se présente et de fournir avec une approximation suffisante les principaux éléments du tir.

VI. — Genres de tir et espèces de projectiles a employer.

La nature de l'objectif à battre, les conditions de distance et de visibilité dans lesquelles il se présente, déterminent le genre de tir et les projectiles à employer. On sait déjà que, pour le 90, ces projectiles se réduisent à trois : la boîte à mitraille, l'obus à mitraille et l'obus allongé.

On emploiera :

Sur un but animé et découvert :

Jusqu'à 600 mètres : boîte à mitraille ;

De 600 à 1.500 mètres : obus à mitraille en tir percutant ;
Au delà de 1.500 mètres : obus à mitraille en tir fusant.

Sur un but animé défilé par un pli de terrain :

Obus à mitraille en tir fusant.

Sur un but animé abrité :

A la lisière d'un bois : obus à mitraille en tir fusant ou obus explosif sans retard ;

A l'intérieur d'un bois, derrière un mur de clôture, dans une ferme ou dans un village : obus explosif sans retard ;

Dans une batterie de siège protégée par un épaulement d'épaisseur moyenne et à ciel ouvert, ou derrière un obstacle équivalent : obus explosif sans retard ;

Derrière des épaulements en terre, dans les tranchées, magasins et abris des batteries à ciel ouvert : obus explosif sans retard.

Sur l'artillerie :

Artillerie non abritée : obus à mitraille en tir fusant et obus explosifs sans retard pour le tir à démolir ;

Magasins et abris des batteries à ciel ouvert : obus explosif sans retard ;

Batteries à plateformes couvertes ou protégées par des épaulements renforcés : obus explosifs avec retard.

Sur des obstacles :

Obstacles légers et défenses accessoires (murs de clôture et d'habitation, grilles, palanques, abatis, réseaux de fils de fer) : obus explosifs sans retard ;

Ouvrages blindés ou bétonnés, murs épais et maçonneries résistantes, escarpes et contre-escarpes : obus allongés avec retard.

VII. — Définitions relatives aux modes d'exécution du tir.

Ces définitions sont indispensables pour se rendre compte de la terminologie adoptée dans l'exposé des méthodes de réglage.

On appelle *salve* l'ensemble des coups d'une section ou d'une batterie tirés sur une même hausse.

Comme on le verra plus loin, dans les batteries de 90, on emploie surtout la *salve de section*. Les deux coups de cette salve peuvent, suivant ce que le commandant de batterie juge le plus avantageux, être tirés, soit simultanément, soit à un intervalle de une ou deux secondes.

Au contraire les coups de la *salve de batterie* sont toujours tirés à une seconde ou deux d'intervalle et en allant — sauf ordre contraire du capitaine — de l'aile où il se trouve à l'aile opposée.

On appelle *rafale* l'ensemble des coups d'une batterie tirés sur une même hausse, sans ordre déterminé, à raison de plus d'un coup par pièce. Ainsi, dans une batterie de 90 de 6 pièces, commander :

« Par quatre » — « Correcteur 20 » — « 4.500 »,

équivaut à lancer, avec l'angle de tir correspondant à 4500 m., 24 projectiles débouchés avec correcteur 20.

Tout tir contre l'ennemi comporte, en général, un *tir de réglage* et un *tir d'efficacité*.

Le tir de réglage a pour but de déterminer :

1° La hausse qui doit servir de point de départ au tir d'efficacité (réglage en portée) ;

2° La dérive qui convient au tir de chaque pièce (réglage en direction et répartition du feu) ;

3° Le correcteur à adopter pour le tir d'efficacité (réglage de la hauteur d'éclatement).

Le *tir d'efficacité* a pour but de produire ou d'achever la désorganisation ou la destruction de l'objectif.

Tels sont les principes. Sans y rien changer, il importe cependant de souligner que la rapidité avec laquelle une batterie passe au *tir efficace* dépend essentiellement du coup d'œil et de l'habileté de son chef.

Tel commandant de batterie, très expérimenté et rompu à l'observation du tir, saura réduire à deux ou trois salves la période de tâtonnements qu'est le tir de réglage ; tel autre, au contraire, prolongera ce tir s'il manque de pratique ou de décision.

Dans les circonstances actuelles, il convient d'indiquer ces relations de cause à effet pour orienter les efforts et les études de chacun.

VIII. — Le tir de réglage.

Le réglage du tir, envisagé dans son ensemble, comprend: le réglage en direction, le réglage de la hauteur d'éclatement et le réglage en portée ; ces trois réglages s'opèrent simultanément.

Réglage en direction. — Le réglage en direction consiste à:

Orienter le faisceau parallèle de façon que son bord droit passe par la droite de l'objectif ;

Adapter l'ouverture du faisceau au front à battre, mais seulement lorsque le tir est réglé en portée, de façon à éviter les erreurs sur les modifications d'échelonnement ;

Régulariser le faisceau.

Pour ce maniement du faisceau, le capitaine commande :

Des augmentations ou diminutions d'ensemble ;

Des modifications d'échelonnement (lorsque la portée est réglée et qu'on peut ainsi apprécier l'ouverture à donner à l'éventail) ;

Des corrections individuelles.

Lorsque, après une correction dans un sens, on est conduit à commander la même correction en sens inverse, on réduit la seconde correction de moitié.

Si l'on a des doutes sur l'exactitude de la mise en direction dans la préparation du tir ou si l'écart du repère à l'objectif n'a pas été mesuré avec exactitude, on peut tirer d'abord un coup d'essai avec la première pièce ; on corrige ensuite les dérives de l'écart observé.

Lorsque le capitaine ne voit pas ses coups, il relève momentanément le correcteur. Dans bien des cas, surtout en terrain boisé, ce relèvement du correcteur est le seul moyen dont dispose le capitaine pour éviter de graves difficultés de réglage.

S'il le juge utile, le capitaine peut faire régler la direction par pièce.

Lorsque la direction est réglée, le capitaine peut tirer, soit par salves, soit par rafales de un.

Réglage de la hauteur d'éclatement. — Le réglage de la hauteur d'éclatement a pour objet de déterminer le correc-

teur de façon que la hauteur de la salve soit égale à la hauteur-type pour le tir d'efficacité, ou à 1 millième pour le réglage par coups fusants. Ce réglage s'opère en modifiant le correcteur d'après la hauteur moyenne de la dernière salve observée et de façon à ramener cette hauteur à celle qu'on veut réaliser.

Si la hauteur moyenne est de 1 millième, on doit avoir en général un coup percutant (ou fusant au-dessous du but) sur quatre. Il n'y aura donc pas lieu, en général, de modifier le correcteur, si, dans une salve de réglage de six coups, on observe un ou deux coups percutants (ou fusants au-dessous du but).

Si la première salve montre qu'une forte correction est nécessaire, il y aura avantage, pour les raisons qui ont été indiquées précédemment, à agir sur l'angle de site et non sur le correcteur.

Lorsqu'une salve est percutante, sans avoir été précédée d'aucune salve fusante, on augmente le correcteur de 4. Lorsqu'une salve comprend des coups fusants et des coups percutants, ceux-ci sont considérés comme correspondant à des éclatements à la hauteur zéro.

Si, après une modification faite au correcteur, la salve tirée avec le nouveau correcteur conduit à une correction de sens contraire à la précédente et égale ou supérieure en valeur absolue, on adopte un correcteur intermédiaire.

Il ne doit pas être tenu compte des salves dans lesquelles la hauteur d'éclatement est très irrégulière. Comme on l'a déjà indiqué, ces irrégularités sont dues, le plus souvent, non pas à des défauts du matériel, mais à des fautes de débouchage, de pointage, ou à des erreurs d'angle de site ou de hausse qu'il y aura lieu de rechercher dans la batterie.

Lorsqu'on a obtenu le réglage de la hauteur d'éclatement à 1 millième, il suffit, pour passer à la hauteur-type, d'augmenter (relever) le correcteur de trois divisions (avec le 90).

Lorsqu'on a réglé un tir, fusant bas, par rapport à une crête en arrière de laquelle se trouve — à une distance le plus souvent assez grande — un objectif qu'on doit battre, il est, *a priori*, avantageux de ne pas relever le correcteur pour passer au tir d'efficacité ; quelquefois même la pente pourra être telle, en arrière de C, qu'il faille abaisser le correcteur au lieu de le relever.

La figure 93 montre ce que deviennent alors les conditions du tir.

Le profil du terrain étant PCB, B étant le point de chute correspondant à la trajectoire rasante PCTB, l'angle FPB

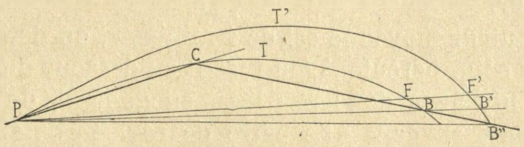


Fig. 93.

étant égal à 1 millième, F sera le point de la trajectoire PCTFB où éclatera le projectile pendant le tir de réglage et pour la portée PB.

Augmentons la portée en prenant une trajectoire relevée PT'B'B'' qui passera, comme l'indique la figure, au-dessus de la précédente. La hauteur d'éclatement par rapport au point de chute B'' auquel correspond la nouvelle trajectoire sera non plus F'PB'=1 millième, mais F'PB''>F'PB' c'est-à-dire >1 millième.

Par conséquent lorsqu'on augmentera la portée, c'est-à-dire lorsqu'on adoptera une trajectoire plus élevée que celle tangentant la crête, il sera indiqué que, pour le tir d'efficacité, le relèvement du correcteur devra être inférieur à 3 millièmes. De combien devra-t-on, en réalité, relever le correcteur ? Il ne faut pas hésiter à répondre que tout dépendra de l'observation. Si celle-ci, qu'elle soit faite par avions ou autrement, est précise, on sera exactement fixé. Si au contraire, on manque de moyens d'observation, l'incertitude sera bien difficile à dissiper. Ceci confirme, d'une part, l'intérêt qu'il y a pour l'artillerie à s'établir loin des crêtes pour créer à l'adversaire des difficultés de réglage, d'autre part l'importance qui s'attache à la recherche de moyens précis d'observation.

Du réglage en portée. — Le réglage de la portée s'effectue en obus fusants ou en obus percutants.

Le réglage en obus fusants offre ce double avantage qu'il permet le réglage simultané de la hauteur d'éclatement et de la portée et qu'il rend l'observation des coups indépendante des formes et des couverts du terrain.

On emploiera le réglage à obus percutants lorsque le tir d'efficacité devra être exécuté avec des obus percutants ou lorsque les conditions générales du tir et du terrain (visibilité des points de chute, etc...) rendront manifeste l'avantage qu'il y a à faire le réglage en tir percutant ; ce mode de réglage pourra être imposé aussi par la sécurité à assurer aux troupes amies rapprochées de l'adversaire ou par la nécessité d'encadrer dans une fourchette étroite un but déterminé.

Tout réglage en portée comporte, en principe, la recherche de deux hausses ; l'une courte, l'autre longue, encadrant l'objectif.

En débutant par des coups longs, on peut souvent rendre l'observation plus aisée, par exemple, si l'objectif ou le point sur lequel s'exécute le réglage se détache mal sur le fond du tableau ou si le vent est tel que la fumée des coups gêne l'observation.

Enfin, dans la guerre actuelle, il est très souvent nécessaire de débuter par des coups longs pour éviter d'atteindre les troupes amies.

En débutant par des coups courts, on a des chances d'obtenir plus tôt une certaine efficacité. Mais, comme on vient de le dire, il faut avant tout éviter d'atteindre les troupes amies.

Le capitaine commence son tir de réglage d'après les principes ci-dessus, soit par une hausse supérieure, soit par une hausse inférieure à la distance qu'il a mesurée ou évaluée.

Partant de la hausse qu'il a choisie, il procède par bonds successifs, ayant tous la même amplitude, de façon à obtenir d'abord deux hausses encadrant le but.

Le bond, et par suite le premier encadrement, peut être de 400 mètres, notamment lorsqu'on débute par une hausse courte. Mais, dans les conditions de la guerre actuelle, où les lignes sont souvent très rapprochées, il y a souvent avantage à réduire ce bond à 200 mètres, notamment lorsque l'on est en possession d'indications précises, résultant soit d'un tir antérieur, soit de mesures télémétriques, soit de mesures directes sur la carte.

Le capitaine resserre ensuite les limites du premier encadrement autant que les circonstances le lui permettent et en tenant compte de la nature et de la profondeur de l'objectif.

L'encadrement définitif ainsi obtenu s'appelle *fourchette*.

Une hausse ne peut être considérée comme limite de fourchette, courte ou longue, que si l'on a observé avec cette hausse au moins deux coups courts ou deux coups longs.

En d'autres termes, deux coups observés dans le même sens avec la même hausse sont considérés comme indispensables pour déterminer ce sens avec une probabilité suffisante.

Si le but est en mouvement ou est susceptible de se déplacer, l'encadrement n'est considéré comme effectif que si la dernière salve tirée correspond à la limite vers laquelle il marche. Si l'on n'a pas d'indications précises, on considérera comme plus probable la marche en avant et la dernière salve sera tirée sur la limite courte.

Lorsque, dans le cours d'un réglage, on obtient une salve encadrante, par exemple 3 ou 4 coups dans un sens et 3 ou 2 coups dans l'autre, le réglage doit être considéré comme terminé si la salve est percutante ; si elle est fusante, on doit la considérer comme longue, près du but ; l'amplitude du bond peut alors être toujours réduite à 100 mètres.

Le réglage du tir avec l'obus allongé (explosif) se fait d'après la méthode générale qui vient d'être indiquée.

Dans le cas où le tir à obus allongé (explosif) est précédé d'un réglage avec des obus à mitraille, il faut tenir compte de ce que la hausse obtenue avec l'obus à mitraille correspond pour l'obus allongé à une portée augmentée d'environ 25 mètres par kilomètre. Ainsi l'angle de tir qui donne 4.000 mètres de portée à l'obus à mitraille donne 4.100 mètres de portée à l'obus allongé.

Dans le cas où l'on n'aperçoit qu'une partie de l'objectif, il est souvent avantageux d'opérer le tir de réglage en faisant converger les plans de tir de plusieurs pièces sur la région visible de l'objectif. C'est un des cas où le régime de la convergence est naturellement indiqué.

Lorsque le but n'est pas visible, on pourra parfois l'encadrer quand même en observant le tir par rapport à des objets visibles ou simplement à des reliefs du sol que des indices ou des renseignements *certains* ont fait reconnaître comme étant situés respectivement en avant ou en arrière du but. L'étendue de la fourchette à rechercher par rapport à ces points de réglage auxiliaires variera suivant les circonstances, mais il y a généralement avantage à adopter une

fourchette large (100 mètres au minimum) en raison même de l'incertitude où l'on est sur la situation exacte de l'objectif principal.

Enfin, on aura — et ce sera là le point délicat — à se faire une opinion sur l'étendue de la zone suspecte et à régler le tir d'efficacité en conséquence.

Salve de contrôle. — On appelle *salve de contrôle* une salve tirée, lorsque le réglage est terminé, avec toutes les pièces qui doivent participer au tir d'efficacité. Elle a pour but de vérifier les éléments du tir d'efficacité et, en outre, dans le tir contre obstacle, d'améliorer la hausse, s'il y a lieu.

La salve de contrôle est tirée en coups fusants bas ou en coups percutants, suivant que le tir d'efficacité doit être fusant ou percutant, et sur la hausse de départ de ce tir.

La salve de contrôle peut être renouvelée lorsqu'elle a entraîné des modifications importantes dans la direction ou la hauteur.

Dans le même ordre d'idées, si le tir de réglage a fourni avec certitude tous les renseignements nécessaires, on peut faire l'économie de la salve de contrôle et passer immédiatement au tir d'efficacité.

IX. — Le tir d'efficacité.

Le *tir d'efficacité* peut être exécuté, suivant la nature de l'objectif, soit à obus à mitraille en tir fusant ou percutant, soit à obus explosifs (tir percutant).

Il a pour but la destruction de l'adversaire ou tout au moins sa neutralisation, en lui imposant la cessation momentanée et plus ou moins complète de son activité.

Tir fusant. — Une pièce de 90 qui tire fusant et dans des conditions aussi identiques que possible un ensemble d'obus à mitraille bat efficacement aux différentes distances les zones de terrain indiquées dans le tableau ci-dessous.

Ce tableau est établi en supposant que la trajectoire moyenne passe par le pied du but et que la hauteur d'éclate-

ment moyenne soit la hauteur-type, c'est-à-dire 4 millièmes de la distance.

PORTÉES	LONGUEUR	LARGEUR	LONGUEUR de la portion de la zone située	
			en deçà du but	au delà du but
mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
1.500	250	51	105	145
2.000	254	52	85	169
2.500	260	53	70	190
3.000	268	54	60	208
3.500	277	56	54	223
4.000	287	58	51	236

Il résulte de ce tableau qu'aux distances ordinaires de combat, une pièce de 90 tirant sur une hausse donnée et sans fauchage bat efficacement une ellipse dont le demi grand axe a au minimum 125 mètres et le demi petit axe 25 mètres ; avec ces chiffres, la formule connue, $\pi.ab$ de la surface de l'ellipse donne :

$$\pi.ab = \pi.\ 125.\ 25 = 9812\ m^2.\ 50,$$

soit en chiffres ronds un hectare de terrain

On voit de même qu'une batterie de 6 pièces de 90 ayant 80 mètres de front peut, avec un échelonnement convenable, battre sans fauchage un front de 300 mètres. On sait qu'une batterie de 4 pièces de 75 ne bat sans fauchage qu'un front d'environ 100 mètres.

Fauchage. — Le fauchage est une opération rapide avec le 75, où le pointeur peut faire coulisser la pièce sur son essieu, en agissant à la main sur le volant de pointage en direction et obtenir ainsi très aisément des déplacements angulaires assez étendus.

La pièce de 90 n'offre pas les mêmes commodités, mais elle n'en a pas moins la possibilité de battre la totalité du front qui lui est assigné.

La règle à appliquer est la suivante :

Le commandant de batterie divise la largeur de la zone à battre en autant de tranches qu'il y a de pièces et assigne une tranche à chaque pièce. Si la largeur de chaque tranche ne dépasse pas le front d'efficacité satisfaisante d'une pièce (30 mètres environ avec le 90), chaque pièce tire sur le milieu de sa tranche. Dans le cas contraire, chaque pièce est pointée sur l'extrémité droite de sa tranche ; on tire successivement : avec cette première direction, puis, vers la gauche, avec cette direction modifiée de 2 en 2 décigrades (fauchez moitié), de 4 en 4 décigrades (fauchez) ou de 8 en 8 décigrades (fauchez double), jusqu'à ce que la tranche entière ait été battue ; on revient en sens inverse et ainsi de suite.

Voici un exemple des commandements à faire.

Supposons qu'à 5.000 mètres la tranche à battre par chaque pièce ait 12 décigrades, soit 90 mètres (30 mètres correspondant à 4 décigrades pour 5.000 mètres).

Le capitaine commande :

« Par 3, fauchez » — « 5.000 ».

A la fin de ce fauchage, chaque pièce se trouve dans une direction décalée de 8 décigrades de sa position primitive.

Si le capitaine n'a pas l'intention de continuer un tir de fauchage, il ramène les pièces dans leur direction primitive par le commandement :

« Augmentez de 8 ».

S'il veut continuer le fauchage, soit sur la même hausse, soit sur une hausse différente, il commande simplement la distance :

« 5.000 » ou, par exemple, « 5.100 ».

Les pièces tirent 3 coups en faisant varier, chaque fois, la direction de 4 décigrades vers la droite, ce qui les ramène dans leur direction première.

Lorsque le nombre de salves est impair, le capitaine ramène les pièces à leur direction de départ par l'augmentation du nombre convenable de décigrades, par exemple :

« Augmentez de 8 », si l'on a fauché par 3, à 4 décigrades.

Le fauchage normal comporte des modifications successives de 4 décigrades.

Si le capitaine commande : « Fauchez double », le chef de pièce prescrit des modifications successives de 8 décigrades ;

s'il commande : « Fauchez moitié », le chef de pièce prescrit des modifications de 2 décigrades.

Le tir à mitraille. — Au commandement :

« Sur tel but, à mitraille »,

si la pièce est chargée avec un obus à mitraille, débouché ou non, elle est immédiatement dirigée et tirée sur le nouveau but, puis elle est successivement chargée, d'abord avec les boîtes à mitraille contenues dans les étuis porte-boîtes à mitraille de l'affût, ensuite avec des obus à mitraille débouchés à la distance zéro et au correcteur 20, au besoin même avec des obus à mitraille non débouchés.

Si la pièce est chargée avec un obus allongé, elle est tirée sur l'ancien objectif (dans le tir à mitraille on ne doit jamais employer les obus allongés) ; puis la charge et le tir sur le nouveau but sont exécutés comme il a été dit ci-dessus.

La pièce est dirigée sur le but ; le pointeur la pointe en hauteur en visant par la génératrice supérieure du renfort.

Si la pièce est chargée avec une boîte à mitraille ou un obus débouché à zéro, il pointe sur le but lui-même.

Dans tout autre cas, il pointe sur le sol à mi-distance entre le but et la pièce.

Mécanismes du tir d'efficacité. — Les mécanismes habituels employés dans les tirs d'efficacité sont :

Le tir sur hausse unique ;

Le tir par salves ou rafales échelonnées ;

Le tir progressif.

Tous ces tirs peuvent s'exécuter avec ou sans fauchage (le fauchage étant exécuté comme ci-dessus avec le 90).

Le tir sur hausse unique convient contre un objectif mince sur lequel on a eu le temps et la possibilité de resserrer la fourchette à 50 mètres (par exemple une ligne d'infanterie derrière une haie ou dans une tranchée peu profonde).

Ce tir s'exécute sur la hausse de la limite courte, si l'objectif est debout ou à genoux non abrité, sur la hausse de la limite longue, si l'objectif est couché ou abrité.

Le tir par salves ou rafales échelonnées (*n* projectiles tirés sur chacune des hausses successivement commandées),

est un mécanisme très souple, économe de munitions, permettant de faire varier à volonté la vitesse du tir, laissant le capitaine maître d'approprier le bond et le correcteur aux formes du terrain et d'observer chaque salve ou rafale de manière à resserrer les limites du tir.

Il s'applique contre tout objectif mince ou profond dans les limites comprises entre la hausse sûrement courte et la hausse sûrement longue qui ont pu être déterminées.

Le commandant de batterie choisit son échelonnement de hausses d'après la nature et la profondeur de l'objectif. Cet échelonnement peut être de 100 mètres, de 50 mètres et même, dans certains cas, de 25 mètres.

Le tir progressif (2 coups par pièce, 3 coups avec fauchage, tirés à un seul commandement sur 4 hausses successives) est une variété, la plus rapide, mais rigide, du tir par rafales échelonnées.

Il ne convient que lorsqu'il y a un grand intérêt à obtenir le plus tôt possible une certaine efficacité, soit parce que le but est important et fugitif, soit parce qu'il importe de le frapper avant qu'il ne soit en action.

Il s'exécute :

1° En partant de la hausse courte d'une fourchette de 400 mètres obtenue sur le but lui-même ;

2° En partant d'une fourchette de 200 mètres ou mieux encore de 100 mètres obtenue sur la crête (ou le couvert qui cache le but) dans le cas d'un but invisible.

En raison de la grande consommation de munitions qu'il entraîne (48 coups au minimum tirés sans interruption pour une batterie de 90) et aussi de la possibilité d'obtenir sensiblement le même résultat par le tir sur hausses échelonnées, le tir progressif a été interdit jusqu'à nouvel ordre au cours de la guerre actuelle.

Feu commandé par les chefs de section ou chefs de pièce. — Dans certains cas, par exemple lorsque l'objectif comporte un tir plus ou moins lent ou lorsqu'il y a intérêt à faire remplir une mission spéciale par une ou plusieurs fractions de la batterie, le capitaine peut trouver avantageux de confier le commandement de leur section ou de leur pièce aux chefs de section ou aux chefs de pièce.

Le tir s'exécute alors à des indications dont la forme n'est pas obligatoire et qui peuvent être telles que les suivantes :

« Telles sections (ou telles pièces) » ;
« Sur tel front » ;
« Telles distances » ;
« Tant de coups à la minute ».

Le capitaine porte toute son attention sur l'objectif et fait varier les données du tir des différentes fractions d'après les modifications observées dans la forme ou la vulnérabilité du but. Le tir peut être limité à certaines sections ou pièces.

L'ancien règlement du 27 mars 1901 sur le service des canons de 80 et de 90 prévoyait et considérait comme susceptibles d'être employés aussi fréquemment l'un que l'autre, deux mécanismes différents pour le tir de réglage :

1° Le capitaine pouvait séparer la batterie ; il ne gardait alors sous son commandement qu'une ou deux sections, dites *sections guides*, qu'il employait au réglage en portée ; l'autre ou les deux autres sections, dites *sections indépendantes*, assuraient le réglage de la hauteur d'éclatement sous le commandement de leurs chefs de section respectifs ;

2° Le capitaine pouvait aussi ne pas séparer la batterie ; dans ce cas, il employait les trois sections sous son commandement direct au réglage simultané de la portée et de la hauteur d'éclatement.

Les idées sur le tir de l'artillerie de campagne qui avaient cours il y a une vingtaine d'années ne faisaient attacher que peu d'importance au choix de l'un ou l'autre de ces mécanismes. Le tir indirect était alors l'exception ; l'observation se faisait de la batterie même ; pendant que le capitaine réglait la portée avec la section guide, il n'y avait aucune difficulté, ni aucun inconvénient à laisser aux lieutenants chefs des sections indépendantes le soin de régler la hauteur d'éclatement. Lorsque les deux tirs, en portée et en hauteur d'éclatement, étaient réglés, le capitaine reprenait le commandement d'ensemble de la batterie.

Aujourd'hui, le commandement et l'observation à distance étant devenus une règle à peu près invariable, la séparation de la batterie présenterait souvent des difficultés sérieuses d'application.

Il serait, en particulier, à peu près indispensable de

dédoubler le poste de commandement et d'observation et d'installer un double jeu de communications téléphoniques entre ce poste et la batterie.

Il faut donc considérer qu'en principe la batterie ne sera pas séparée et que si certaines circonstances rendent cette séparation avantageuse, il appartiendra au capitaine de la régler lui-même et de donner aux chefs des éléments séparés la mission la mieux appropriée à la situation du moment.

X. — Principes de l'observation.

Observation des écarts en direction. — Pour pouvoir apprécier avec exactitude le sens de l'écart en direction d'un coup, il faut que l'observateur soit dans le voisinage de la pièce qui l'a tiré. L'observation latérale des écarts en direction peut donner lieu à des erreurs notables, principalement lorsque les coups observés sont tirés avec des hausses différant sensiblement de celle du but. La figure 94 permet de se rendre compte des apparences qui se produisent ; K étant un canon, BB′ un objectif, O un observateur latéral, C le point de chute d'un coup en direction, mais long. La figure montre que pour l'observateur O, le coup C paraîtra très à droite du but.



Fig. 94.

Observation des hauteurs d'éclatement. — Les hauteurs d'éclatement sont comptées à partir du pied du but si celui-ci n'est pas abrité dans des retranchements ou derrière une crête ; sinon, elles sont comptées à partir du sommet de la crête couvrante.

Un éclatement est dit *très haut* quand la hauteur est supérieure à deux hauteurs-types ; *haut* quand elle est supérieure à une hauteur-type ; *bas* quand elle est inférieure à une hauteur-type. Un éclatement au-dessous du plan de site doit être considéré comme percutant. Soit par exemple un profil de terrain KCB (fig. 95), un canon en K, un objectif en B et une trajectoire KTMC. Il est évident qu'un projectile qui

éclate fusant en M, au-dessous de KB, doit être considéré comme percutant. Si le plan de site KB avait été matérialisé, le projectile aurait éclaté percutant en P, à la rencontre de la trajectoire avec ce plan.

La hauteur d'une salve de coups fusants est appréciée d'après la hauteur moyenne des éclatements.

Observation des écarts en portée. — Le réglage du tir en portée repose sur la connaissance du sens des écarts en portée des points de chute des projectiles percutants ou des points d'éclatement des projectiles fusants. Il est donc essentiel d'observer avec exactitude et, d'autre part, de ne tenir aucun compte des observations douteuses.

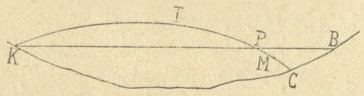


Fig. 95.

Si la fumée cache le but, le point d'éclatement est court ; si le but se détache sur la fumée, le point d'éclatement est long.

Toutefois, on ne peut considérer comme courte la hausse correspondant à un coup fusant dont le nuage d'éclatement a occulté l'objectif, que si la hauteur d'éclatement de ce coup a été inférieure à une demi hauteur-type.

Un coup fusant dont l'éclatement est vu long ou dont la gerbe est toute longue, correspond toujours à une hausse longue, quelle que soit la hauteur d'éclatement.

A défaut de fumée, la poussière et les débris soulevés par la chute des projectiles peuvent fournir des renseignements.

Si le terrain sur lequel se trouve le but est incliné vers la batterie, le coup est *court* ou *long*, suivant que le point de chute est vu au-dessous ou au-dessus du but.

Une salve est dite *courte* ou *longue* suivant que la majorité des coups observés est courte ou longue. Les coups au but sont comptés à volonté comme courts ou longs.

On appelle *salve encadrante* celle qui comprend 3 ou 3 ± 1 coups courts ou longs sur 6, si toutefois toutes les parties du but sont à la même distance de la batterie.

Une salve encadrante percutante doit être considérée comme correspondant à la hausse la plus probable du but.

Une salve encadrante fusante doit être considérée comme

correspondant à une hausse longue, mais voisine de celle du but.

Dans tous les cas, il y a lieu de tenir compte de l'effet produit sur le but par une salve ou un coup, toutes les fois que cet effet a pu être observé *avec certitude*.

L'officier qui observe les coups doit s'astreindre, dès qu'il a pu se faire une opinion sur le sens d'une salve ou d'un coup, à la formuler par l'une des indications : *court*, *long*, *encadrant*, *douteux*. Toutefois, il convient de laisser au nuage le temps de se former.

La décision doit être particulièrement prompte dans le tir des obus explosifs, dont le nuage de fumée noire, servant de base à l'observation, est toujours fugitif.

Observation latérale. — Dans certains cas (tir sur avions ou aéronefs, tir de nuit) on aurait les plus grandes difficultés à connaître le sens des écarts en portée par une observation directe faite du voisinage de la batterie. Il est alors de toute nécessité de recourir à *l'observation latérale*. On verra plus loin que cette observation latérale doit être organisée avec un soin tout particulier pour le tir contre aéronefs, dans lequel la grande vitesse de l'objectif et la recherche de la distance augmentent beaucoup la difficulté du problème. La direction étant assurée et l'observateur placé à droite de la batterie par exemple, tout coup vu par cet observateur à droite du but sera long, tout coup vu à gauche sera court.

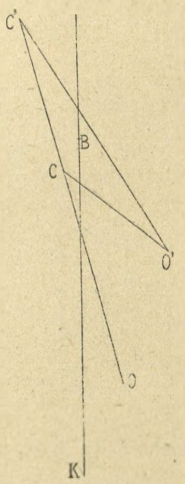


Fig. 96.

La distance de l'observateur à la batterie doit être d'autant plus grande que l'exactitude de la direction est moins sûre et que le but est (ou peut devenir) plus éloigné.

En voici un exemple (fig. 96). Soient une pièce K, un objectif B et deux coups, non en direction, l'un court, C, l'autre long, C'.

Soient deux observateurs latéraux, O et O'.

L'observateur O, plus rapproché de K, verra C et C' à gauche de B et sera porté à les apprécier tous deux courts. L'observateur O' au contraire; plus éloigné de K, verra C à

gauche et C′ à droite de B. Il sera ainsi amené à apprécier exactement les écarts en portée de ces deux coups.

Lorsqu'on doit tirer de nuit, il y a avantage à déterminer pendant le jour, au moyen de jalons portant des lanternes, l'alignement de la pièce sur le but, puis l'alignement du poste d'observation d'une part sur la pièce, d'autre part, sur le but ou le point de réglage.

L'observateur placé à droite de la pièce directrice observe la direction. L'observateur placé au poste d'observation latérale observe la portée et la hauteur d'éclatement.

Le capitaine, qui peut remplir lui-même les fonctions de l'un des observateurs, règle son tir d'après les observations qu'il fait et celles qui lui sont transmises.

Pour apprécier la hauteur d'éclatement on cherche à constituer une base-repère ; on peut encore utiliser la lunette de batterie en éclairant le micromètre.

Observatoires. — Les observatoires doivent être dissimulés aux vues. Il faut s'abstenir de les installer dans des arbres isolés qui se voient à très grande distance. Lorsqu'ils sont disposés à même le sol, les reliefs qui les protègent

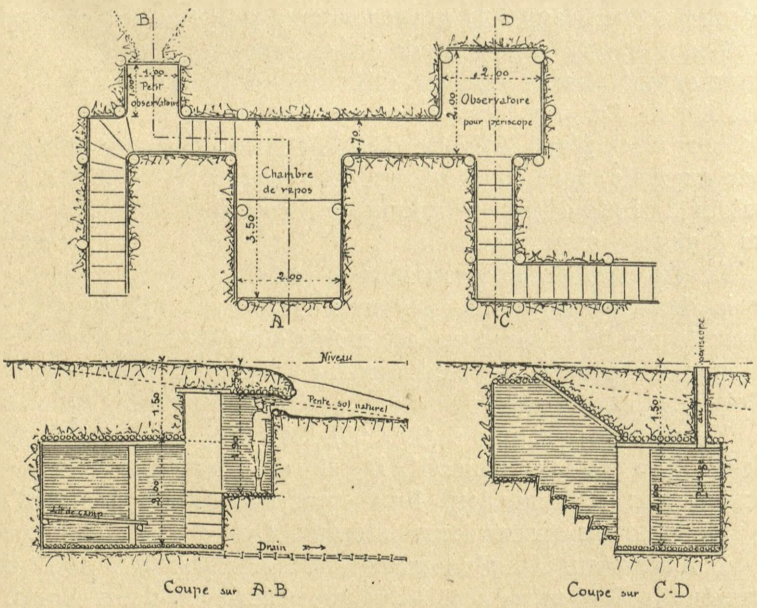


Fig. 97.



On pourra établir les observatoires dans les arbres d'un massif boisé d'une certaine importance. (Croquis du front).

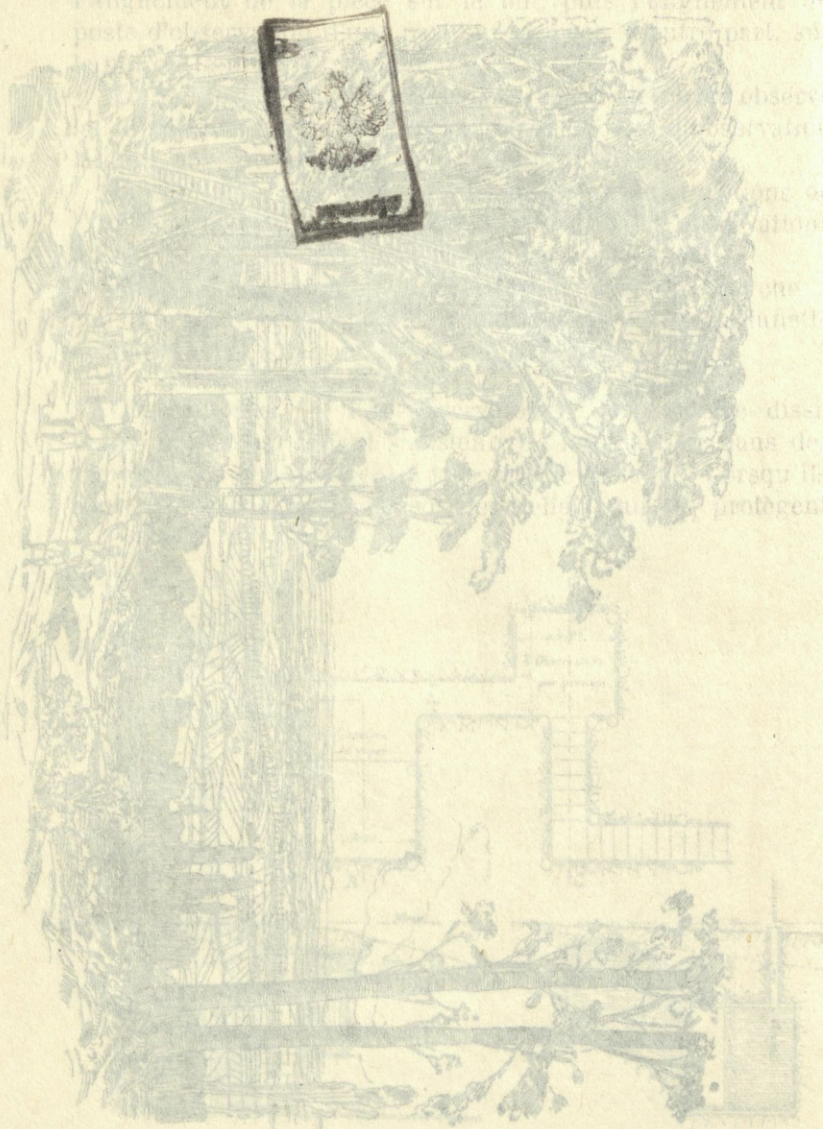


Fig. 98. — Coupe suivant C'D

Fig. 99. — Coupe suivant AB

On pourra adopter la disposition que la figure 98 met sous les yeux. Une
cuisine anglaise. (Coupe du fond).

doivent épouser les formes générales du terrain et ne pas trancher par leur couleur sur la région qui les environne. On pourra, au contraire, à condition de les masquer suffisamment par des branchages, établir des observatoires dans les arbres d'un massif boisé d'une certaine importance. Il y aura avantage aussi à munir de périscopes les observatoires enterrés. La figure 97 montre une disposition avantageuse d'observatoire enterré avec installation de périscope.

Enfin, les batteries qui agissent en liaison avec l'infanterie d'un groupe de tranchées doivent avoir, dans ces tranchées ou à proximité immédiate, des observatoires avec lesquels elles sont reliées téléphoniquement.

XI. — Exécution du tir.

La batterie, sous les ordres du lieutenant le plus ancien, est en position de batterie, aux intervalles prescrits en raison de la situation (ces intervalles peuvent varier de 8 mètres au minimum à 25 ou 30 mètres au maximum). Les avant-trains sont abrités. Le lieutenant commandant la batterie a reçu du capitaine les indications fondamentales qui vont servir de point de départ au tir : point de repère du chef d'escadron, droite de la zone à surveiller (ou point de surveillance) et écartement angulaire entre le point de repère du chef d'escadron et la droite de la zone à surveiller (ou point de surveillance).

Le lieutenant doit d'abord établir son faisceau en parallélisme sur le point de surveillance qui lui a été désigné. Si ce point de surveillance est bien net, visible de toutes les pièces, il peut le prendre comme point de pointage ; sinon il fait choix d'un point de pointage et commande :

« Chefs de pièce et pointeurs sur moi » ;
« Point de pointage : Tel point » ;
« Première pièce : Au goniomètre : Tant » ;
« Echelonnez de — tant » (1) ;
« En surveillance ».

(1) On suppose que le point de pointage est en avant. Si le point de pointage était en arrière il faudrait commander : « Echelonnez de + tant ». Lorsque le point de pointage est en avant, il faut ouvrir le faisceau pour réaliser le parallélisme ; il faut le rétrécir si le point de pointage est en arrière. D'autre part, il ne faut pas oublier qu'en raison du sens

Ouverture du feu. — La batterie étant en surveillance, un objectif peut apparaître, ayant sa droite à une certaine distance angulaire du point de surveillance, par exemple à gauche et à 120 millièmes de ce point.

Si le commandant de batterie veut faire ouvrir le feu, il mesure rapidement l'angle de site (par exemple 1°,20′), évalue la distance (par exemple 3600 mètres) et commande :

« Garde à vous » ;
« Diminuez de 120 » ;
« Angle de site 1°,20′ » ;

puis, successivement, s'il veut régler en tir fusant :

« Par la droite par section » :
« Correcteur 17 » ;
« 3.600 ».

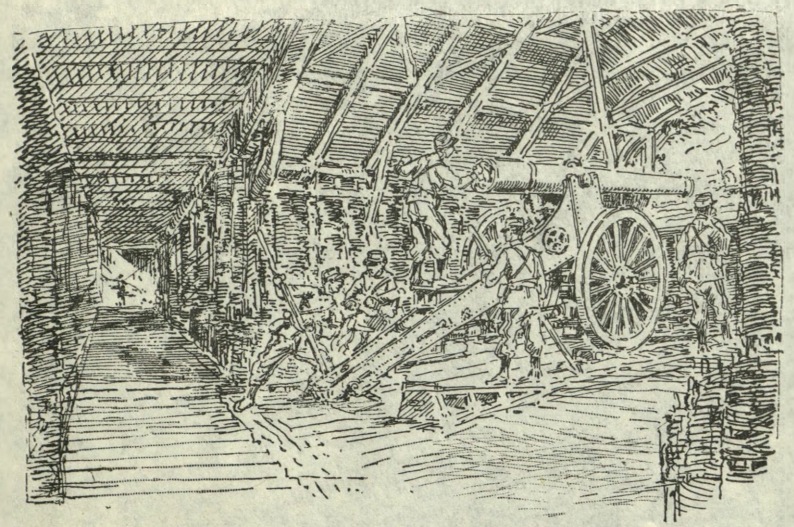
Les exemples ci-après indiquent comment le tir de réglage et le tir d'efficacité s'exécutent dans les cas qui se présentent le plus fréquemment. Ils font ressortir aussi les commandements à faire aux divers échelons : commandant de batterie, chefs de section, chefs de pièce, etc...

Des exemples et cas analogues traités en chambre, constituent la meilleure des préparations aux instructions sur le terrain et, par suite, au tir réel.

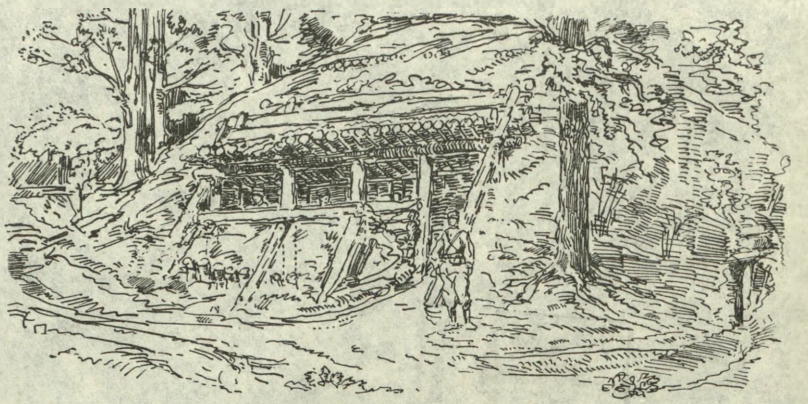
---

des graduations du goniomètre de 90, l'échelonnement négatif donne une ouverture du faisceau, nécessaire pour passer au parallélisme lorsque le point de pointage est en avant. De même, lorsque le point de pointage est en arrière, l'échelonnement positif réalise une fermeture du faisceau, nécessaire dans ce cas pour obtenir le parallélisme.

En résumé, il faut s'habituer et habituer le personnel à appliquer cette terminologie : *Echelonnez de* $\pm$ *tant*, réglementaire dans le tir de siège et qu'il n'y a aucune raison de ne pas appliquer au 90. A titre d'exemple, le commandement étant : *Première pièce : au goniomètre : 380 — Echelonnez de — 3.* La première pièce prend 380, la 2e 377, la 3e 374, la 4e 371, la 5e 368, la 6e 365.



Exécution d'un tir dans une batterie enterrée. Vue perspective de la communication. (Croquis du front).



Une des entrées de la batterie. (Croquis du front).

PREMIER EXEMPLE DE COMMANDEMENT

Tir contre une artillerie qui se révèle par ses lueurs en arrière d'une ligne de haies à 3.500 mètres environ.

La batterie de 90 est placée à intervalles de 18 mètres entre les pièces, dans une position défilée aux vues à 600 mètres en arrière d'une crête; au voisinage de cette crête le capitaine a établi son observatoire qui est relié téléphoniquement avec la batterie. Sur les indications du capitaine, le lieutenant a accroché son faisceau parallèle à un arbre situé à 2.000 mètres dans une direction sensiblement perpendiculaire au front et dont le sommet s'aperçoit au-dessus de la crête. Cet arbre est également le point de surveillance choisi et indiqué par le capitaine.

Pour réaliser le parallélisme et la surveillance le lieutenant commande : « Chefs de pièce et pointeurs sur moi ! — Point de pointage l'arbre : (désigner cet arbre très nettement) ». Les pointeurs répondent : « Vu » (ou « Non vu » et alors recommencer la désignation jusqu'au résultat). Le lieutenant commande : « Première pièce, Goniomètre 500, Echelonnez de — 6 ». Le chiffre 6 est obtenu par la division de 18 mètres (front de section) par 3 (distance approximative en kilomètres du point de pointage, soit 2, multipliée par 1,5 pour obtenir la correction en décigrades au lieu de millièmes).

Le lieutenant commande : « En surveillance ». Les pointeurs repèrent et inscrivent à la craie les dérives de repérage de chaque pièce sur les flasques de l'affût.

A ce moment l'artillerie ennemie se révèle à 120 millièmes par exemple à droite du point de surveillance. Cet écart est plus grand pour le capitaine qui est à 600 mètres en avant, que pour la batterie. Le capitaine le transforme donc pour la batterie, soit 100 millièmes, c'est-à-dire 60 décigrades en chiffres ronds.

Il indique aussi en millièmes l'angle de site et le lieutenant le transforme en degrés et minutes. Par exemple : + 1°15'.

NUMÉROS des salves	COMMANDEMENTS DU LIEUTENANT DE TIR, d'après les indications du capitaine	COMMANDEMENTS DES CHEFS DE SECTION — 1re SECTION	2e SECTION	3e SECTION	OBSERVATION des COUPS	DÉBOUCHEUR	1re PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	2e PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	3e PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	4e PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	5e PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	6e PIÈCE — CHEF DE PIÈCE	POINTEUR	OBSERVATIONS
TIR DE RÉGLAGE PAR SALVES DE SECTION																			
1re	Augmentez de 60 Angle de site + 1°15 Par la droite par section Correcteur 17 3600 Feu	Augmentez de 60 Angle de site + 1°15 Par la droite par section Correcteur 17 3600 - 10°30 1re section, prête Feu	Augmentez de 60 Angle de site + 1°15 Par la droite par section Correcteur 17 3600 - 10°30	Augmentez de 60 Angle de site + 1°15 Par la droite par section Correcteur 17 3600 - 10°30		2 percutants à droite 10 décigrades	Correcteur 17 3600	Augmentez de 60 10°30 Feu	10°30	Augmentez de 60 10°30 Feu	10°30	Augmentez de 60 10°30	10°30	Augmentez de 60 10°30	10°30	Augmentez de 60 10°30	10°30	Augmentez de 60 10°30	10°30	
2e	Diminuez de 10 Correcteur 21 3600 Feu	Diminuez de 10 Correcteur 21 3600 - 10°30	Diminuez de 10 Correcteur 21 3600 - 10°30 2e section, prête Feu	Diminuez de 10 Correcteur 21 3600 - 10°30		2 fusants à 3 millièmes Bonne direction, douteux en portée.	Correcteur 21 3600	Diminuez de 10 10°30	10°30	Diminuez de 10 10°30	10°30	Diminuez de 10 10°30 Feu	10°30	Diminuez de 10 10°30 Feu	10°30	Diminuez de 10 10°30	10°30	Diminuez de 10 10°30	10°30	
3e	Correcteur 19 3600 Feu	Correcteur 19 3600 - 10°30	Correcteur 19 3600 - 10°30	Correcteur 19 3600 - 10°30 3e section, prête Feu		2 fusants à 1 millième Bonne direction LL	Correcteur 19 3600	10°30	10°30	10°30	10°30	10°30	10°30	10°30	10°30	10°30 Feu	10°30	10°30 Feu	10°30	
4e	3200 Feu	3200 - 8°50 1re section, prête Feu	3200 - 8°50	3200 - 8°50		2 fusants à 1 millième Bonne direction CC	3200	8°50 Feu	8°50	8°50 Feu	8°50	8°50	8°50	8°50	8°50	8°50	8°50	8°50	8°50	
5e	3400 Feu	3400 - 9°40	3400 - 9°40 2e section prête Feu	3400 - 9°40		2 fusants à 1 millième CC	3400	9°40	9°40	9°40	9°40	9°40 Feu	9°40	9°40 Feu	9°40	9°40	9°40	9°40	9°40	
SALVE DE CONTRÔLE																			
6e	Par la droite par batterie 3500 Feu	Par la droite par batterie 3500 - 10°5 1re section prête Feu	Par la droite par batterie 3500 - 10°5 2e section prête Feu	Par la droite par batterie 3500 - 10°5 3e section prête Feu	CC LC LL		3500	10°5 Feu	10°5	10°5 Feu	10°5	10°5 Feu	10°5	10°5 Feu	10°5	10°5 Feu	10°5	10°5 Feu	10°5	
TIR D'EFFICACITÉ PAR RAFALES ÉCHELONNÉES (L'objectif se présente sous un front F de 40 millièmes. La batterie au parallélisme couvre $\frac{90}{3,5}$ = 25 millièmes. Pour l'échelonnement, on a donc : $\frac{F-f}{5} = \frac{40-25}{5}$ = 3 millièmes, soit 2 décigrades, d'où : Echelonnez de — 2)																			
7e	Correcteur 22 Echelonnez de - 2 3450 Feu	Correcteur 22 Echelonnez de - 2 3450 - 9°50	Correcteur 22 Echelonnez de - 2 3450 - 9°50	Correcteur 22 Echelonnez de - 2 3450 - 9°50		Correcteur 22 3450	9°50 Feu	9°50	Diminuez de 2 9°50 Feu	9°50	Diminuez de 4 9°50 Feu	9°50	Diminuez de 6 9°50 Feu	9°50	Diminuez de 8 9°50 Feu	9°50	Diminuez de 10 9°50 Feu	9°50	Cette 7e salve, de répartition, est tirée par un.	
8e	Par deux 3550 Feu Feu	Par deux 3550 - 10°15	Par deux 3550 - 10°15	Par deux 3550 - 10°15		3550 1 - 1 2 - 2	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	Par deux 10°15 Feu Feu	10°15	A partir de la 8e salve, on tire par deux. Les hausses successives sont échelonnées de 100 mètres en 100 mètres.	
9e	3650 Feu Feu	3650 - 10°40	3650 - 10°40	3650 - 10°40		3650 1 - 1 2 - 2	10°40 Feu Feu	10°40	10°40 Feu Feu	10°40	10°40 Feu Feu	10°40	10°40 Feu Feu	10°40	10°40 Feu Feu	10°40	10°40 Feu Feu	10°40		
10e	3750 Feu Feu	3750 - 11°5	3750 - 11°5	3750 - 11°5		3750 1 - 1 2 - 2	11°5 Feu Feu	11°5	11°5 Feu Feu	11°5	11°5 Feu Feu	11°5	11°5 Feu Feu	11°5	11°5 Feu Feu	11°5	11°5 Feu Feu	11°5		

TROISIEME EXEMPLE DE COMMANDEMENT

Village a démolir.

Un bataillon d'infanterie ennemie s'étant retranché dans un village, la batterie de 90 reçoit l'ordre de démolir le village.

Le village est à environ 2.500 mètres, la surface à démolir est un rectangle de 300 mètres de front sur 200 mètres de profondeur.

Le front battu par la batterie en surveillance est de 90 mètres à 2.500 mètres,
soit : 36 millièmes = 24 décigrades.

Le front à battre étant de 300 mètres à 2.500 mètres :
soit : 120 millièmes = 80 décigrades,

l'échelonnement pour battre tout le front sera de 80 — 24 = 56 décigrades, soit un échelonnement de — 10. Chaque pièce pointée ainsi à la droite de sa tranche et ayant à arroser un front de 50 à 60 mètres, le fauchage par 4 et de 4 en 4 décigrades donnera une densité de feu satisfaisante.

NUMÉROS des salves	COMMANDEMENTS DU LIEUTENANT DE TIR, d'après les indications du capitaine	COMMANDEMENTS DES CHEFS DE SECTION 1re SECTION	2e SECTION	3e SECTION	OBSERVATION des COUPS	DÉBOUCHEUR	1re PIÈCE CHEF DE PIÈCE	1re PIÈCE POINTEUR	2e PIÈCE CHEF DE PIÈCE	2e PIÈCE POINTEUR	3e PIÈCE CHEF DE PIÈCE	3e PIÈCE POINTEUR	4e PIÈCE CHEF DE PIÈCE	4e PIÈCE POINTEUR	5e PIÈCE CHEF DE PIÈCE	5e PIÈCE POINTEUR	6e PIÈCE CHEF DE PIÈCE	6e PIÈCE POINTEUR	OBSERVATIONS
TIR DE RÉGLAGE																			
1	En surveillance Echelonnez de — 10 Angle de site + 15′ A obus explosifs Par la droite, par section 2400	En surveillance Echelonnez de — 10 Angle de site + 15′ A obus explosifs Par la droite, par section 2400 - 5°20	En surveillance Echelonnez de — 10 Angle de site + 15′ A obus explosifs Par la droite, par section 2400 - 5°20	En surveillance Echelonnez de — 10 Angle de site + 15′ A obus explosifs Par la droite, par section 2400 - 5°20			5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	5°20	On admet ici que dans la formation du faisceau de surveillance, la 1re pièce est accrochée à la partie droite de l'objectif. Le tir est réglé sur la 1re ligne des maisons.
	Feu	1re section, prête Feu			CC		Feu		Feu										
2	2600	2600 - 5°55	2600 - 5°55	2600 - 5°55			5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	
	Feu		2e section, prête Feu		LL						Feu		Feu						
3	2500	2500 - 5°40	2500 - 5°40	2500 - 5°40			5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	Il est inutile de vérifier la hausse 2.500 avec une salve de section puisque le tir doit se faire par salves successives de batterie. Le capitaine passe de suite au tir d'efficacité en fauchant 4 fois, ce qui ramène les pièces dans la position de surveillance.
	Feu			3e section, prête Feu	CL										Feu		Feu		
TIR D'EFFICACITÉ PAR SALVES ET FAUCHAGE																			
	Par batterie Par 4, fauchez 2500	2500 - 5°40	2500 - 5°40	2500 - 5°40			5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	5°40	A son 4e coup de fauchage chaque pièce se trouvera décalée de 12 décigrades, soit 45 mètres sur la gauche.
	2600	2600 - 5°55	2600 - 5°55	2600 - 5°55			5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	5°55	Au 4e coup de fauchage, la pièce est revenue à la position de surveillance.
	2700	2700 - 6°15	2700 - 6°15	2700 - 6°15			6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	Décalage de 12 décig. à gauche au 4e coup de fauchage et ainsi de suite.
	2700	2700 - 6°15	2700 - 6°15	2700 - 6°15			6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	6°15	Suivant les résultats obtenus on peut ou continuer un tir analogue par salves échelonnées ou commander « Halte au feu ».

XIII. — Procédés spéciaux de réglage.

Réglage de tir par l'observation latérale. — Nous donnerons d'abord l'exemple ci-après d'un genre de tir de campagne qu'on est appelé fréquemment à exécuter dans la guerre actuelle : *le tir à l'aide de la carte, par la méthode de l'observation latérale.*

Sur la carte ci-contre (fig. 98), on a marqué l'emplacement B (pièce de droite) d'une batterie de 90 ayant devant elle de nombreux couverts boisés ; cette batterie doit contre-battre, à environ 5.400 mètres, une batterie adverse signalée par avions et établie en B′ vers la cote 130.

L'observateur latéral, en fait le commandant de batterie, est en O ; il est relié téléphoniquement à sa batterie. Il a marqué sur sa carte la direction du tir BB′ et la direction OB′ de sa ligne d'observation. Sur sa carte figurent également : à la sortie ouest du village de Coutevroult, un grand peuplier P qu'il a désigné comme point de surveillance et la droite PB qui joint ce peuplier à la pièce B (pièce de droite de la batterie).

Une mesure au rapporteur sur la carte montre que l'angle PBB′ est égal à 1105 décigrades (fig. 99).

Pour diriger la pièce de droite sur le but, il faudra donc la pointer sur P avec 395 ; la batterie sera ensuite mise en parallélisme sur la pièce de droite.

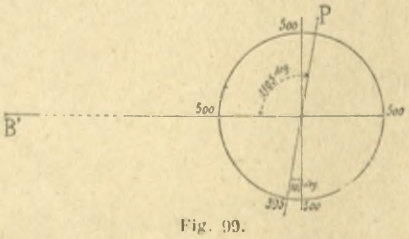
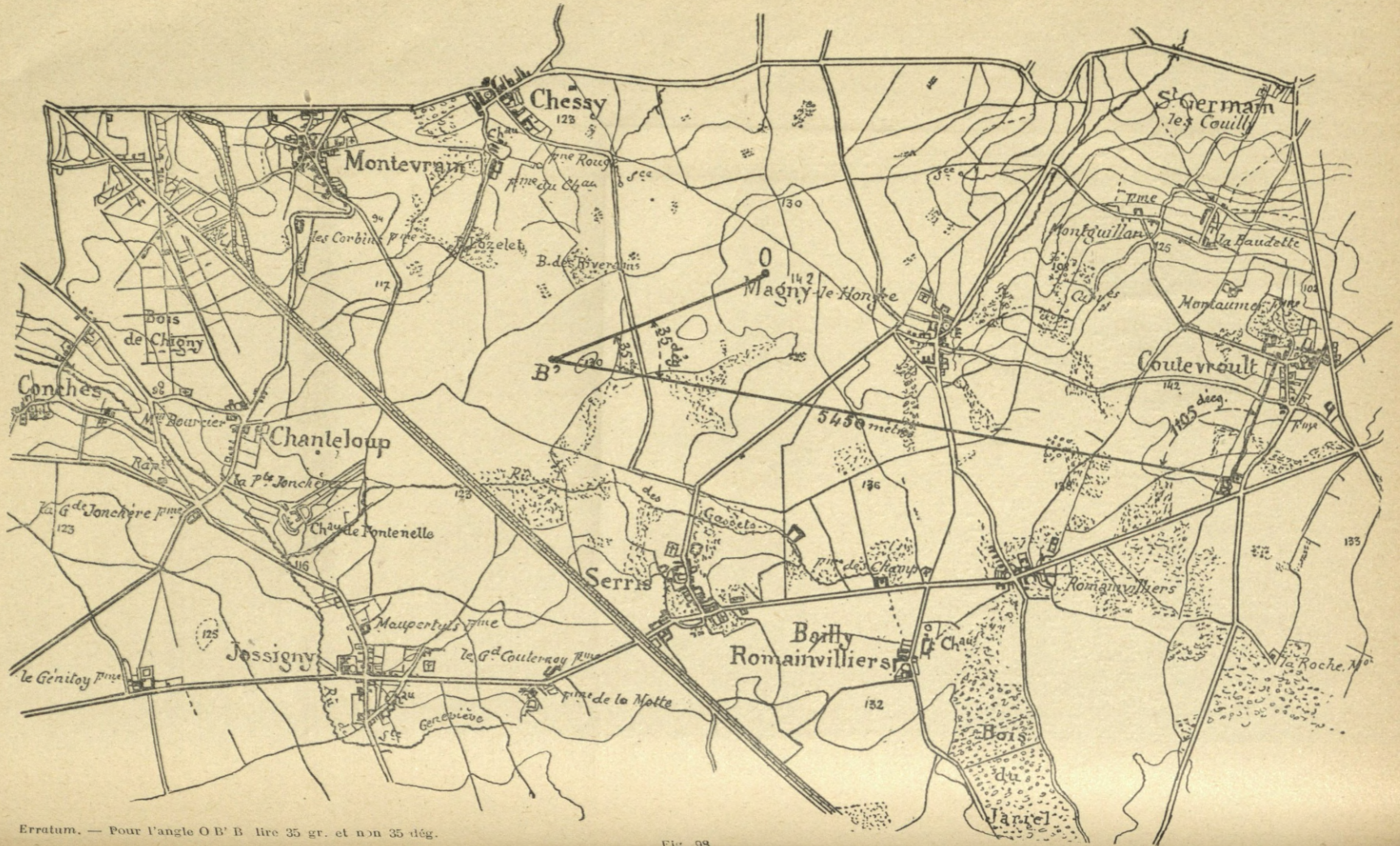


Fig. 99.

Avant d'indiquer en détail comment procédera le commandant de batterie, exposons d'abord, sur ce cas concret, le principe de la méthode.

Ce principe est que le réglage en portée se fait, comme dans le cas général, par bonds successifs et jusqu'à ce qu'on obtienne un encadrement convenable. Mais le fait de l'observation latérale entraîne une nécessité nouvelle, celle du *bond en direction* qui doit accompagner le *bond en portée* pendant toute la durée du réglage en portée.

Supposons, par exemple, qu'on ait débuté par des coups courts.



Erratum. — Pour l'angle O B' B lire 35 gr. et non 35 dég.

Fig. 98.

Pour que l'observation de la portée puisse être faite de O, le point d'éclatement d'un coup donné doit, non pas se trouver sur la ligne BB′, mais être amené sur la ligne OB′ de façon à se placer *sur la ligne d'observation*, interposé entre l'observateur et le but (si le coup est court) ou *sur le prolongement de la ligne d'observation*, le but interposé entre le point d'éclatement et l'observateur (si le coup est long). Supposons d'abord que ce résultat ait été obtenu et qu'on ait un premier coup court en C sur la ligne d'observation (fig. 100). Le coup étant court, le commandant de batterie fait un bond en avant avec la fourchette normale ; supposons que ce bond soit de 400 mètres. Or, s'il n'est pas fait simultanément une correction de direction, le coup suivant tombera en un point D tel que DC = 400 mètres ; ce coup se trouvera ainsi en dehors de la ligne d'observation et sera perdu pour le réglage. Il en sera autrement si, par une correction en direction préalable égale à DC′ et faite en même temps que la correction en portée, le commandant de batterie a eu le soin de ramener d'avance le second coup sur la ligne d'observation OB′.

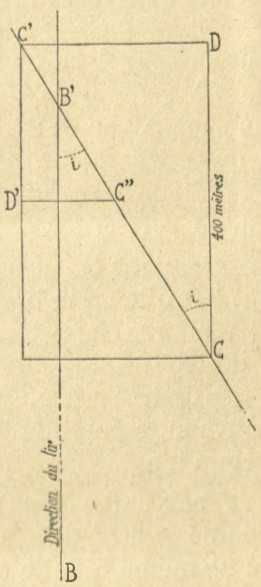


Fig. 100.

Déterminons, dans le cas concret où nous nous trouvons, la valeur de cette correction de direction.

Appelons i l'angle C′CD = OB′B (à une quantité négligeable près). La mesure de cet angle sur la carte donne 350 décigrades ; on a dès lors :

$$C'D = CD \text{ tg. } i = 400 \text{ tg. } 35 \text{ gr.}$$

ou, comme tg. 35 gr. = 0,613,

$$C'D = 400 \times 0{,}613 = 245 \text{ m.}$$

Pour maintenir le second coup, sur la ligne d'observation il faudra donc, en même temps que le bond en portée, faire une correction de dérive telle que le point de chute de ce coup, qui serait naturellement en D, soit reporté de 245 mètres sur la gauche.

La distance de tir appréciée étant par exemple de

5.400 mètres, cette correction de dérive sera la parallaxe en décigrades de 245 mètres à cette distance, soit :

$$\frac{245}{1{,}5 \times 5{,}4} = 32 \text{ décigrades en chiffres ronds.}$$

En même temps qu'on commandera le bond de 400 mètres en portée, il faudra donc, pour reporter le coup à gauche de 245 mètres, commander une diminution de dérive de 32 décigrades.

Supposons que le second coup soit long et tombe en C', on fera un bond en arrière, mais de 200 mètres seulement, pour resserrer la fourchette. Il est facile de voir que pour maintenir ce troisième coup sur la ligne d'observation, le point de chute naturel D' de ce coup doit être déplacé sur la droite, de $D'C'' = \frac{DC'}{2}$ et que, pour cela, il faut augmenter la dérive de 16 décigrades. On continuera le réglage en portée sur la ligne d'observation d'après le même principe, chaque bond en avant étant accompagné d'une correction de dérive dans un sens et chaque bond en arrière étant accompagné d'une correction de dérive en sens contraire de la précédente. En outre, la valeur absolue des corrections de dérive dans un sens ou dans l'autre est proportionnelle à l'amplitude du bond en portée.

Ainsi, dans le cas examiné, le poste d'observation latérale étant à droite de la ligne de tir, nous partons du bond initial de 400 mètres en portée. A ce bond correspond une correction de dérive de 32 décigrades qui est négative si le bond de 400 mètres est en avant (consécutif à un coup court) et positive si le bond de 400 mètres est en arrière (consécutif à un coup long).

Si, par suite d'encadrement du but, le bond est réduit à moitié, c'est-à-dire à 200 mètres, la correction de dérive sera de même réduite à moitié (16 décigrades au lieu de 32), dans un sens ou dans l'autre. Si le bond en portée se resserre à 100 mètres, la correction de dérive sera de même réduite à 8 décigrades.

Il reste maintenant à indiquer comment on opérera au début du tir, pour amener, dès les premiers coups, les points de chute sur la ligne d'observation.

Le premier point de chute étant en c_1 (fig. 101), à peu près en bonne direction, si les mesures d'angle et de distance ont été faites avec soin sur la carte, le commandant de batterie verra ce point c_1 sur la gauche de sa ligne d'observation OB′ ; il devra, avant de commander aucune correction en portée, ramener ce point de chute de c_1 en F par des corrections de direction successives. Pour ce réglage en direction, il opérera selon la méthode générale, par bonds successifs, diminuant en amplitude pour resserrer de plus en plus l'encadrement sur F. La valeur à adopter pour le premier bond en direction n'a pas, à vrai dire, une grande importance, parce que le resserrement de la fourchette suivant une progression géométrique amènera toujours rapidement au résultat. Néanmoins, afin d'éviter toute hésitation, on convient d'adopter, pour ce transport du premier point de chute sur la ligne d'observation, un bond initial en direction égal à celui indiqué ci-dessus comme correspondant au bond normal en portée.

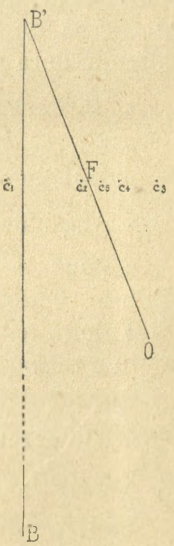


Fig. 101.

Dans le cas de la figure, le premier point de chute apparaissant à gauche de OB′ en c_1, la correction initiale de dérive sera : « augmentez de 32 ». Si cette correction amène le point de chute suivant encore à gauche de OB′, en c_2, la seconde correction en direction sera encore : « augmentez de 32 », qui amènera par exemple le troisième point de chute en c_3, à droite de OB′. La troisième correction sera alors : « diminuez de 16 » ; supposons qu'elle donne un quatrième point de chute c_4, encore à droite de OB′, on fera la correction ; « diminuez de 8 » qui, dans le cas de la figure, amènera le 5e point de chute en c_5, c'est-à-dire très près de F qui se trouve sur la ligne d'observation.

A partir de ce moment, on continuera le réglage en portée, *sur la ligne d'observation*, comme il a été dit ci-dessus, jusqu'à ce que l'objectif ait été encadré dans des limites assez resserrées pour commencer le tir d'efficacité. Il est évident d'ailleurs que, les points d'éclatement étant alors très voisins du but, la perspective du tableau qu'ils offriront par rapport à l'objectif différera très peu, qu'on la voie dans la direction

BB′ ou dans la direction OB′. Enfin, on pourra aussi, à partir de ce moment, assurer très aisément la répartition du tir suivant le front de l'objectif à battre.

Indiquons maintenant d'un peu plus près comment ce double réglage du tir sera conduit.

Le commandant de la batterie établi à l'observatoire O, mais ayant préalablement fait ses mesures à la batterie même et donné au lieutenant de tir les instructions nécessaires commandera :

« Garde à vous » ;

« Sur le peuplier de Coutevroult — pièce de droite : 395 — parallélisme » ;

« Angle de site : — 5′ » ;

« Pour la section de droite seulement » (on n'emploie qu'une section pour diminuer la consommation des projectiles dont les points de chute seront ramenés sur la ligne d'observation et se trouveront ainsi en dehors de la direction utile pendant la durée du réglage en portée) ;

« Tir percutant » ;

« 5.400 ».

La ligne de tir étant BB′ et le poste d'observation O, supposons que le point de chute moyen de la première salve soit en c_1 (fig. 102), c'est-à-dire court, mais à peu près en direction. Ce point de chute ainsi placé est à gauche de la ligne d'observation OB′. Le commandant de batterie, adoptant la fourchette d'observation latérale définie plus haut, fait le commandement :

« Augmentez de 32 »

qui détermine une seconde salve. Supposons que cette seconde salve donne un point de chute moyen c_2 encore à gauche de OB′, le commandant de batterie commande une seconde fois :

« Augmentez de 32 ».

Supposons que le 3e coup tombe en c_3 à droite de OB′, le commandant de batterie commande :

« Diminuez de 16 »

et ramène ainsi le coup en c_4 qui, dans le cas de la figure,

se trouve encore à droite de OB' ; un dernier commandement :

« Diminuez de 8 »

ramène très sensiblement le coup suivant dans la direction de la ligne d'observation en c_5 et permet enfin d'observer le sens de l'écart en portée : *court.*

Ce premier résultat étant obtenu, le commandant de batterie opère ensuite ses bonds simultanés, *en portée et en*

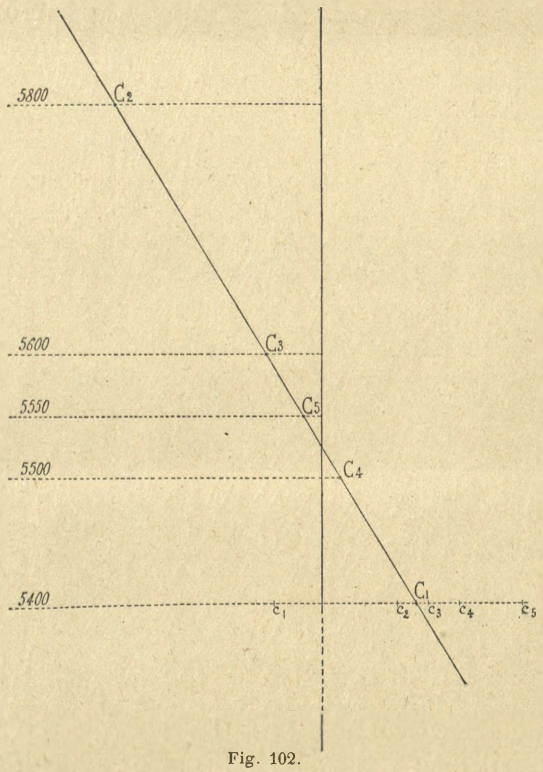


Fig. 102.

direction comme il a été dit ci-dessus, en utilisant la fourchette d'observation latérale.

Les commandements se succèdent, par exemple, dans l'ordre suivant, d'après les observations faites :

I. « 5.400 » — (Vérification du coup c_5 tiré dans les conditions précédentes) ;
(Court et en direction — C_1).

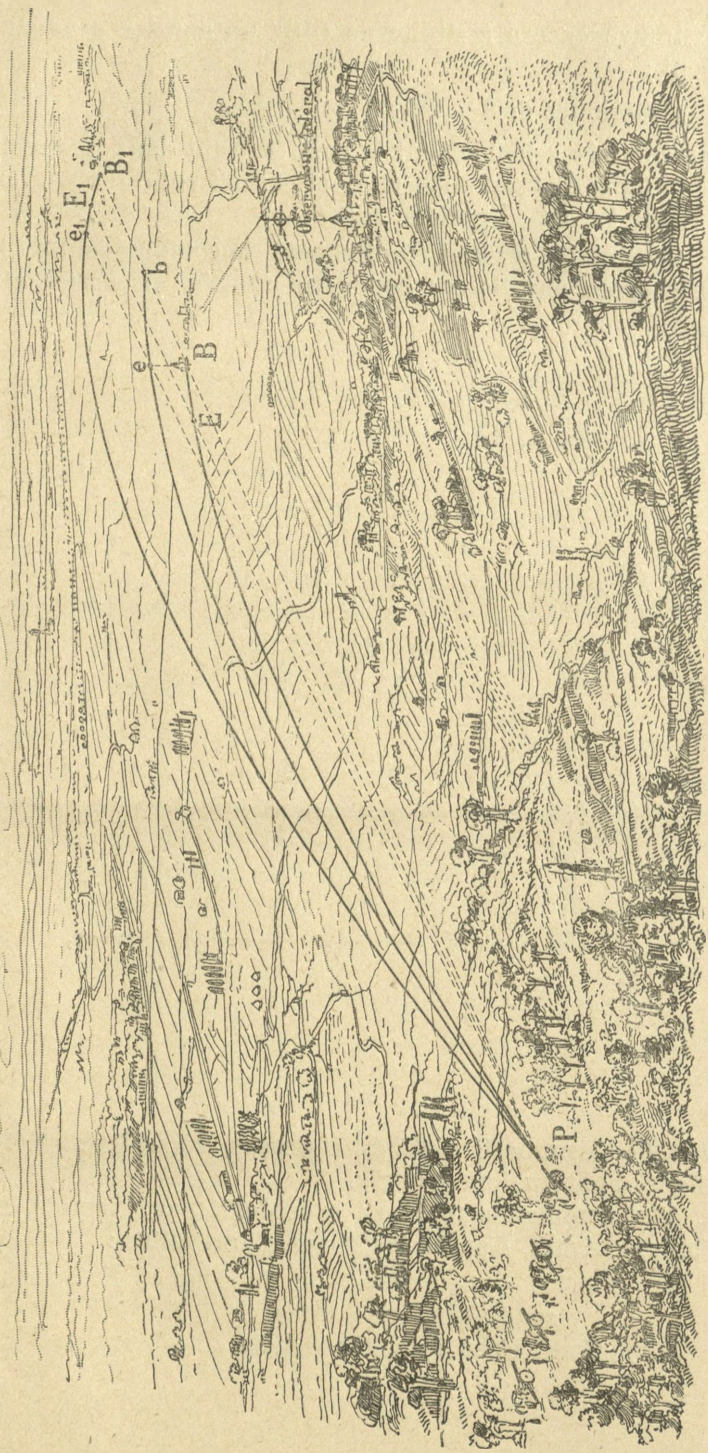


Fig. 103.

II. « Diminuez de 32 » — 5.800 ;
(Long et en direction — C_2).

III. « Augmentez de 16 » — 5.600 ;
(Long et en direction — C_3).

IV. « Augmentez de 8 » — 5.500 ;
(Court et en direction — C_4).

V. « Diminuez de 4 » — 5.550 ;
(Long et en direction — C_5).

Le but, une batterie d'artillerie, est encadré à 50 mètres entre 5.500 et 5.550.

Le commandant de la batterie exécute alors une salve de contrôle avec toute la batterie, les pièces en parallélisme (1), puis répartit le tir et passe au tir d'efficacité qui s'exécute suivant les règles habituelles.

Procédé de réglage du tir par l'observation des coups fusants hauts. — Le réglage du tir peut être exécuté à l'aide d'une série de coups fusants, débouchés et observés dans les conditions suivantes :

Une batterie étant en P (fig. 103), un objectif en B et un observatoire en O, le commandant de batterie évalue la distance, procède comme d'habitude pour l'indication de l'angle de site et de l'angle de tir, fait déboucher l'évent correspondant à la distance évaluée et ouvre le feu. La trajectoire de début, qu'il s'agit de régler, sera par exemple PB_1, au lieu d'être PB ; le projectile éclatera en E_1 l'angle E_1PB_1 étant à peu de chose près l'angle de hauteur-type.

Si, de la batterie, on peut bien observer l'éclatement, on se contente du correcteur correspondant à la hauteur-type ; sinon, on relève le correcteur et on amène par exemple l'éclatement en e_1.

Ceci étant, les indications de l'observateur latéral sur le sens des écarts en portée de l'éclatement permettent un premier réglage en portée qui amènera l'éclatement à se produire en e sur la verticale du but.

A ce moment, le commandant de la batterie évalue en

(1) Le parallélisme sera réalisé, ou plutôt, maintenu automatiquement, si, pendant le réglage en portée (avec une seule section) toutes les pièces de la batterie opèrent au fur et à mesure les modifications de dérive prescrites à la section de réglage.

millièmes (ou en minutes) l'angle *e*PB et diminue d'autant l'angle de tir. La trajectoire s'abaisse ainsi en PB et le point d'éclatement passe de *e* en B. Pour le ramener au point convenable, en E, il suffit de diminuer la durée de combustion de la fusée de 0″,4 autrement dit d'augmenter le correcteur de 4 divisions. L'éclatement E se produira sur la ligne de hauteur-type PEE_1.

Ce mode de réglage exige deux observateurs : un observateur latéral, qui indique les écarts en portée des points d'éclatement et un observateur à la batterie ou à proximité immédiate, qui évalue les hauteurs d'éclatement.

Procédé de réglage du tir par l'observation bilatérale. — Lorsqu'il est impossible ou par trop difficile d'assurer le réglage du tir par l'une des méthodes exposées précédemment, on peut recourir à la méthode de réglage par l'observation bilatérale, dont le principe et le mode d'application sont indiqués ci-après.

L'observation bilatérale convient particulièrement aux tirs contre les objectifs sans relief suffisant, mais dont un point est visible ou dont la position est connue exactement, ainsi qu'aux tirs contre les objectifs lumineux (projecteurs, feux de bivouacs, etc...)

Une condition *indispensable* de son application est que l'objectif offre un *point précis, bien net, facile à définir aux deux observateurs et facile à observer.* Négliger cette condition essentielle d'*observer par rapport à un point précis*, enlèverait toute valeur aux conclusions sur les écarts en portée tirées des observations.

En outre, les écarts angulaires des points d'éclatement par rapport au point précis de l'objectif qui a été choisi, doivent toujours être mesurés à l'aide d'instruments précis

La méthode consiste essentiellement à faire observer les écarts apparents en direction par deux observateurs latéraux et à en déduire à la fois le sens des écarts en direction et le sens des écarts en portée. Soient : O le point précis choisi sur l'objectif, D l'observateur de droite, G l'observateur de gauche, LL′ la direction du tir, HH′ la droite perpendiculaire à LL′ passant par le point O. Nous supposerons, ce qui est une condition moyenne à rechercher, que OD = OG et que les angles GOL et DOL sont sensiblement égaux (fig. 104).

Du point O comme centre, décrivons un cercle de rayon quelconque OM_1.

Supposons qu'un point de chute M se déplace sur ce cercle, à partir d'une certaine origine, M_1 par exemple, dans le sens de la flèche et vienne, par exemple, successivement en M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6..... M_{12}, M_{13}, M_{14}.

Voyons comment, dans ses positions successives, ce point de chute sera observé par les observatoires D et G et comment on pourra déduire de ces observations le sens des écarts réels en direction et en portée.

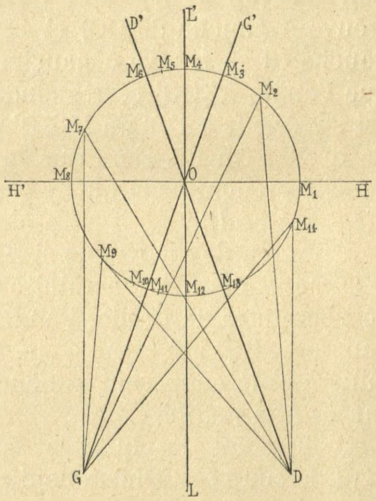


Fig. 104.

Convenons d'abord de ce qui suit :

a) Les écarts angulaires seront observés, en décigrades par exemple, par rapport aux deux lignes d'observation DO et GO ;

b) Ces écarts angulaires seront comptés avec le signe + s'ils sont à droite de DO pour l'observatoire de droite ou à gauche de GO pour l'observatoire de gauche. Ils seront comptés avec le signe — s'ils sont à gauche de DO pour l'observateur de droite ou à droite de GO pour l'observateur de gauche.

Chaque point de chute donnera ainsi lieu à deux observations qui, suivant la position du point de chute, seront affectées du signe + ou du signe — et auront une valeur plus ou moins grande exprimée en décigrades.

Ceci posé, déplaçons le point de chute à partir d'un point quelconque, par exemple à partir de M_5, à l'intérieur de l'angle D'OG'. Le coup est long et, d'autre part, il est évident que les observations de D et de G sont toutes deux affectées du signe + (car le point M_5 est à droite de DO et à gauche de GO). Comme pour un coup court quelconque on n'aura

pas (ainsi qu'on va le voir ci-après) cette concordance de deux signes +, on peut en déduire que tout coup donnant lieu à cette observation de deux signes + est certainement long. Si le point de chute est en M_7 à l'intérieur de l'angle D'OG, mais au-dessus de HH', c'est-à-dire long, on voit qu'il doit recevoir le signe — de l'observatoire de droite (il se trouve à gauche de DO) et le signe + de l'observatoire de gauche (il se trouve à gauche de GO) ; mais il est évident que l'angle M_7GG' correspondant à l'observateur de gauche est supérieur à l'angle M_7DD' correspondant à l'observateur de droite. On dit alors que le signe + de l'observateur de gauche prédomine et que le coup est long, *ce qui correspond bien à la réalité*.

On verra de même que si le point de chute est en M_9 avec le signe + pour l'observatoire de gauche et le signe — pour l'observatoire de droite, l'angle M_9DD' sera plus grand que l'angle M_9GG' ; le signe — de l'observatoire de droite prédominera et le coup sera annoncé court, *ce qui correspondra encore à la réalité*.

Si le point de chute est en M_{11} à l'intérieur de l'angle GOD, le coup est évidemment court. Or, pour les deux observateurs, le signe sera — puisque le coup est à droite pour l'observateur de gauche et à gauche pour l'observateur de droite. Il y aura concordance sur le signe — et la règle des signes qui attribue le sens *long* au signe + et le sens *court* au signe — sera encore vérifiée.

Il est facile de voir également que, dans l'angle HOD où le coup M_{14} est court, la règle des signes donnera le signe + pour l'observatoire de droite et le signe — pour l'observatoire de gauche, mais que l'angle $M_{14}GG'$ sera plus grand que l'angle $M_{14}DD'$. On dira donc que le signe — de l'observateur de gauche l'emporte et que le coup est court, *ce qui correspond à la réalité*.

Enfin, lorsque le point de chute est en M_2 dans l'angle G'OH, on voit de même que l'angle M_2DD' est plus grand que M_2GG' ; l'indication de l'observateur D qui est + prédomine donc et le coup est long, *ce qui est encore conforme à la réalité*.

Ces indications sont réunies, sous forme d'exemple, dans le tableau ci-dessous où on a envisagé, outre les positions ci-dessus énumérées du point de chute supposé, celles qu'il peut prendre aux intersections de la circonférence avec les

droites GG', LL', DD', HH'. On a inscrit aussi pour chaque position du point M les valeurs relatives, à peu près exactes et précédées de leurs signes, des écarts angulaires du point par rapport aux lignes d'observation DO et GO.

Dans une colonne spéciale, on a indiqué, d'après la valeur des angles, quel est le signe, + ou —, qui prédomine, ou, si les deux angles sont égaux, qu'il n'y a de prédominance ni d'un côté ni de l'autre. Le coup est alors ou bien : *long, en direction* — ou bien : *court, en direction* — ou bien : *à hauteur à droite* — ou bien : *à hauteur à gauche.*

POSITION du point M	VALEUR de L'ÉCART ANGULAIRE de l'observateur D	G	PRÉDOMINANCE du signe (1)	PRÉDOMINANCE de l'observateur (2)	SENS DU COUP PAR ADDITION des indications des deux colonnes précédentes	OBSERVATIONS
M_1	+12	—12	0	D	à hauteur, à droite.	(1) Le signe qui prédomine est celui qui est suivi de la valeur numérique absolue la plus grande. Exemple : + 15 et — 18, le signe —prédomine; 0 et +18, le signe + prédomine. (2) L'observateur qui prédomine est celui pour lequel la valeur vraie de l'indication numérique est la plus grande. Exemple : D : — 18 et G : + 10 ; G prédomine. D : — 4 et G : — 12 ; D prédomine. D : — 8 et G : 0 ; G prédomine.
M_2	+18	— 8	+	D	L à droite.	
M_3	+18	0	+	D	L à droite.	
M_4	+12	+12	+	D=G	L en direction.	
M_5	+ 8	+15	+	G	L à gauche.	
M_6	0	+18	+	G	L à gauche.	
M_7	—12	+18	+	G	L à gauche.	
M_8	—12	+12	0	G	à hauteur, à gauche.	
M_9	—18	—10	—	G	C à gauche.	
M_{10}	—15	0	—	G	C à gauche.	
M_{11}	—12	— 4	—	G	C à gauche.	
M_{12}	—12	—12	—	D=G	C en direction.	NOTA. — Pour ne pas trop surcharger la figure, les écarts angulaires n'ont été figurés que pour les points M_2, M_7, M_9 et M_{14}.
M_{13}	0	—18	—	D	C à droite.	
M_{14}	+15	—18	—	D	C à droite.	

Des bulletins de ce modèle peuvent être employés pour le réglage du tir par la méthode de l'observation bilatérale.

XIV. — Tir contre les objectifs aériens.
(Dirigeables et Avions).

Le tir contre les dirigeables et avions a pris, dans la guerre actuelle, une importance considérable.

Il convient donc d'indiquer ici le principe de la méthode employée pour ce tir, en fait, le plus difficile de tous, puisqu'il s'agit d'atteindre un objectif restreint, animé d'une grande vitesse, et pouvant se déplacer dans les trois dimensions de l'espace.

Pour commander efficacement un tir de ce genre, il faut du coup d'œil, de la décision, et, en plus, une entière aptitude à faire très rapidement des déterminations pratiques, basées sur l'amplitude et le sens des déplacements observés. L'occasion de tirer est fugitive, les conditions du tir se modifient à chaque instant ; on ne peut donc songer à faire le réglage comme sur les objectifs terrestres ; tout tir effectué doit être à la fois un tir de réglage et un tir d'efficacité.

Comme compensation à ces difficultés, le tir sur dirigeables et avions est toujours opéré par pointage direct sur l'objectif. Celui-ci étant manifestement vu de la batterie, il faut et il suffit que le matériel dont on dispose permette de diriger le rayon visuel sur l'objectif et, simultanément, de donner à la pièce, grâce à un organe de pointage approprié, la direction, l'angle de site, et l'angle de tir qui conviennent pour que la trajectoire du projectile rencontre celle de l'objectif.

Il y a plus. Le tir sur objectifs aériens s'exécute soit avec des obus à balles fusants, soit avec des obus spéciaux dits *fumigères*. Aux faibles distances et en raison des grands angles de site qui en résultent, on utilise les branches montantes des trajectoires ; les éclatements, pour être efficaces, doivent se produire sur l'objectif même. Au contraire, aux moyennes et aux grandes distances où on utilise la branche descendante de la trajectoire, on peut admettre une hauteur-type de 2 à 5 millièmes pour les dirigeables, 5 à 10 millièmes pour les avions ; dans ces limites, la hauteur-type admissible augmente avec la distance.

Dans le tir sur ballons, les obus fumigères présentent, sur les obus fusants, le double avantage de pouvoir détruire l'aéronef en l'incendiant, et de tracer leur trajectoire de part

et d'autre de l'objectif. Le réglage à l'aide d'obus fumigères est grandement facilité par l'installation d'observatoires latéraux reliés téléphoniquement avec la batterie.

Principes d'emploi du matériel. — Les angles de site des objectifs aériens peuvent varier depuis quelques degrés jusqu'à 90.

Il n'est plus possible, dès lors, d'admettre l'hypothèse de la rigidité de la trajectoire. L'angle de tir est fonction, à chaque instant, non seulement de la distance commandée, mais encore de l'angle de site du but. Il est donc indispensable de pourvoir la batterie des organes propres à donner à la pièce, rapidement et pour chaque coup, l'inclinaison convenable pour que la trajectoire atteigne l'objectif.

Une remarque analogue s'applique à l'évent à déboucher. La trajectoire se déformant sensiblement dès que l'angle de site dépasse une vingtaine de degrés, la durée du trajet de l'obus, pour une distance donnée d'un objectif vu sous un grand angle de site, dépend évidemment de la valeur de cet angle (elle augmente avec cet angle).

Toutefois, si l'on remarque que les objectifs sont rarement à une altitude de beaucoup supérieure à 2.000 mètres et que, par conséquent, leurs distances sont rarement de beaucoup supérieures à 3.000 mètres dès que l'angle de site prend une valeur considérable (45° et au-dessus) (1), on conçoit que, pour des pièces comme le 75 dont la trajectoire est très tendue, l'étude des conditions du tir ait pu conduire à admettre la règle suivante comme suffisamment approchée dans la pratique :

La durée du trajet de l'obus pour atteindre un point à une distance donnée peut être considérée comme constante, quel que soit l'angle de site de ce point.

Ceci conduit à utiliser une *distance-débouchoir* qui est toujours la même pour une distance D de l'objectif. Autrement dit, le débouchoir est manœuvré de façon à déboucher

(1) En appelant D la distance, α l'angle de site et h l'altitude de l'objectif, on a : $D = \frac{h}{\sin \alpha}$.

Si $h = 2.500$ mètres, ce qui est presque un maximum, on a, pour $\alpha = 45°$: $D = \frac{2.500}{0,7} = 3.600$ mètres environ.

la fusée au même point dès que la distance D est annoncée. Pour profiter de cet élément fixe, lorsqu'on veut changer la hauteur d'éclatement, au lieu de procéder par une modification au correcteur du débouchoir, on corrige l'angle de tir ; tout se passe ainsi comme si l'on faisait basculer la trajectoire d'un certain angle autour de l'axe des tourillons.

De ce qui précède, il résulte que le matériel employé doit satisfaire aux conditions suivantes :

a) Être à tir rapide ;

b) Permettre le pointage rapide dans tous les azimuts et dans tous les plans de site ;

c) Posséder un organe de hausse indépendant, conjugué avec un abaque ou une table pour la détermination de l'angle de tir en fonction de la distance et de l'angle de site ;

d) Posséder un débouchoir rapide, gradué en distances, et sans correcteur. D'après cela, si la distance-débouchoir est par exemple de 5.400 mètres, le projectile éclatera à 5.400 mètres de la pièce, sur la trajectoire que l'angle de tir lui fera suivre.

Il est indispensable, enfin, de pouvoir apprécier la distance de l'objectif d'une façon rapide et relativement précise. Cette distance variant à chaque instant, les éclatements des coups tirés ne peuvent être d'aucun secours pour le réglage de la portée des coups futurs. Seule une bonne organisation télémétrique peut fournir au commandant de batterie une connaissance suffisamment exacte de la distance, et lui permettre de resserrer la fourchette de ses tirs.

Tir sur objectif fixe.

Si l'objectif est fixe : ballon captif, saucisse, cerf-volant, etc... le tir ne se distingue pas essentiellement du tir sur objectif terrestre.

On commence par rechercher une fourchette étroite, tout en réglant en direction et en hauteur, ce qui est particulièrement commode, puisque l'objectif est vu de la batterie. Une détermination télémétrique, sans être indispensable, facilite le choix de la hausse initiale.

L'observation des coups en portée réclame, en principe, l'usage d'un observatoire latéral.

Toutefois, si les conditions locales ou l'impossibilité de la transmission rapide des observations interdisent l'emploi de l'observation latérale, on peut régler la portée en observant les occultations, après que les éclatements ont été amenés, en direction et en hauteur, sur l'objectif.

Le tir d'efficacité est du type *tir à démolir*.

Tir sur objectif mobile.

Considérons une pièce P au moment où elle tire le coup destiné à atteindre un but mobile, situé au point A à cet instant initial (fig. 105).

Au temps t l'obus, arrivé à la distance débouchée, éclate.

Ce temps est appelé *durée de trajet*.

La durée de trajet utilisée par l'obus pour parcourir sa trajectoire correspond à un déplacement concomitant de l'objectif.

Soit A′ la position du mobile au temps t.

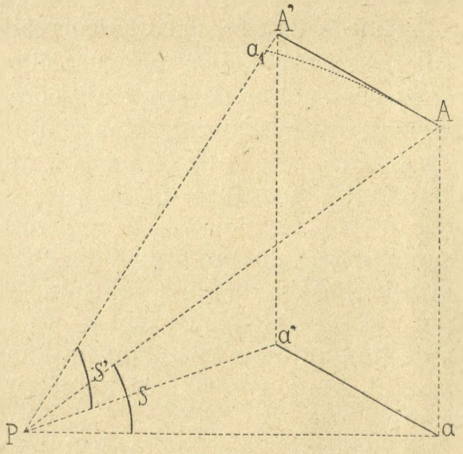


Fig. 105.

Appelons a et a' les projections de A et A′ sur le plan horizontal.

Pour que l'obus atteigne l'objectif, il faut évidemment que, dès l'instant initial, la pièce ait été dirigée dans le plan vertical PA′a', et, en outre, pointée avec un angle de site égal à a'PA′ ou S′ et un angle de tir correspondant à la distance PA′. Enfin, l'évent débouché doit être celui qui correspond à cette même distance PA′.

L'angle A′PA s'appelle *dérive*.

La différence des angles de site S′ — S s'appelle *correction de site*.

La différence des distances PA′ — PA est la *correction de portée*.

D'une façon plus générale nous appellerons : *dérive*, le déplacement angulaire de l'objectif (déplacement horizontal si l'altitude est constante) pendant la durée du trajet d'un

obus éclatant sur l'objectif ; *correction de site*, le déplacement angulaire vertical de l'objectif pendant le même temps; *correction de portée*, la correction qu'il y a lieu d'apporter à la distance de l'objectif supposée connue à un instant donné, pour que la hausse et l'évent qui découlent de cette correction fassent éclater l'obus à une distance égale à celle de l'objectif au moment de l'explosion.

Les deux premières corrections sont angulaires et peuvent être données par l'appareil de pointage.

La correction de portée est métrique, mais elle se traduit :

1° Pour la hausse, par une correction angulaire ;

2° Pour l'évent, par une correction de débouchoir.

Les corrections devant tenir compte du déplacement de l'objectif, leur détermination implique théoriquement la connaissance exacte de ce mouvement. Mais cette recherche retarderait l'ouverture du feu ; les résultats en seraient en outre aléatoires, puisque le mouvement de l'objectif est à chaque instant subordonné à la volonté du pilote.

On résout la difficulté en admettant — ce qui, en pratique, est sensiblement exact — que, pendant la durée d'un tir, ou tout au moins pendant un temps supérieur à la durée du trajet, le mouvement de l'objectif reste rectiligne et uniforme.

On peut tenir compte ainsi de la vitesse du mobile et on suppose cette vitesse constante.

Il résulte de ces considérations :

1° Que chaque tir doit être très rapide ;

2° Que le matériel et le personnel doivent se prêter, sans perte de temps appréciable, aux corrections incessantes de dérive et de site nécessitées, soit par une mauvaise appréciation initiale de ces éléments, soit par un changement de marche de l'objectif.

A) *Détermination de la dérive initiale.* — Le pointeur en direction ayant pour fonction de maintenir constamment la ligne de foi de son appareil de pointage sur l'objectif, il convient de diriger cet appareil de façon que son angle avec le plan vertical qui contient l'axe de la pièce soit égal à la dérive, telle que nous venons de la définir.

Le commandant de la batterie peut se borner à apprécier cette correction, quitte à corriger, d'après les éclatements, son erreur initiale.

Le peu de temps dont on dispose pour tirer sur un objectif qui passe, exige une grande pratique pour la détermination de la dérive initiale.

Si l'on dispose d'un goniomètre et d'un compteur à secondes, on peut mesurer le déplacement angulaire horizontal de l'objectif pendant un temps donné : 10 secondes par exemple. Connaissant d'autre part la durée de trajet correspondant à la distance commandée, un calcul élémentaire ou un tableau, établi une fois pour toutes, donne la dérive convenable (dans l'hypothèse, bien entendu, du mouvement rectiligne et uniforme).

Il est bon de noter qu'on peut, dans l'établissement du tableau, tenir compte de la dérivation.

On peut aussi faire la détermination suivante :

Supposons connue la vitesse V de l'objectif, ou tout au moins que nous puissions faire une hypothèse plausible sur sa valeur.

Supposons, d'autre part, que l'altitude de l'objectif reste constante, hypothèse d'autant plus légitime que les changements d'altitude susceptibles d'être obtenus en quelques secondes sont parfaitement négligeables.

Considérons un objectif A se déplaçant devant une pièce P avec une vitesse V pendant un temps *t* correspondant à la durée de trajet d'un obus tiré par la pièce à une distance D égale à celle de l'objectif (fig. 106). Soit A′ la nouvelle position de l'objectif au temps *t*.

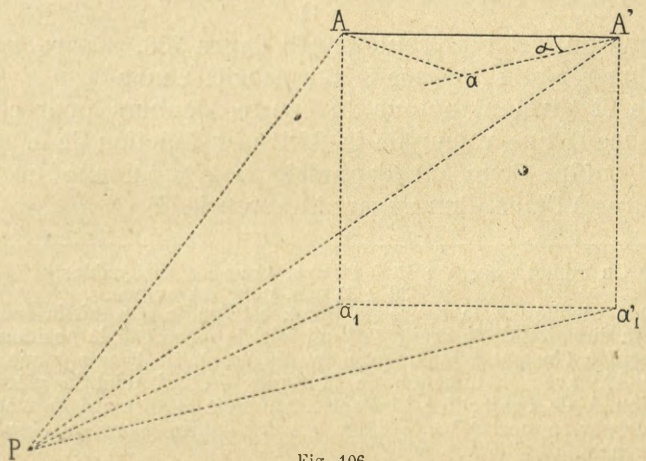


Fig. 106.

La droite AA′ est horizontale puisque, comme on l'a supposé, l'objectif se meut à une altitude constante. Si nous abaissons de A la perpendiculaire A*a* sur le plan vertical Pa'_1A′ la dérive sera évidemment :

$$\delta = \frac{Aa}{D}$$

Appelons α l'angle fait par le plan vertical Pa'_1A′ passant par l'objectif avec la trajectoire AA′, cet angle est *l'angle de route.*

Nous avons (fig. 107) :

$$AA' = Vt$$

$$Aa = Vt \sin \alpha$$

d'où : $$\delta = AP a = \frac{Vt \sin \alpha}{D}$$

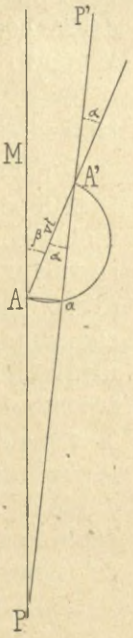


Fig. 107.

Si nous admettons une valeur pour V (1), nous pourrons établir un tableau donnant, pour chaque valeur de D, la dérive en fonction de α, angle de route.

Ce tableau pourra être construit facilement sous forme d'abaque car :

$$\delta = \frac{Vt}{D} \sin \alpha$$

est l'équation en coordonnées polaires d'un cercle ayant pour diamètre $\frac{Vt}{D}$. C'est un tel abaque qui est représenté sur la figure 108.

Une réglette graduée à une échelle convenable et pivotant autour du centre, donnera pour chaque distance D une valeur de la dérive en fonction de α.

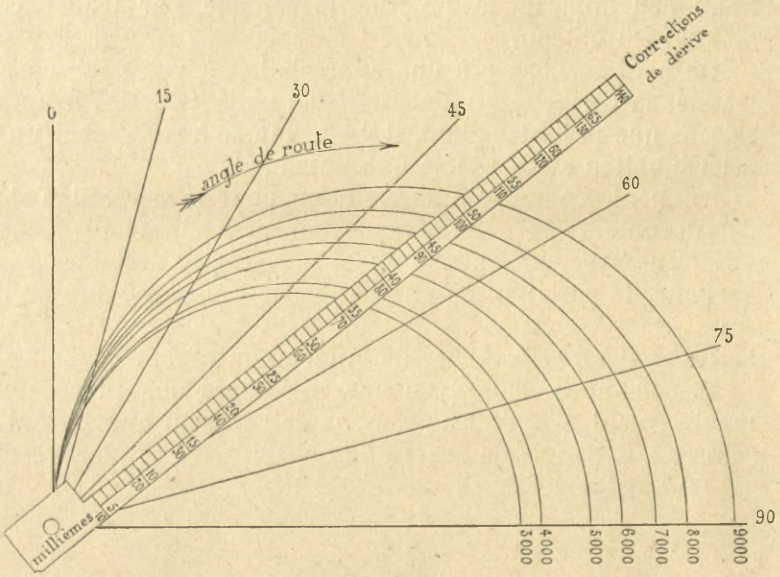
Il suffira donc, ou d'apprécier α à la jumelle, ou de le mesurer à l'aide d'un appareil approprié (2).

---

(1) On admet pour V : 15 à 20 m.s. pour les dirigeables,
30 à 35 m.s. pour les avions.

(2) Il résulte de la figure 107 que α est l'angle que fait la route AA′ avec la direction de la droite PA′ qui joint la pièce P à la position A′ de l'objectif à l'instant *t*, alors qu'on évalue en réalité l'angle β que fait la route AA′ avec la direction de la droite PA qui joint la pièce à la position A de l'objectif à l'instant *zéro*. Mais la distance D étant très grande par rapport à V*t*, la différence des angles β et α est absolument négligeable.

Dès que le tir permet d'apprécier l'écart angulaire qui sépare les éclatements de l'objectif, les corrections à apporter à la dérive découlent de la mesure de ces écarts. C'est, en



Nota. — La réglette, qui est réduite de 1/3 dans la figure, est graduée en divisions de 2 millimètres. Toutes les cinq divisions se trouve un trait plus grand encadré par deux chiffres. Le chiffre supérieur indique la correction en millièmes pour aéronefs et le chiffre inférieur, double du précédent, la correction en millièmes pour avions.

Fig. 108.

principe, au chef de pièce qu'incombe le soin d'amener les coups en direction.

On peut aussi employer un dispositif tel que, dès les premiers coups, les éclatements soient automatiquement ramenés sur l'objectif, en supposant, bien entendu, que le mouvement de ce dernier est rectiligne et uniforme.

B. *Détermination de la correction de site.* — L'angle de site est donné à la pièce par le pointeur en hauteur. Toutes les fois qu'on le peut, il y a avantage à spécialiser un servant pour cette opération, autrement dit à séparer le pointage en hauteur du pointage en direction.

Toutefois, à moins de posséder un matériel tout spécial, il n'est pas possible de donner la correction de site avec l'appareil de pointage en hauteur.

On est donc conduit à faire porter la correction de site, non sur l'angle de site proprement dit, mais sur la hausse. Il suffit, en effet, que l'angle de tir total, autrement dit l'inclinaison finale de la pièce soit affectée de cette correction ; peu importe le procédé mécanique par lequel ce résultat est obtenu.

On peut se borner à une appréciation à vue pour commander la correction initiale de site ; mais, pour les mêmes raisons que précédemment, il y a avantage à rechercher une détermination aussi exacte que possible.

On peut, comme on l'a indiqué pour la correction de dérive, obtenir la correction de site pour un temps t, en mesurant avec un goniomètre et pendant 10 secondes par exemple, la variation de site de l'objectif sur la route qu'il suit.

On peut aussi procéder de la façon suivante :

Plaçons-nous dans la même hypothèse que précédemment ; soient A et A′ les positions de l'objectif aux instants zéro et t, α l'angle de route de l'objectif avec le plan vertical PAa, S l'angle de site de A (fig. 109).

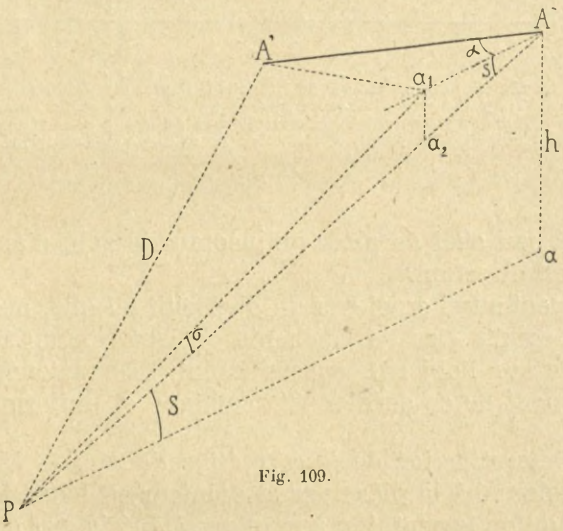


Fig. 109.

Si de A′ nous abaissons la perpendiculaire A′a_1, sur le plan vertical de PA et de a_1 la perpendiculaire a_1a_2 sur PA, la correction de site sera :

$$\sigma = \frac{a_1a_2}{D}$$

L'angle a_1Aa_2 est égal à l'angle de site S de l'objectif. On a : $a_1a_2 = a_1A \sin S = AA' \cos\alpha \sin S = Vt \sin S \cos\alpha$.

D'où on tire : $$\sigma = \frac{Vt \sin S}{D} \cos\alpha.$$

Si nous appelons h, l'altitude supposée constante, on a : $\sin S = \frac{h}{D}$, d'où : $\sigma = \frac{hVt}{D^2} \cos\alpha$ ou $K \cos\alpha$.

K étant un coefficient différent pour chaque valeur de D.

Il est facile d'établir, comme pour la dérive, un abaque

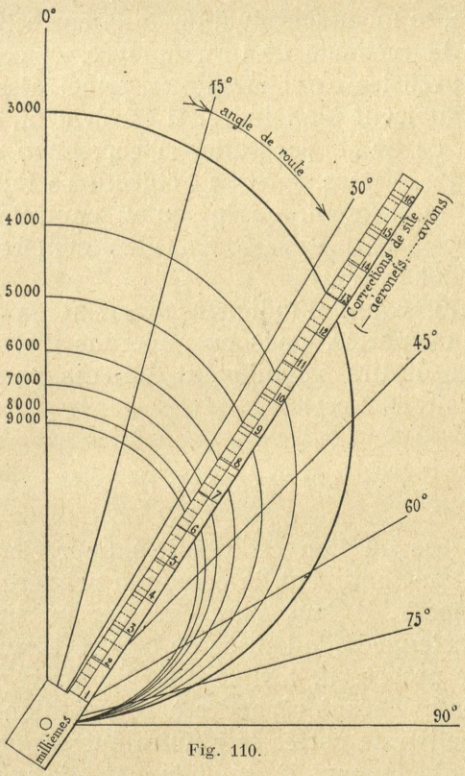


Fig. 110.

NOTA. — L'échelle réduite de la figure ci-dessus n'a permis d'inscrire que les graduations pour les aéronefs, qu'il faut doubler pour obtenir la correction en millièmes. La correction pour les avions serait donnée par le numérotage naturel des divisions en traits pointillés.

donnant pour chaque valeur de D, la correction en fonction de l'angle de route (fig. 110).

Les corrections de site donnent lieu aux mêmes observations générales que les corrections de dérive. On admet

notamment la vitesse de 15 à 20 m.s. pour les dirigeables et celle de 30 à 35 m.s. pour les avions.

C. *Correction de portée.* — On vient de voir que, pour être évaluées avec une précision suffisante, les corrections de dérive et de site correspondant à la durée de trajet nécessitent la connaissance de la distance de l'objectif. Il est à peine besoin de dire que cette connaissance de la distance de l'objectif s'impose *a fortiori* pour le calcul de la correction de portée. Or, pour connaître cette distance avec une approximation suffisante, il faut une organisation télémétrique.

En outre, le mode d'évaluation de la correction de portée dépend de la méthode de tir employée, et celle-ci change elle-même avec les caractéristiques principales de la route suivie par l'objectif à atteindre. Il est évident, en effet, que la méthode de tir et, par suite, la correction de portée ne seront pas les mêmes, lorsque l'objectif se rapprochera ou s'éloignera rapidement, ou lorsqu'au contraire, il décrira autour du poste de tir des éléments de circonférence de rayon à peu près constant.

Ceci étant, avant d'indiquer comment on procède aux corrections de portée, nous examinerons d'abord les différents genres de tirs s'appliquant aux cas particuliers que nous venons d'énoncer.

Méthodes de tir.

Dans le cas où l'on est réduit à apprécier la distance uniquement au sentiment, la condition primordiale est d'encadrer l'objectif. Il faut alors exécuter un tir rapide sur hausses échelonnées, la hausse de départ devant être courte pour un tir progressif, longue pour un tir régressif, et les hausses finales devant répondre à la condition inverse.

La correction de portée se réduira aussi à une correction de sentiment, tendant à modifier la distance appréciée d'une quantité nettement supérieure à l'erreur que l'on craint de commettre. La zone battue devra être au moins égale au double de cette correction de portée.

En pratique, on exécute dans ce cas le tir appelé *tir en tenaille.*

La batterie étant divisée en deux sections (ou en deux pièces), la première fait un tir progressif en partant d'une

hausse de départ certainement courte, pendant que la seconde exécute un tir régressif à partir d'une hausse certainement longue. Le tir, exécuté par bonds de 200 mètres, se poursuit jusqu'à ce que l'observation latérale ait indiqué l'encadrement en sens inverse de celui du début du tir, ou, à défaut, jusqu'à ce que les deux sections arrivent à tirer à la même hausse.

D'autres méthodes ou procédés ont été successivement préconisés. Mais, en fin de compte, tout le monde est tombé d'accord sur ce point que la condition essentielle de réussite du tir sur les objectifs aériens rapides est de compléter la batterie par une bonne organisation télémétrique.

Une très grande pratique du *tir réel contre objectifs aériens* ou, à défaut, un sens très aiguisé — et en réalité exceptionnel — pour l'appréciation des distances dans l'espace à trois dimensions, pourront (peut-être suppléer à l'organisation télémétrique. Mais il ne faut pas compter trouver une expérience ou des aptitudes de ce genre chez tous les officiers, même exercés, auxquels on pourra être appelé à confier le commandement d'une station de tir aérien. En outre, il n'est pas possible, comme on le fait quelquefois, d'assimiler le tir au fusil sur volatiles, à quelques dizaines de mètres, au tir du canon, à plusieurs kilomètres, contre dirigeables ou avions. Les conditions sont tout autres dans les deux cas ; indépendamment de la différence des distances, le chasseur n'a pas à tenir compte d'éléments : angle de tir, forme de la trajectoire, etc., qui interviennent dans le tir au canon ; en outre, le commandant de batterie, n'a pas, comme le chasseur, son canon à l'épaule ; il ne tire que par l'intermédiaire de son personnel et il ne lui est pas possible, au moment précis où le coup part, d'intervenir par un dernier mouvement qui lui soit propre et qui, quoique instinctif, peut être le meilleur facteur d'efficacité.

Enfin, l'habileté à tirer *au jugé*, qui est surtout le fruit d'une longue pratique, comporte nécessairement des objectifs ; or, si le chasseur est à même de se procurer ceux-ci à volonté, le commandant d'une batterie de tir aérien ne peut, au contraire, rencontrer les siens qu'en temps de guerre, en s'attaquant aux avions et dirigeables ennemis. On voit donc combien il est difficile d'acquérir une pratique suffisante pour le *tir au jugé* contre ces objectifs et combien il s'impose,

dès lors, de venir en aide à nos sens imparfaits par une bonne organisation télémétrique.

Nous admettrons donc dorénavant qu'un organe télémétrique spécial, fonctionnant bien, renseigne à tout instant le commandant de la batterie sur la distance de l'objectif.

Tirs de barrage. — Les corrections convenables de site et de dérive sont, comme on l'a indiqué précédemment, fonction de la durée du trajet du projectile entre la pièce et le point d'éclatement. Le réglage de ces éléments par l'observation des coups tirés exige donc qu'on ne change pas d'évent, autrement dit, qu'on conserve la même distance-débouchoir pendant le réglage.

C'est pour cela que la méthode de tir la plus habituelle est celle du « tir de barrage », qui réalise le mieux les diverses conditions précédemment indiquées.

Supposons réglés la dérive et le site, tous les coups du tir de barrage vont éclater :

1° Sur la droite pièce-objectif (à la hauteur-type près) ;

2° Sur une sphère ayant la pièce pour centre, et la distance commandée pour rayon.

Si cette distance a été choisie de façon que l'objectif traverse la sphère pendant la durée du tir, on obtiendra à la fois des coups longs et des coups courts, *le but aura lui-même réalisé l'encadrement.*

Ce qui correspond ici à la *fourchette* telle qu'on la définit ordinairement c'est la distance (1) des deux positions de l'objectif, correspondant aux deux éclatements d'encadrement. Elle dépend :

1° De la vitesse relative de rapprochement de l'objectif par rapport à la pièce ;

2° De la rapidité du tir.

Prenons une pièce tirant un coup toutes les dix secondes sur un objectif ayant une composante de vitesse de 20 mètres à la seconde par rapport à la pièce, l'encadrement sera obtenu avec une *fourchette* de 200 mètres. Si la gerbe du

(1) Il faut entendre, ici par ce mot, la projection du chemin parcouru par l'objectif, pendant le temps qui sépare deux éclatements consécutifs, sur une droite joignant la pièce à cet objectif. Pour simplifier le langage nous appellerons « fourchette » cette grandeur ainsi définie.

projectile est analogue à celle de l'obus à balles de 75, il y a les plus grandes probabilités que l'objectif sera touché.

A mesure que l'angle de route croît, la vitesse relative du but diminue et l'encadrement se resserre, ce qui est avantageux au point de vue de l'efficacité ; mais, par contre, cet encadrement resserré exige une précision plus grande dans l'évaluation de la portée.

Il est manifeste que si la portée appréciée était trop faible dans le cas d'un objectif se rapprochant, ou trop grande dans le cas contraire, on pourrait théoriquement compenser l'erreur par une prolongation du tir sur la même hausse. Toutefois ceci n'est vrai que dans l'hypothèse où l'on s'est placé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

En d'autres termes le raisonnement ne tient que s'il s'agit d'une période suffisamment courte, une minute par exemple ; cette période fixe non seulement le nombre de coups que l'on peut tirer, mais encore l'erreur admissible sur la portée.

On exécute généralement les tirs de barrage par six coups consécutifs et par pièce ; avec le 75 la durée du tir est sensiblement inférieure à une minute.

Tirs sur zone.

Lorsque l'angle de route est voisin de 90°, ou que l'objectif est vu sous un très grand angle de site, sa vitesse de rapprochement devient sensiblement nulle.

Un tir de barrage exécuté dans ces conditions avec une hausse convenable pourrait avoir tous ses coups efficaces ; mais si une erreur, même faible, s'introduit dans le télémétrage, on risque d'avoir des coups tous de même sens et, par suite, inefficaces.

Dans les deux cas particuliers ci-dessus, on préfère donc établir une zone de feu encadrant l'objectif.

Il importe d'abord que cette zone soit aussi étroite que possible, de façon que la variation des durées de trajet des obus successifs n'oblige pas à modifier la dérive à chaque coup.

Si l'objectif est un dirigeable, l'angle sous lequel on le voit est suffisant pour qu'une valeur convenable de la dérive permette de loger tous les coups à l'intérieur de son contour apparent. Pour un tir progressif, en raison de l'augmen-

tation de la durée de trajet à chaque coup, les éclatements sembleront rétrograder sur le contour apparent ; ce sera l'inverse pour un tir régressif.

Si l'objectif est un avion, le tir sera réglé si la moyenne des éclatements est en direction.

La densité des coups devra être suffisante pour couvrir la zone battue ; la profondeur de cette zone devra permettre d'encadrer à coup sûr l'objectif.

La profondeur choisie dépend de la précision des mesures télémétriques, qui est elle-même fonction de la distance et de la vitesse de l'objectif.

L'erreur commise sur la distance télémétrée, au moins en valeur absolue, croît avec la distance.

Elle risque d'être plus considérable pour un avion que pour un dirigeable, à cause de la vitesse, sensiblement double, de l'objectif.

Ceci conduit à adopter les différents modes de tir suivants:

1° *Tir sur dirigeable dont la vitesse de rapprochement est sensiblement nulle.*

Profondeur de la zone (non comprise la longueur utile des gerbes).... 400 mètres ;
Echelonnement des hausses..... 200 mètres ;
Nombre des rafales..... 5 ;

Mécanisme : Trois hausses progressives suivies de deux hausses régressives ;

Hausse de départ : Distance télémétrée diminuée de 300 mètres.

Exemple : Si la distance télémétrée est 4.500 mètres, le « tir sur zone : 4.200 mètres » se fait sur les hausses : 4.200 — 4.400 — 4.600 — 4.400 — 4.200 ;

2° *Tir sur dirigeable dont l'angle de site est supérieur à 60°* (et dont, par conséquent, la distance est faible).

Même mécanisme que ci-dessus ; la profondeur de la zone pourra être réduite à 300 et même 200 mètres ; l'échelonnement pourra être réduit à 100 mètres.

La hausse de départ sera déterminée d'après le même principe que précédemment (distance télémétrée diminuée de 300, ou même, 200 mètres).

3° *Tir sur avion défilant transversalement :*

Profondeur de la zone (non comprise la longueur utile des gerbes).... 1000 mètres ;
Echelonnement des hausses..... 200 mètres ;
Nombre de rafales..... 6 ;

Mécanisme : Tir progressif ou tir régressif. Ces deux genres de tir devront être alternés ;

Hausse de départ : Distance télémétrée, diminuée ou augmentée de 500 mètres ;

4° *Tir sur avion dont l'angle de site est supérieur à 50°.*

Même mécanisme que ci-dessus, sauf l'échelonnement ramené à 100 mètres.

La hausse de départ est déterminée d'après le même principe que précédemment (distance télémétrée diminuée de 300, ou même, de 200 mètres).

Tirs de poursuite.

Dans le cas où un objectif, déjà à grande distance, s'éloigne franchement de la batterie, il peut arriver que la correction de portée dont il faut majorer la distance, pour un tir de barrage, définisse une hausse voisine de la hausse-limite, et même supérieure à celle-ci.

Il est préférable, dans ce cas, d'exécuter un tir progressif dont les premiers coups soient courts, mais dont l'échelonnement de hausses soit tel que les éclatements successifs, gagnant de vitesse sur l'objectif, l'atteignent et le dépassent.

Les variations de dérive et de site sont négligeables dans ce cas, puisque, d'une part, l'angle de route est voisin de zéro et que, d'autre part, non seulement les variations de site aux grandes distances (6.000 mètres et au-dessus), sont peu considérables, mais encore on peut admettre une latitude de quelques millièmes pour la hauteur d'éclatement.

On prendra, pour l'échelonnement des hausses, une valeur telle que la vitesse de progression des coups soit sensiblement double de celle de l'objectif.

Avec le matériel de 75 approprié, la vitesse de tir étant sensiblement supérieure à la cadence d'un coup toutes les 10 secondes, on prend pour l'échelonnement des coups :

Pour le tir sur dirigeables : 200 mètres ;

Pour le tir sur avions : 300 et même 400 mètres.

Il est bon de remarquer que, si l'encadrement est obtenu, la *fourchette* aura pour valeur la valeur de l'échelonnement, diminuée du chemin parcouru par l'objectif pendant le temps qui sépare deux coups consécutifs.

Les tirs de poursuite comprennent chacun 6 rafales consécutives à l'échelonnement indiqué.

Détermination de la correction de portée. — Nous pouvons maintenant déterminer la correction de portée pour chaque genre de tir :

1° *Dans les tirs de barrage ;*

a) Méthode de l'abaque

Considérons un objectif situé en A au moment initial, c'est-à-dire au moment où le télémétreur donne au commandant de batterie l'indication de sa distance D (fig. 111).

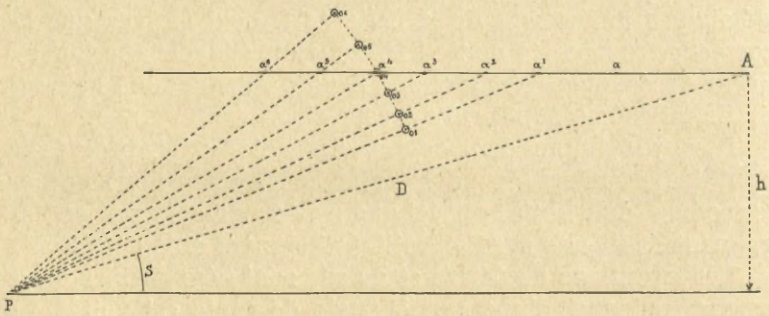


Fig. 111.

Appelons V sa vitesse, et α son angle de route.

La vitesse relative sera : $v = V \cos \alpha$ et comme celle-ci nous importe seule, nous la dénommerons simplement *vitesse*, et nous considèrerons, pour plus de clarté dans la figure, les positions du mobile et des éclatements comme étant confondues avec celles de leurs rabattements sur le plan azimutal de la position initiale de l'objectif, choisi comme plan de figure.

La pièce tire son premier coup au temps θ.

Ce temps a été utilisé pour la détermination des correc-

tions, l'énoncé du commandement, et son exécution. On peut admettre pour θ la valeur de 15 secondes.

Au temps θ le mobile est en a.

Si nous appelons t la durée du trajet de l'obus correspondant à la distance commandée, au temps $\theta + t$ le premier obus éclatera en o_1 l'objectif étant en a_1.

Puis, les coups se succédant à la vitesse de tir, nous aurons, en appelant τ l'intervalle de temps qui sépare deux coups :

Au temps $\theta + t + \tau$, le 2e éclatement o_2, l'objectif étant en a_2 ;

Au temps $\theta + t + 2\tau$, le 3e éclatement o_3, l'objectif étant en a_3, etc...

Le barrage sera efficace s'il encadre l'objectif. Nous pouvons, par exemple, nous poser comme condition que o_4 soit sur a_4, et nous aurons ainsi défini la hausse Pa_4 à prescrire à la pièce.

La correction de portée, dans ces conditions, est :

$$p = PA - Pa_4 = D - Pa_4.$$

Ce qui, pratiquement, peut s'écrire (S étant l'angle de site) :

$$p = Aa_4 \cos S,$$

ou : $p = (\theta + t + 3\tau)\ V \cos \alpha \cos S = VT \cos \alpha \cos S.$

ou encore, si h est l'altitude supposée constante :

$$p = VT \frac{\sqrt{D^2 - h^2}}{D} \cos \alpha.$$

Si nous prenons $\theta = 15$ secondes, $\tau = 8$ secondes, et pour t la valeur de la durée de trajet correspondant à D (ce qui est une approximation acceptable), et si l'on fait une hypothèse sur la vitesse, nous voyons que, pour chaque valeur de D, la correction p est déterminée.

On prend habituellement : V = 15 ou 20 m.s. pour les dirigeables ; V = 30 ou 35 m.s. pour les avions.

Un abaque permet ainsi, comme pour la dérive et le site, de définir p connaissant la distance et l'angle de route (fig. 112).

Remarque. — En posant :

$$p_1 = (\theta + t)\ v \cos S \quad \text{et}$$
$$p_2 = 3v\tau \cos S$$

la correction p, peut s'écrire :

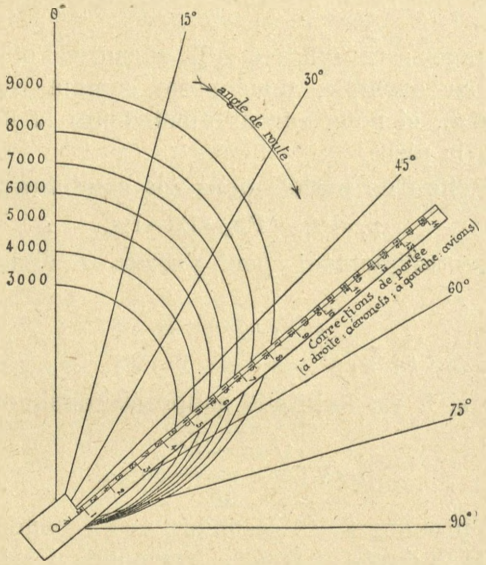
$$p = p_1 + p_2$$

p_1 est la correction de portée proprement dite,
p_2 est la correction d'échelonnement.

b) Méthode des coefficients

La méthode qui précède est pratique, mais elle oblige le commandant de batterie à quitter des yeux l'objectif pour déterminer la correction.

Il semble préférable d'employer la méthode suivante, dont



Nota. — Dans la figure ci-dessus, on obtient les corrections de portée en mètres en multipliant par 100 les chiffres des graduations.

Fig. 112.

la précision est comparable, et qui n'oblige pas l'officier à abandonner l'objectif.

Si l'on dresse le tableau des durées de trajet de l'obus de 75 pour les différentes portées et pour un objectif d'une altitude moyenne de 1.500 mètres, on peut remarquer, qu'à quelques dixièmes de seconde près, la durée de trajet peut s'exprimer par : $t = 4\ (K - 1)$ secondes, K étant la portée exprimée en kilomètres.

Si nous admettons, d'autre part, en nous reportant à la formule précédente :

$$p = V\ (\theta + t + 3\tau)\ \cos\alpha\ \cos S,$$

$\theta = 14$ secondes,

$\tau = 10$ secondes.

$$V\ \cos S = \begin{cases} 15 \text{ m.s. pour les dirigeables,} \\ 30 \text{ m.s. pour les avions.} \end{cases}$$

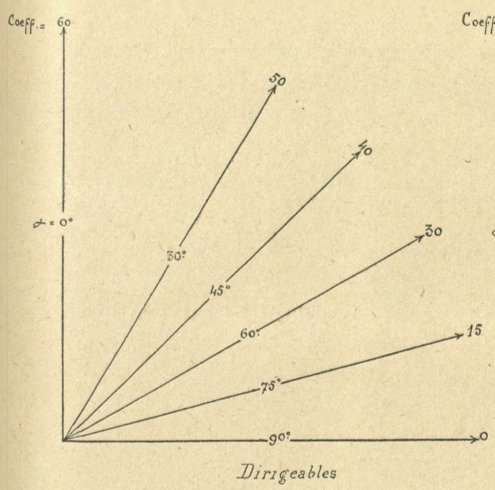
Nous avons : $T = 14 + 4\ (K - 1) + 30,$

ou : $T = 4\ (K + 10).$

D'où : $p = 60\ (K + 10)\ \cos\alpha$ pour les dirigeables,

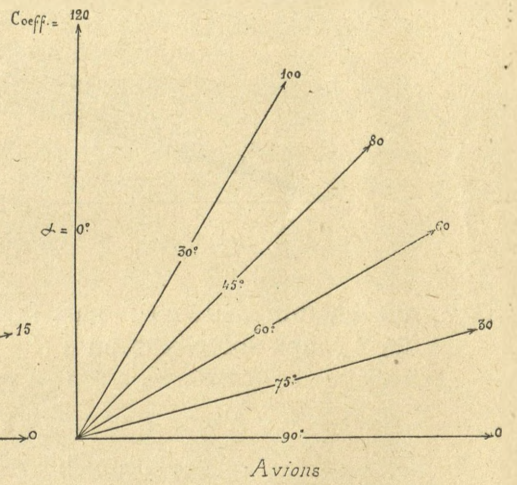
$p = 120\ (K + 10)\ \cos\alpha$ pour les avions.

Suivant les différentes valeurs de α on peut dresser les tableaux des figures 113 et 114 qui donnent pour divers angles



Dirigeables

Fig. 113.



Avions

Fig. 114.

de route les valeurs des coefficients 60 cos α (dirigeables) et 120 cos α (avions). S'il possède parfaitement ces valeurs, ce qui est facile, l'officier, ayant mesuré l'angle de route, choisit son coefficient et calcule mentalement la correction en multipliant ce coefficient par K + 10.

2° *Dans les tirs sur zone.*

La correction de portée ne dépend pas de la distance ; elle est fonction de la profondeur de la zone et de l'échelonnement. Nous avons donné sa valeur précédemment.

3° *Dans les tirs de poursuite.*

Considérons un objectif dont la distance est supérieure à 6.000 mètres et qui s'éloigne franchement de la batterie (α négligeable) :

A l'instant initial il est en A et sa distance est D (fig. 115).

En reprenant les mêmes notations que précédemment, nous obtenons la figure ci-dessous :

La hausse initiale est Po_1.

La correction de portée $p = Po_1 - PA$.

Avec les conditions suivantes :

1° Que le 3e coup soit sur l'objectif ;

2° Que l'échelonnement des hausses soit à peu près double

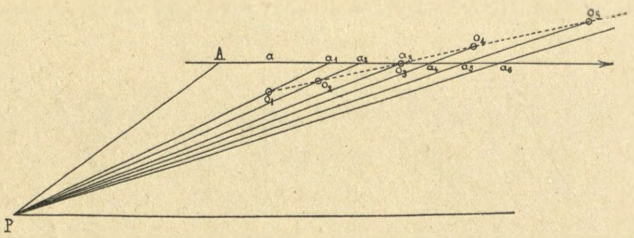


Fig. 115.

du chemin parcouru par l'objectif pendant l'intervalle de 2 coups successifs, on a :

$$Aa = V\theta,$$

$$aa_1 = Vt,$$

$$o_1o_3 = 2a_1a_3 = 2 \times 2\tau \times V.$$

L'angle de site pour les grandes distances étant faible, on a sensiblement :

$$Po_1 = PA + Aa_3 - o_3o_1$$

et par suite : $p = Aa_3 - o_3o_1$

d'où : $p = Aa + aa_1 - a_1a_3$

et : $p = (\theta + t - 2\tau)\ V.$

La portée étant comprise, par exemple, entre 7.000 et 8.000 mètres, on peut prendre pour valeur de t : 30 secondes.

Si, comme précédemment, $\theta = 15$ secondes, et

$$2\tau = 16 \text{ secondes}$$

on trouve sensiblement, pour la correction de portée :

1° Tir sur dirigeables (échelonnement de 200 mètres), $p = 500$ mètres ;

2° Tir sur avions (échelonnement de 400 mètres), $p = 1.000$ mètres.

Dans le cas où l'angle de route n'est plus à proprement parler négligeable (au delà de 30 degrés), on peut admettre les valeurs suivantes :

1° Tir sur dirigeables (échelonnement de 200 mètres), $p = 400$ mètres ;

2° Tir sur avions (échelonnement de 300 mètres), $p = 800$ mètres.

Succession des tirs. — Les tirs doivent se succéder sans interruption. Dans ce but, il est bon que le commandant de batterie se repose sur un ou plusieurs adjoints du soin de régler la dérive et le site. Il se préoccupe uniquement de la détermination des hausses.

Les tirs étant, en général, de 6 coups, la distance télémétrée dès le 4e coup doit, en principe, lui servir de base pour la détermination de la hausse du tir suivant.

L'observation latérale permet de se rendre compte du franchissement des barrages. A son défaut, les observations télémétriques ou les occultations peuvent renseigner le commandant de batterie.

Si celui-ci constate que les barrages n'encadrent pas l'objectif, il modifie dans le sens convenable les corrections de portée. Ce défaut d'encadrement se produirait à coup sûr si la vitesse de l'objectif était très différente de la valeur admise, ou si une erreur grossière était commise dans l'appréciation ou la mesure de l'angle de route.

Remarques sur le matériel employé.

Le matériel doit répondre aux conditions que nous avons sommairement indiquées plus haut.

Sont en service actuellement :

a) Le matériel de 75, modèle 1897, monté sur affût plate-forme, modèle 1915 ;

b) L'auto-canon de 75.

La description de ce matériel est donnée dans des règlements spéciaux ; nous nous bornerons aux quelques indications ci-après.

Zone d'accès des projectiles. — La zone accessible par les projectiles d'une pièce de 75 pouvant tirer sous tous les

Trajectoires de l'obus de 75 sous divers angles de projection

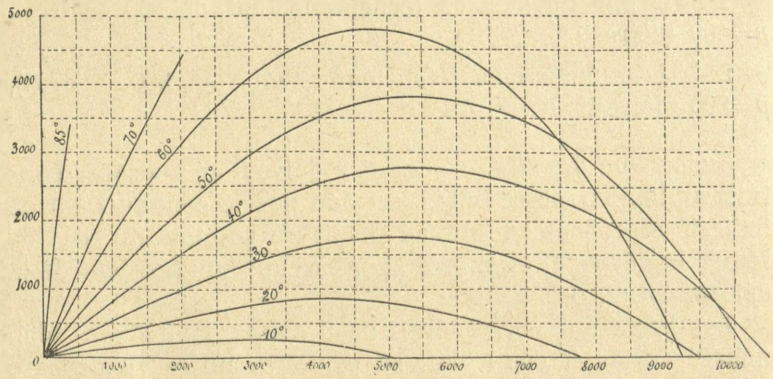


Fig. 116.

angles de site jusqu'à 85°, est définie par le faisceau des trajectoires représenté sur la figure 116.

Pointage en direction. — Il est assuré, grâce à un appareil de pointage approprié, par un servant spécial.

Pointage en hauteur. — Il est assuré également par un servant spécial.

Dans le matériel de 75, le déplacement de la pièce sur le berceau, qui fournit l'angle de tir, est limité à un angle de 215 millièmes environ. Comme la portée est susceptible d'atteindre 9.500 mètres, cet angle de tir est insuffisant. Pour obvier à cet inconvénient, on fausse l'angle de site d'une quantité connue α en utilisant un appareil de pointage décalable ; en d'autres termes, on demande au mécanisme qui donne l'angle de site le déplacement angulaire qui manque pour procurer l'angle de tir.

Si on appelle S l'angle de site, t l'angle de tir, σ la correc-

tion de site, α l'angle reporté d'un mécanisme sur l'autre et A l'angle total, on a identiquement :

$$A = S + t + \sigma = S + \alpha + t + \sigma - \alpha.$$

On donne alors $S + \alpha$ avec l'appareil de pointage (mécanisme de l'angle de site) et $t + \sigma - \alpha$ avec la hausse.

Tir au niveau. — Il peut arriver également que le matériel, placé sur une plateforme pour atteindre les plus grands sites (85°), ne puisse pas être pointé sous les sites très faibles, alors qu'il lui est permis, cependant, de donner l'angle total A qui convient pour le tir à exécuter.

On pointe alors la pièce au niveau, sous un angle de site connu (250 millièmes par exemple) et, avec un appareil spécial, on mesure le site S à chaque instant. En appelant σ la correction de site, on a évidemment :

$$A = S + t + \sigma = 250 + \sigma + (S + t - 250).$$

Si l'on possède un tableau à double entrée qui, en fonction de la distance D, donne pour chaque valeur de S la valeur de $S + t - 250$, il suffit alors pour pointer la pièce, de donner :

au niveau : $250 + \sigma$,

à la hausse : $S + t - 250$.

La correction de site σ est celle que nous avons définie plus haut. Enfin, comme le temps perdu est plus grand que dans le tir normal, on prend pour σ une valeur double de la valeur habituelle.

Hausse. — On sait déjà qu'un objectif O se trouvant à une distance donnée D, dans un plan de site PO, l'inclinaison i à donner à la pièce se compose (fig. 117) :

1° De l'angle de site s de l'objectif ;

2° De l'angle de tir t.

L'angle t n'est pas constant en même temps que la distance D ; pour une même distance, il varie avec l'angle de site s de l'objectif.

C'est ainsi, par exemple,

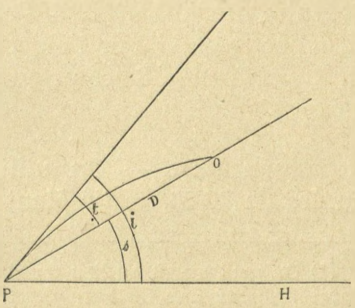


Fig. 117.

que les angles t, différents pour différentes distances lorsque l'angle de site est zéro, diminuent lorsque le site augmente et sont tous nuls lorsque le site atteint 90°.

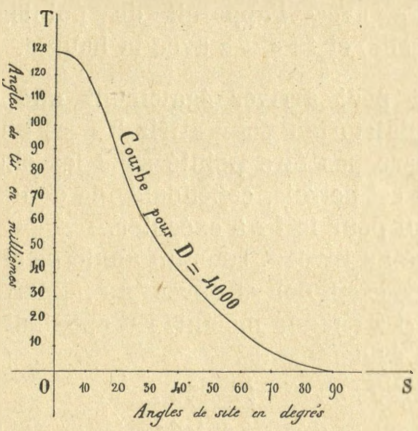


Fig. 117 *bis*.

Pour une distance donnée D, on peut donc écrire :

$$t_D = F(s),$$

fonction qu'on peut représenter de la façon suivante en la rapportant à deux axes de coordonnées OS et OT (fig. 117 bis).

Sur OS, on porte en abscisses les angles de site de 0° à 90° et on prend, comme ordonnées, les angles de tir (comptés en millièmes par exemple) qui conviennent à la distance D pour les différents sites.

Supposons, par exemple, D = 4.000 mètres.

Pour S = 0, on a : $t_D = 128$ millièmes.

Pour S = 90° $t_D = 0$.

On représente ainsi, par une courbe, la fonction $t_D = F(s)$ pour D = 4.000 mètres.

En opérant de même pour les diverses distances de tir, de 200 mètres en 200 mètres par exemple, on réalisera un abaque qui, manié par des servants suffisamment exercés, fournira instantanément l'angle de tir correspondant à la distance et au site de l'objectif.

L'application de ce principe a été réalisée par divers appareils aujourd'hui en service dans les stations de tir de 75 (1).

Débouchoir. — On utilise le débouchoir spécial pour fusées de 30/55, le tir étant normalement exécuté avec des

(1) On peut aussi, au lieu du site, prendre pour variable l'altitude h de l'objectif pour une distance donnée D et construire un abaque représentant la série des courbes $t_D = \varphi(h)$ correspondant aux diverses valeurs de D. On sait d'ailleurs que h est lié à D et à s par la relation : $h = D \sin s$.

obus pourvus de ces fusées. Le correcteur du débouchoir est placé d'une façon immuable à la division 10.

Pour le débouchoir des fusées 22/31, on fixe le correcteur à 20.

Les obus fumigères sont débouchés à l'aide d'une graduation spéciale du cadran du débouchoir 30/55. A défaut de cette graduation, on peut déboucher en faisant marquer au cadran habituel la distance commandée diminuée de 2.000 mètres.

Télémétrie. — Une bonne organisation télémétrique est le complément indispensable d'une section de tir contre aéronefs.

Les télémètres à base optique, du type Barr et Stroud à base d'un mètre au minimum, par exemple, peuvent être employés. Cependant la difficulté d'opérer sur un objectif se déplaçant rapidement subordonne cet emploi à la condition de posséder une équipe de télémétreurs hors ligne. L'appareil doit, de toute nécessité, être monté sur un support spécial qui permette facilement de maintenir l'objectif dans son champ. Dans les tirs de nuit, les difficultés d'emploi de l'appareil sont accrues.

Télémètre à grande base. — Il est donc préférable d'établir une organisation de télémétrie par recoupements en installant des postes latéraux de visée reliés téléphoniquement, par lignes directes, avec le poste central de batterie.

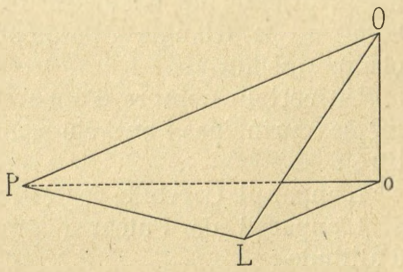


Fig. 118.

Les appareils de visée et de mesure permettent la résolution graphique instantanée du triangle : *poste de tir — poste latéral — objectif* (fig. 118). On les désigne sous le nom de « télémètre à grande base ».

Si le poste de tir est appelé à tirer dans toutes les directions, on devra installer trois postes latéraux situés sensiblement aux trois sommets d'un triangle équilatéral dont la batterie occupe le centre. Leur distance à la batterie devra être comprise entre 3.500 et 4.500 mètres.

Ces deux conditions permettent, si l'on désigne à chaque instant le poste latéral convenable :

1° D'obtenir un triangle de recoupement dont les angles sont supérieurs à 15° ;

2° D'apercevoir simultanément l'objectif, du poste de tir et de l'observatoire.

Enfin, il est nécessaire de réunir les trois postes d'observation latérale au poste de commandement par trois lignes téléphoniques distinctes.

D'après ces principes, il est aisé de réaliser un dispositif pratique pour la construction du triangle PLO (poste de tir — poste d'observation latérale — objectif) qui donnera la distance D (fig. 118).

On peut : ou bien construire d'abord le triangle PL*o*, projection horizontale du triangle de l'espace PLO, puis ensuite, par une seconde opération, déduire PO = D de P*o* et de l'angle de site OP*o* ; cette seconde opération est effectuée avec un appareil spécial, appelé *télémètre d'altitude*, qui résout en somme graphiquement le triangle OP*o* ; ou bien procéder à la détermination de PO avec un seul appareil qui résout directement le triangle OP*o*.

Enfin, si l'on admet l'hypothèse, très légitime d'ailleurs, qu'entre deux indications consécutives du télémètre à grande base (30 secondes environ d'intervalle), l'altitude de l'objectif est invariable, un télémètre d'altitude disposé à cet effet et résolvant le triangle OP*o* pourra donner la distance D à chaque instant.

Un certain nombre d'appareils, basés en somme sur les mêmes principes, ont été construits. On peut citer à ce titre :

L'appareil Carvallo, à détermination directe ;

L'appareil de Puteaux, qui fonctionne avec télémètre d'altitude ;

Des appareils de divers modèles, construits par les stations de tir du front.

Angle de route. — L'angle de route peut être apprécié à la jumelle.

Mais il est possible de construire un appareil simple susceptible de le mesurer. La disposition de cet appareil est indiquée par la figure 119.

Sur un cadre carré on tend des fils se recoupant au centre, et dont l'inclinaison est 0°, 15°, 30°, 45°, etc...

Ce cadre, maintenu horizontalement, est placé de façon que sa ligne 00 soit sur l'objectif. Celui-ci se projetant au

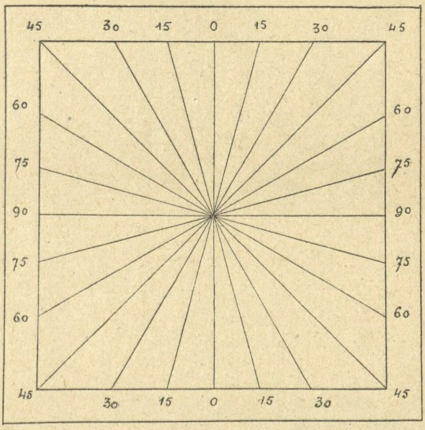
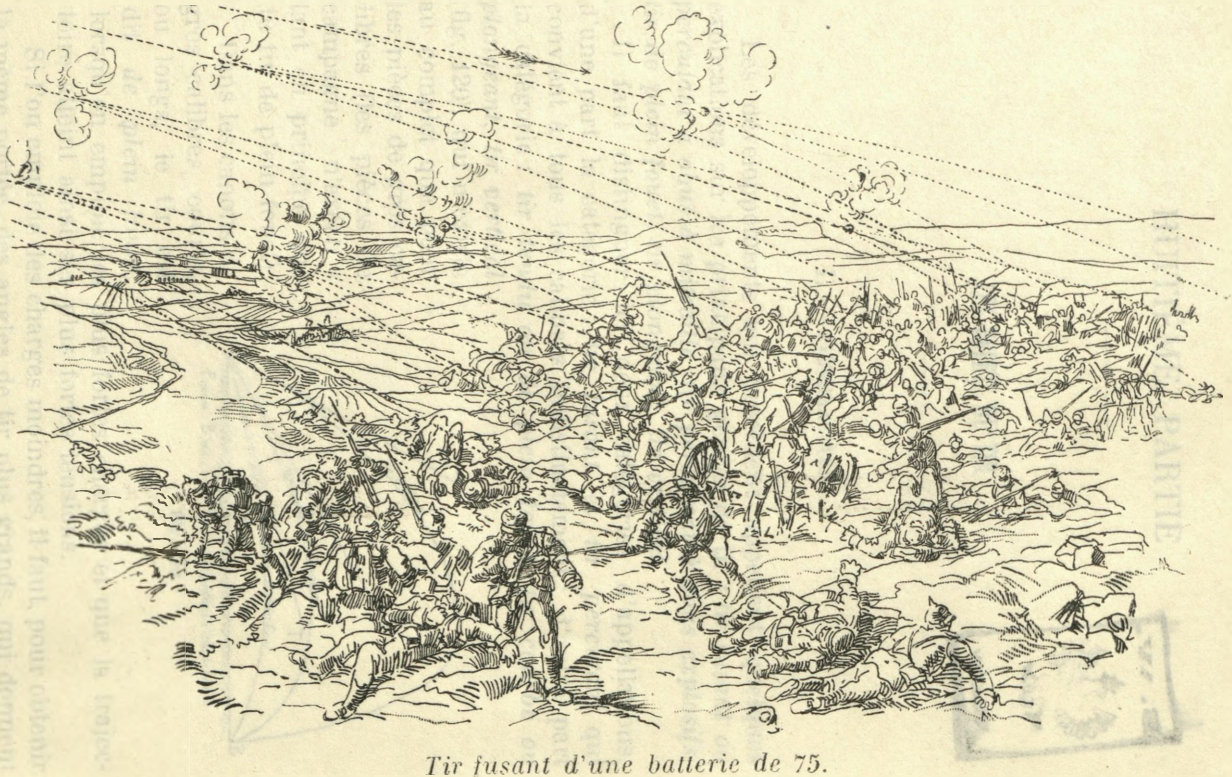


Fig. 119.

centre pour l'œil de l'opérateur, le fil suivi par l'objectif donne l'angle de route.

On obtient une précision plus grande en utilisant une glace maintenue horizontale et pouvant pivoter autour de son centre. Sur la glace on a tracé à partir du centre un faisceau de droites faisant entre elles 15°, 30°, 45°, etc... L'objectif observé par réflexion dans la glace est amené au centre du faisceau par un déplacement convenable de l'œil. La ligne suivie par l'objectif donne l'angle de route.

On peut obtenir, avec un peu d'habitude, l'angle de route à 10° près quand l'angle de site atteint 30°.



Tir fusant d'une batterie de 75.

176-177

HUITIÈME PARTIE

LES EFFETS DU TIR

I. — Généralités.

Les développements qui précèdent appellent quelques explications sur les principaux genres de tir : *tir fusant ou percutant à obus à mitraille*, *tir percutant à obus explosifs*, *tir de plein fouet*, *tir plongeant*, *tir vertical*.

Il faut distinguer ici deux catégories d'appellations, d'une part la catégorie : *tir fusant et tir percutant* qui convient à tous les calibres indistinctement ; d'autre part la catégorie : *tir tendu ou de plein fouet*, *tir courbe ou plongeant*, *tir vertical* (fig. 120), qui n'existe au complet que pour les pièces de gros calibres (les pièces de campagne n'exécutant en principe que du tir de plein fouet).

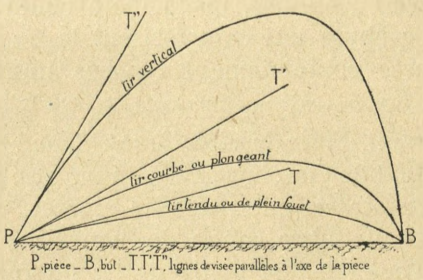


Fig. 120.

Dans les canons de gros calibres, courts, ou longs, le tir est dit *de plein fouet*, lorsqu'on emploie les plus fortes charges et que la trajectoire atteint ainsi ses plus fortes tensions.

Si l'on emploie des charges moindres, il faut, pour obtenir la même portée, des angles de tir plus grands, qui donnent naturellement des angles de chute plus grands aussi, et, par suite, des effets balistiques différents de ceux obtenus avec

le tir de plein fouet. Ces effets sont plus avantageux à certains points de vue, et moins satisfaisants à d'autres.

En tout état de cause, tant que les angles de tir, augmentés ainsi, ne dépassent pas une trentaine de degrés, le tir correspondant est appelé *tir plongeant*.

On emploie ce genre de tir lorsqu'on a besoin d'un angle de chute assez grand, compris approximativement entre 30 et 45 degrés, pour atteindre un objectif défilé derrière une masse couvrante de fort relief.

La nécessité d'augmenter, dans ce cas, l'angle de chute, entraine évidemment celle d'augmenter l'angle de tir. D'où l'obligation de diminuer la charge si l'angle de tir qu'il faut prendre pour obtenir l'angle de chute dont on a besoin donne, avec la charge normale, une portée supérieure à la distance où l'on se trouve de l'objectif. Tout dépend donc de la distance de cet objectif, du relief du couvert derrière lequel il s'abrite et de l'espace mort au-dessous duquel on ne veut pas descendre.

Le tir est dit *tir vertical* lorsqu'en raison de la nature des objectifs à détruire, on veut obtenir de grandes *vitesses restantes verticales*. Les angles de tir dépassent alors 30° et peuvent atteindre jusqu'à 65°. Le tir vertical, qu'on appelle aussi *tir d'écrasement*, est utilisé surtout pour la destruction des tourelles, caponnières, voûtes, batteries ou abris terrassés ou blindés, magasins à poudre, etc... Les grands angles de chute qui caractérisent le tir vertical suppriment à peu près complètement l'espace mort.

En principe, l'artillerie de campagne exécute exclusivement du tir de plein fouet. Cependant, si l'on peut facilement modifier la charge et donner aux pièces une inclinaison suffisante en enterrant les crosses, rien n'empêche théoriquement qu'un canon de campagne exécute du tir plongeant. Toutefois, ce genre de tir fatigue les affûts qui n'ont pas été construits pour cet usage.

II. — Etude des effets des projectiles

Théoriquement la puissance de destruction d'un projectile est donnée par l'expression de sa force vive : $\frac{1}{2}mv^2$, dans laquelle m représente la masse du projectile et v sa vitesse

au point d'éclatement. Mais cette évaluation théorique ne peut servir que de guide et doit être éclaircie par les résultats de l'expérience.

Les effets des projectiles se rapportent à deux catégories principales d'objectifs :

1° Les objectifs animés ;

2° Les obstacles.

Et le problème qui se pose est de se rendre compte, en s'aidant des données expérimentales, des résultats qu'on peut obtenir en tirant tel ou tel projectile, dans telles ou telles conditions, contre tel ou tel obstacle.

a) *Tir contre les objectifs animés.* — Le but de ce tir est de fournir au point d'éclatement un certain nombre de balles et d'éclats pouvant, par leur force vive restante, mettre hors de combat le plus grand nombre possible d'hommes et de chevaux.

Tir fusant ; la gerbe d'éclatement. — Les balles et éclats mis en liberté par l'explosion du projectile forment ce qu'on appelle une *gerbe d'éclatement*, que l'obus éclate fusant sur sa trajectoire (fig. 123) ou qu'il éclate percutant après avoir ricoché (fig. 124).

On a indiqué précédemment — mais il convient de le rappeler encore — que lorsqu'on emploie un correcteur donné, par exemple celui qui correspond à la hauteur-type, et qu'on conserve ce même correcteur pour plusieurs portées successives, 1.000 mètres, 2.000 mètres, 3.000 mètres, etc.... le mécanisme du débouchoir est agencé de telle façon que le lieu géométrique des points d'éclatement est une droite passant par la bouche de la pièce et dont l'inclinaison sur l'horizontale est fonction du correcteur donné. Dans le cas de la fig. 121, par exemple, l'angle que fait cette droite avec l'horizontale est supposé être l'angle de hauteur-type.

La forme conique de la gerbe d'éclatement tient à ce que

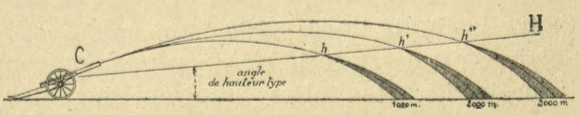


Fig. 121.

chaque balle est animée non seulement de la vitesse de translation du projectile, mais de deux autres vitesses : l'une due à la rotation du projectile et l'autre imprimée par les gaz que produit l'explosion du projectile. La résultante de ces trois vitesses attribue, à chaque balle ou éclat, sa vitesse et sa direction propres ; sans détailler le problème, on comprend très bien que, par raison de symétrie, la gerbe ainsi produite se présente sous la forme générale d'un cône droit (fig. 122) dont l'axe ET se confond sensiblement avec la trajectoire prolongée au-delà du point d'éclatement E.

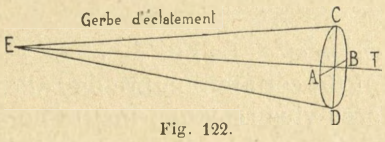


Fig. 122.

L'angle au sommet CED de ce cône est appelé *angle d'ouverture* de la gerbe.

En appliquant les règles très simples de la composition des vitesses on arrive facilement aux conclusions suivantes :

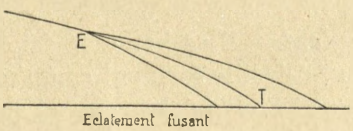


Fig. 123.

1° Deux projectiles ayant la même vitesse tangentielle au point d'éclatement, le plus grand angle d'ouverture de la gerbe, appartiendra à celui dont la vitesse de rotation est la plus grande.

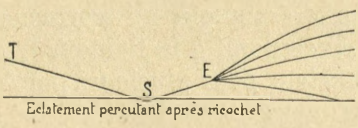


Fig. 124.

2° La vitesse de rotation se maintenant beaucoup mieux que la vitesse tangentielle, l'angle d'ouverture de la gerbe augmente lorsque la vitesse tangentielle diminue ; il augmente donc avec la portée.

Pour l'obus à mitraille de 90 et pour l'obus de 75 en particulier, l'expérience a donné les résultats comparatifs suivants :

La disposition de la charge intérieure du projectile influe beaucoup sur la forme de la gerbe.

Si la charge est assez forte et à peu près concentrée sur l'axe du projectile, les balles reçoivent au moment de l'éclatement et dans le sens du rayon, une vitesse qui les

	ANGLE D'OUVERTURE DE LA GERBE A					
	1.000 mèt.	1.500 mèt.	2.000 mèt.	2.500 mèt.	3.000 mèt.	3.500 mèt.
Obus de 75....	15°,16′	16°,40′	17°,54′	19°,2′	20°,0′	20°,54′
Obus à mitraille de 90.	17°,14′	18°,12′	19°,8′	20°,0′	20°,48′	21°,30′

éloigne de la trajectoire et qui augmente ainsi sensiblement l'angle d'ouverture de la gerbe. Celle-ci peut alors dépasser 30°. En outre la gerbe est creuse comme l'indique la figure 125.

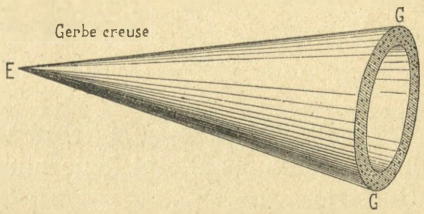


Fig. 125.

Si, au contraire, la charge du projectile est disposée à l'arrière ou à l'avant, la rotation du projectile contribue seule à la dispersion latérale ; l'angle d'ouverture est faible et la gerbe est pleine (fig. 126). C'est le cas pour l'obus à mitraille de 90.

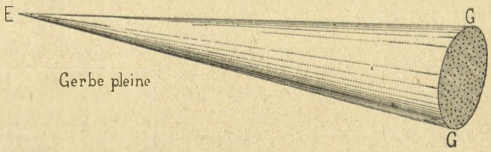


Fig. 126.

En réalité le cône de révolution que forme la gerbe à proximité immédiate du point d'éclatement subit aussitôt les lois de la pesanteur et ne tarde pas à se déformer. Il prend alors la forme indiquée par la figure 127.

E étant le point d'éclatement, l'angle *tEt′* est l'angle d'ouverture de la gerbe AEB. Cette gerbe, de forme conique aux

environs de E, s'incurve en formant un volume à section ovoïde dont l'intersection avec le plan horizontal est la courbe *acbd*. Cette courbe limite le terrain battu (1).

La partie TEA de la gerbe est la *nappe inférieure*. La figure montre qu'elle est *fichante*, c'est-à-dire que les balles

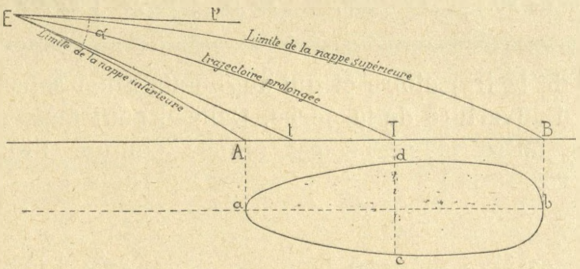


Fig. 127.

et éclats y ont des angles de chute supérieurs à celui marqué par la trajectoire. Cette nappe atteint donc plus particulièrement les buts couverts.

Dans la partie TEB de la gerbe, dite *nappe supérieure*, les angles de chute des balles et éclats sont au contraire inférieurs à l'angle de chute de la trajectoire. Cette partie de la gerbe est donc relativement *rasante* et plus efficace contre les objectifs verticaux et le personnel non abrité.

Il est évident que la profondeur de la zone battue augmente :

1° Pour une même portée, quand la vitesse tangentielle au point d'éclatement augmente ;

2° Quand l'angle de chute diminue pour une même portée ;

3° Quand les effets de la résistance de l'air sont diminués, soit parce que les balles et éclats ont des formes plus régulières, soit parce que leur poids ou leur densité augmente.

Il est évident aussi qu'il y a inconvénient à ce que la hauteur d'éclatement soit trop grande ; dans ce cas les balles et éclats ont un trajet plus long à parcourir, surtout dans la

(1) Pour le 90, ses dimensions à 4.000 mètres, sont d'environ 250 mètres en profondeur et 50 mètres de largeur.

nappe supérieure et perdent ainsi une trop grande partie de leur efficacité.

D'autre part, les effets de la gerbe dépendent évidemment du projectile. Celui-ci doit être organisé de façon que la profondeur du terrain battu soit aussi grande que possible à toutes les distances de combat, sans que le nombre d'atteintes par mètre carré s'abaisse sensiblement ; il faut aussi que l'organisation du projectile produise une dispersion régulière des atteintes. Il importe enfin que les balles et éclats conservent une action meurtrière sur tout le terrain battu et que, par suite, leur force vive ne se perde pas trop rapidement.

Le tableau ci-dessous fait ressortir à ces divers points de vue les principales caractéristiques des obus à balles de 75 et des obus à mitraille de 90.

PROJECTILES	POIDS TOTAL	POIDS d'une BALLE	POIDS de la CHARGE — Poudre F^3	NOMBRE de BALLES	NOMBRE D'ÉCLATS	NOMBRE TOTAL
75 m/m obus à balles, Mod. 97 M.....	7k,240	12gr.0	440gr.	290	»	290
90 m/m obus à mitraille	8k,685	14gr.5	130gr.	160	77	237

L'expérience montre — et il fallait s'y attendre — que *l'efficacité des gerbes dépend essentiellement de la hauteur et de l'intervalle d'éclatement.* Elle montre aussi que l'efficacité est maxima lorsque l'éclatement se produit :

1° Sur la trajectoire qui passe au pied du but ;

2° A une hauteur déterminée qui dépend du calibre et de la distance de la batterie au point d'éclatement. Nous savons déjà que cette hauteur verticale est vue de la batterie sous un angle constant, variant avec le calibre, qu'on nomme *hauteur-type*. La hauteur type est de 3 millièmes pour le 75 et de 4 millièmes pour le 90.

Prenons un exemple. Une pièce de 90 tire à 4.000 mètres. Sa hauteur-type est de 4 millièmes de la distance, soit 16 mètres. Quel est l'intervalle d'éclatement ? Les tables de tir

indiquent que l'angle de chute de 4.000 mètres est à peu près exactement de 16°.

D'autre part, la figure 128 fait ressortir que si h est la hauteur verticale d'éclatement, γ l'angle de chute à 4.000 mètres et δ l'intervalle d'éclatement mC, on a :

$$\delta = h \text{ cotg } \gamma$$

A 4.000 mètres, $h = 16^m$ et $\gamma = 16°,4'$.

En faisant le calcul on trouve :

$$\delta = h \text{ cotg } \gamma = 16 \times \text{ cotg } 16,4 = 16 \times 3,48 = 55 \text{ mètres.}$$

Il en résulte qu'une pièce de 90 tirant à 4.000 mètres et le tir étant réglé sur le pied du but, le point où le projectile

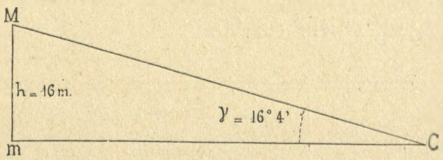


Fig. 128.

éclatera dans les conditions les plus favorables se trouve sur la trajectoire du pied du but, à 16 mètres de hauteur et à 55 mètres en avant du but.

Il est évident que la hauteur verticale d'éclatement augmente avec la portée. Enfin, la hauteur d'éclatement la plus favorable étant vue de la pièce sous un angle constant, quelle que soit la portée, il est évident que le lieu géométrique des points d'éclatement les plus favorables pour toutes les portées est une ligne droite faisant l'angle de *hauteur-type* avec la ligne pièce-but. Dès lors il n'est pas nécessaire de connaître les hauteurs absolues d'éclatement qui conviennent aux différentes portées ; il suffit de savoir qu'elles correspondent à un angle de visée constant, toujours facile à apprécier sur le terrain par le choix d'une base repère appropriée.

L'expérience montre encore que, dans les terrains ordinaires, les effets de la gerbe fusante sont peu modifiés par la configuration du sol ; *ces effets sont au contraire très différents, suivant que le but à atteindre est découvert ou abrité.*

Dans le premier cas, une *gerbe étroite et pleine* est beau-

coup plus efficace qu'une *gerbe ouverte et creuse*, parce que la gerbe étroite rase presque le sol et balaie sur une grande profondeur tous les objectifs découverts qu'elle rencontre. Dans cet ordre d'idées, il y a intérêt à ce que le demi-angle d'ouverture de la gerbe soit à peu près égal à l'angle de chute du projectile ; la figure 129 montre, en effet, que dans ce cas, α étant à la fois l'angle de chute et l'angle de

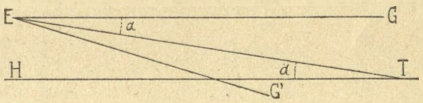


Fig. 129.

demi-ouverture de la gerbe, la nappe supérieure GET sera rasante vers l'extrémité T de la trajectoire normale.

Avec l'obus de 90 à mitraille, cette rasance est réalisée à la distance moyenne de 2.500 mètres ; avec l'obus à balles de 75, elle ne se produit qu'aux environs de 4.000 mètres.

On s'explique ainsi que les dimensions de l'ovale de terrain battu varient considérablement suivant la distance de tir et aussi suivant le calibre employé.

La figure 130 fait ressortir que, si le demi-angle d'ouverture de la gerbe α est notablement plus grand que l'angle de chute γ, les balles et éclats de la nappe supérieure sont en assez forte proportion projetés au-dessus de l'horizontale et ne retombent sur le sol qu'après avoir perdu une grande partie de leur vitesse et, par suite, de leur force de pénétration. L'abandon de l'ancien obus à couronnes de balles de 90

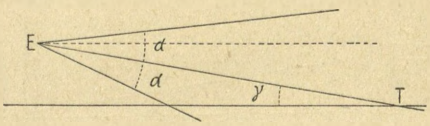


Fig. 130.

a été motivé par un inconvénient de ce genre. La gerbe ouverte et creuse de cet obus ayant un angle d'ouverture de 36°, la nappe inférieure était seule efficace aux distances ordinaires de combat, et, comme cette nappe était *très fichante*, le sol ne se trouvait battu efficacement que dans la

zone A et sur une très faible profondeur (fig. 131). La partie du terrain correspondant à la zone B, ou partie creuse de la gerbe, ne recevait qu'un très petit nombre d'éclats ; enfin dans la zone de terrain C plus éloignée, battue par la nappe

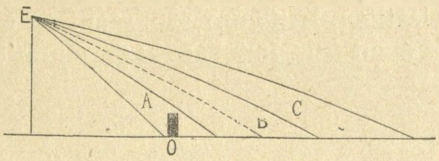


Fig. 131.

supérieure, les éclats étaient très dispersés et avaient perdu à peu près toute efficacité. Il fallait donc un réglage très précis, pour amener la nappe inférieure sur l'objectif O. Ces mêmes considérations montrent cependant que, lorsque le but est abrité, l'obus à gerbe ouverte et creuse peut être plus avantageux que celui à gerbe étroite et pleine ; mais il faut, pour cela, un tir précis et un projectile spécialement organisé.

On peut, à cet égard, comparer l'obus à mitraille et l'ancien obus à balles de 90.

A 2.500 mètres, l'angle de chute étant voisin de 8°, le demi-angle d'ouverture de la gerbe est d'environ 10° pour l'obus à mitraille et d'environ 18° pour l'obus à balles. Si nous supposons que les parties inférieures des gerbes des deux projectiles tangentent une masse couvrante de 3 mètres de relief (fig. 132 et 133), nous constatons que :

1° Dans le cas de l'obus à mitraille, l'espace mort EE′ en

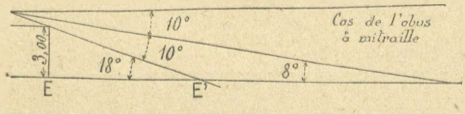


Fig. 132.

arrière de la masse couvrante est sensiblement égal à : 3 m. cotg 18° = 9 m. 20.

2° Dans le cas de l'obus à balles, l'espace mort EE′ est sensiblement égal à : 3 m. cotg 26° = 6 m. 15.

L'obus à balles permet donc d'atteindre à 3 mètres plus près du pied de la masse couvrante ; mais, comme on l'a déjà indiqué, la moitié seulement de sa gerbe est utilisée.

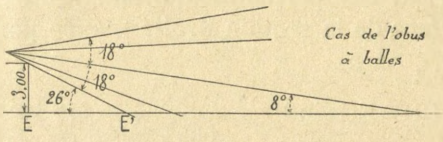


Fig. 133.

Il convient aussi d'apprécier l'efficacité de l'obus à mitraille de 90 par le rapport $\frac{n}{s}$ du nombre de balles ou éclats meurtriers, à la surface, horizontale ou verticale, sur laquelle ces balles et éclats se répartissent.

A quelques unités près, la gerbe de cet obus fournit 240 balles ou éclats ; les deux tiers seulement, soit 150 en chiffres ronds, sont réellement meurtriers. Sur le plan horizontal, ces 150 balles ou éclats meurtriers se répartissent à peu de chose près, sur une superficie de 1 hectare ; on a donc :

$$\frac{n}{s} = \frac{150}{10000} = \frac{1}{66}$$

c'est-à-dire 1 balle ou éclat pour 66 mètres carrés ou pour un carré de 8 mètres de côté.

Faisons le même calcul pour un plan vertical, par exemple le plan vertical mené par le point de rencontre de la trajectoire de 2.500 mètres avec le sol (fig. 134).

A cette distance, la hauteur verticale d'éclatement EP est

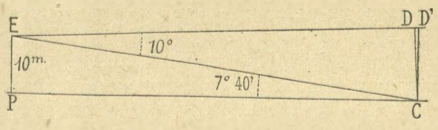


Fig. 134.

de 10 mètres, l'angle de chute de la trajectoire normale est de 7°,40′ ; l'intervalle d'éclatement PC est de 74 mètres en chiffres ronds (PC=10 cotg 7°,40′ et cotg 7°,40′=7,43) ; la

section droite de la gerbe à hauteur du point de chute est un cercle ayant pour rayon la droite CD menée par le point C perpendiculairement à ED axe de la gerbe. Or, la surface de l'ellipse obtenue en coupant la gerbe par le plan vertical mené par CD′ perpendiculairement à CP diffère très peu de la surface de la section droite menée par CD.

D'autre part, on a

$$CD = EC \sin 10° = \frac{74}{\cos 7°,40'} \sin 10°$$

ou

$$CD = \frac{74}{0.991} \times 0.174 = 13 \text{ mètres.}$$

La surface du cercle de rayon CD est donc :

$$\pi \times 13^2 = 530 \text{ m}^2.$$

Le nombre des balles et éclats de la gerbe étant de 240 (sur le plan vertical considéré la totalité de la gerbe est meurtrière), on trouve ainsi :

$$\frac{n}{s} = \frac{240}{530} = 0,45,$$

soit sensiblement une balle pour deux mètres carrés. La surface d'un homme faisant face à la gerbe étant de 1/2 mètre carré environ, on peut donc évaluer la vulnérabilité par le chiffre de une balle ou éclat par 4 hommes se trouvant dans la gerbe au point d'impact de la trajectoire normale.

Enfin, nous compléterons ces indications par les figures 135, 136, 137, 138 et 139 faisant ressortir en chiffres ronds aux différentes portées de 2.000 à 4.000 mètres et pour l'obus à mitraille de 90 : les hauteurs verticales d'éclatement correspondant à la hauteur-type angulaire de 4 millièmes ; l'angle de chute sur la trajectoire normale ; l'angle d'ouverture et la profondeur de la gerbe.

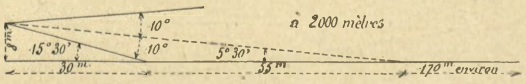


Fig. 135.

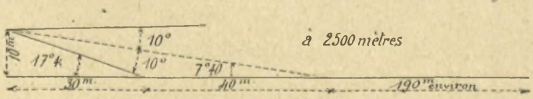


Fig. 136.



Une batterie de 75 exécute un tir percutant à courte distance sur une batterie allemande débouchant du village de Trocy. (Bataille de l'Ourcq, septembre 1914).

Non loin de là, un tumulus, avec cette inscription : Hier liegen 48 tapfere Kanoniere.

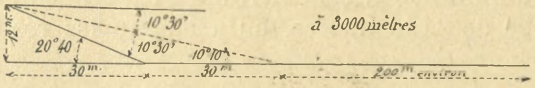


Fig 137.

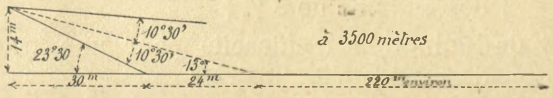


Fig. 138.

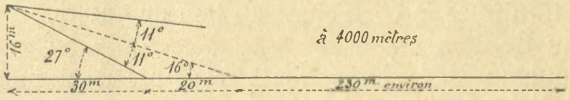


Fig. 139.

On a dit plus haut que, dans les terrains ordinaires, l'efficacité du tir fusant est à peu près indépendante de la configuration du terrain. Mais cette influence n'est pas négligeable lorsque, dans la région du point de chute et surtout au delà de ce point, le terrain offre une pente continue, soit ascendante, soit descendante.

Dans le premier cas (fig. 140), le grand axe de l'ovale de dispersion qui serait AB sur l'horizontale CD diminue manifestement et devient *ab* sur la pente ascendante CF.

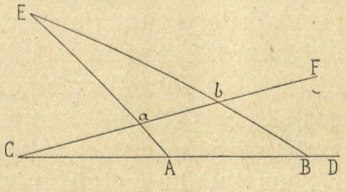


Fig. 140.

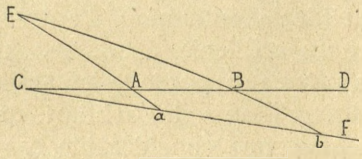


Fig. 141

Dans le second cas (fig. 141), le grand axe AB sur l'horizontale CD augmente et devient *ab* sur la pente descendante CF ; le trajet parcouru par les balles et éclats augmente ; il en résulte une perte de force vive assez sensible et, par suite, une diminution d'efficacité.

Cette diminution a été déterminée expérimentalement. A la distance de 2.500 mètres, on a obtenu les résultats suivants :

1/10e de diminution d'efficacité pour une pente montante de 5 % ;

1/4 de diminution d'efficacité pour une pente descendante de 5 % ;

1/2 de diminution d'efficacité pour une pente descendante de 10 %.

C'est pour cette raison que, lorsqu'on a à exécuter un tir fusant contre un objectif placé en arrière d'une crête, on peut être amené, après avoir fait le tir de réglage sur la crête, à diminuer le correcteur au lieu de l'augmenter, pour passer au tir d'efficacité.

Les quelques développements qui précèdent mettent en évidence l'efficacité de la protection que peuvent fournir les tranchées et les épaulements contre le tir fusant de l'artillerie de campagne. L'utilité de l'abri par l'aménagement du terrain apparaîtra mieux encore si l'on tient compte de la dispersion du tir et de la probabilité très faible, même avec un tir réglé, d'atteindre un objectif aussi étroit qu'une tranchée (aux distances moyennes de combat cette probabilité ne dépasse pas 5 à 6 %).

D'autre part, même aux plus faibles distances, les balles et éclats des shrapnels sont arrêtés par une levée de terre de 30 à 40 centimètres d'épaisseur.

En résumé, le tir fusant de l'artillerie de campagne ne peut avoir qu'une efficacité très restreinte contre des objectifs abrités ; il faut donc : d'une part, s'abriter contre le tir de l'artillerie ennemie ; d'autre part, pour l'utilisation de sa propre artillerie, chercher surtout des positions permettant de prendre d'enfilade les tranchées et abris de l'adversaire. Quoi qu'il en soit, l'artillerie de campagne possède une action de présence considérable, en ce sens qu'elle paralyse les mouvements de l'ennemi, qu'elle l'oblige à se maintenir terré et qu'elle lui inflige des pertes pouvant aller jusqu'à la destruction complète, dès qu'il se découvre pour tirer ou se porter en avant.

Tir percutant. — On a déjà indiqué la différence essentielle entre le tir fusant et le tir percutant.

Lorsqu'un projectile muni d'une fusée percutante rencontre le sol sous un angle α assez faible (fig. 142), il y creuse un sillon S dont la profondeur dépend de l'angle α et de la nature du sol, puis ricoche sous un angle β et éclate à une certaine distance sur la branche ascendante de sa nouvelle trajectoire SE. La distance SE entre le point où la trajectoire se relève et le point d'éclatement se nomme *retard*.

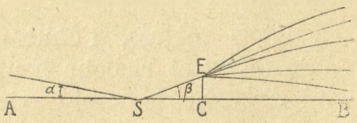


Fig. 142.

Ce retard correspond au temps nécessaire pour que la fusée fonctionne et produise l'éclatement en communiquant le feu à la charge intérieure. L'existence de ce retard est indispensable ; si en effet l'éclatement se produisait au moment précis ou l'obus rencontre le sol en S, les balles et éclats, suivant leur direction primitive, ficheraient en grande partie dans le sol et la gerbe perdrait presque totalement son efficacité. Le retard est en moyenne de 2 mètres à 1.000 mètres. La hauteur EC du point d'éclatement au-dessus du sol est négligeable (elle est d'environ 0 m. 40 pour le retard de 2 mètres).

Dans les sols mous, ou encore, lorsque l'augmentation des portées donne lieu à de grands angles de chute, le projectile ne ricoche plus ; il suit sa direction première et pénètre plus ou moins profondément dans le sol où il éclate en *faisant fougasse*. L'efficacité du projectile est alors à peu près nulle.

L'angle β sous lequel le projectile ricoche est généralement compris entre α et 2 α.

La forme et les propriétés générales de la gerbe percutante sont analogues à celles de la gerbe fusante. Toutefois, le projectile perdant environ 100 mètres de vitesse en touchant le sol et la nappe supérieure étant plus relevée que dans la gerbe fusante, l'efficacité des balles et éclats est sensiblement diminuée et la nappe inférieure est seule meurtrière.

Lorsqu'un obus percutant éclate au delà du but, ses effets sont évidemment nuls ; s'il éclate trop près du but, les balles et éclats n'ont pas le temps de s'écarter latéralement et la gerbe n'atteint qu'une faible partie de la surface qu'elle

pourrait battre ; si l'éclatement se produit trop loin en avant du but, la gerbe peut passer tout entière au-dessus sans l'atteindre.

On conçoit donc — et l'expérience le démontre — qu'une certaine position de l'éclatement donne le maximum d'efficacité.

Prenons un exemple.

A 2.500 mètres, l'obus à mitraille de 90 tombe sous l'angle de 8° et ricoche sous l'angle de 12° à 16°. A cette même distance, le demi-angle d'ouverture de la gerbe percutante étant d'environ 10°, un éclat situé à la partie inférieure de la nappe suit une trajectoire ascendante faisant un angle d'environ 4° avec l'horizontale (fig. 143).

Dans ces conditions, l'identité : $25 \text{ tg } 4° = 25 \times 0{,}07 = 1 \text{ m. } 75$ montre que, si l'obus éclate à plus de 25 mètres en avant

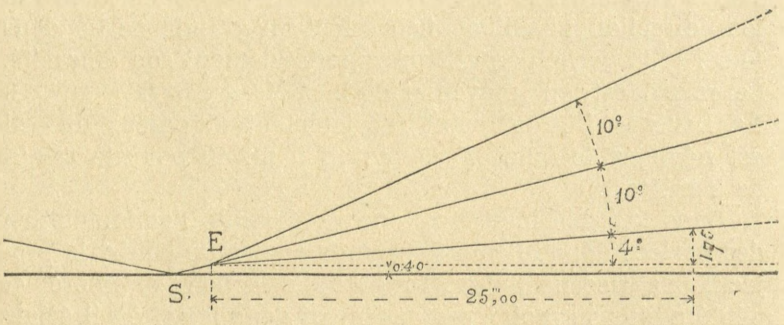


Fig. 143.

d'un but de hauteur égale à 1 m. 70 (fantassin debout), la gerbe passe tout entière au-dessus de ce but.

Il est donc indispensable d'apporter une très grande précision dans le réglage du tir percutant.

Une conclusion non moins importante à tirer de ce qui précède est qu'aux distances moyennes de combat et *a fortiori* aux grandes distances, le tir percutant exécuté avec les obus à gerbe étroite est inférieur au tir fusant. Par contre l'obus percutant prend une réelle supériorité aux petites distances.

L'expérience ayant montré en effet que l'angle de ricochet décroît beaucoup plus vite que l'angle d'ouverture de la gerbe, il en résulte que la direction de la nappe inférieure



Tir à mitraille contre la cavalerie.

s'écarte peu d'une parallèle au sol ; cette nappe rasante possède dès lors une grande efficacité.

C'est ainsi qu'à 1.200 mètres et au-dessous, l'efficacité du tir percutant des obus à balles ou à mitraille est un peu supérieure à celle du tir fusant ; au delà de cette distance, l'obus fusant prend très vite une supériorité marquée ; à 2.500 mètres, il est à peu près trois fois plus efficace que l'obus percutant.

Ces propriétés différentes du tir percutant et du tir fusant ne doivent pas être perdues de vue. Il est très utile par exemple de savoir que, contre la cavalerie ou contre une infanterie ayant réussi à se rapprocher à moins de 1.200 mètres, il y a double avantage à employer le tir percutant, d'abord parce qu'il est plus efficace que le tir fusant, ensuite parce qu'on gagne ainsi tout le temps qui serait nécessaire au débouchage et au réglage de l'évent.

On s'explique par les considérations précédentes qu'à l'inverse de ce qui a lieu pour le tir fusant, la configuration et la nature du sol puissent modifier beaucoup l'efficacité du tir percutant. Lorsque le terrain est marécageux ou mou, le projectile disparaît ou fait fougasse ; il n'y a pas d'observation et, par suite, de réglage possible. Si, au contraire, le terrain est ferme, mais présente des ondulations un peu marquées, il arrivera fréquemment que l'angle de pente de ce terrain s'ajoutant à l'angle d'incidence du projectile sur l'horizontale, l'angle total résultant sera tel que le projectile ne ricochera plus et fera fougasse ; les coups tirés dans ces conditions seront perdus pour le réglage.

Par contre, si le terrain s'abaisse en avant de la pièce et dans les conditions indiquées par la figure 144, on voit que si KB par exemple est la portée-limite en terrain horizontal au delà de laquelle le projectile ne ricochera plus, cette portée-limite pourra être augmentée et devenir KB′ si, à partir d'un certain point C ce terrain se continue par un glacis CB′ tel que l'angle de chute T′B′C soit égal à TBC c'est-à-dire à γ. Enfin la protection par la moindre levée de terre suffit pour rendre le tir percutant à peu près inefficace. Les coups au but ou ceux qui traversent la masse couvrante

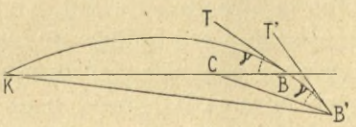


Fig. 144.

peuvent seuls produire des effets meurtriers. On admet qu'un parapet en terre moyenne de 3 mètres d'épaisseur suffit pour protéger les défenseurs contre la pénétration des obus de campagne : c'est l'épaisseur adoptée pour l'ouvrage de compagnie.

Tir des boîtes à mitraille. — Le tir des boîtes à mitraille est exclusivement employé contre les attaques se produisant à l'improviste, à des distances ne dépassant pas 600 mètres. Ce tir exécuté très rapidement permet de couvrir d'un grand nombre de balles tout le terrain compris entre la batterie et la troupe assaillante. (Planche VIII).

L'enveloppe, en tôle ou en zinc, étant très mince, est déchirée avant même la sortie de la bouche à feu par la force d'expansion des gaz.

Les balles sphériques, soumises à des pressions et actions mécaniques qui peuvent varier beaucoup suivant la place qu'elles occupent dans le tube, sont chassées avec des vitesses et dans des directions très différentes. L'expérience a montré cependant que les balles forment une gerbe conique dont l'axe a pour direction initiale celui de la pièce. Certaines balles atteignent la portée-limite de 600 mètres environ ; d'autres ont des trajectoires plus ou moins fichantes et certaines tombent à des distances de la pièce relativement très courtes.

Théoriquement, le maximum d'effet serait obtenu en donnant à la pièce l'angle qui convient pour amener sur le but la trajectoire du centre de la gerbe. Mais l'expérience a montré qu'en pratique il suffit de diriger l'axe de la pièce sur le but, ou même de disposer la pièce horizontalement dans la direction du but. En effet, il s'établit une compensation entre le nombre des *atteintes directes* et celui des *atteintes par ricochet ;* un pointage précis n'est donc pas nécessaire et la condition de rapidité du tir devient prépondérante, surtout lorsqu'il s'agit de repousser une attaque inopinée de cavalerie.

Un terrain ferme, uni et légèrement en pente descendante vers le but favorise le ricochet des balles et augmente leur portée. Au contraire, dans un sol mou (sable, prairies humides, champs labourés, neige épaisse) ou sur un terrain légèrement en pente ascendante, inégal et coupé de sillons

ou recouvert de broussailles, les balles s'enterrent facilement ou perdent de leur portée.

D'autre part, la boîte à mitraille n'est pas, comme l'obus à mitraille, pourvue d'une ceinture à forcement et les gaz chassés en avant déchirent l'enveloppe à l'intérieur même du canon. Il en résulte que, pendant son trajet dans l'âme, la masse de mitraille subit des déformations et des chocs et qu'à la sortie de la bouche à feu sa vitesse est sensiblement moindre que celle de l'obus ; c'est ainsi que la portée pratique de la boîte à mitraille ne dépasse pas 600 mètres. En deçà, l'efficacité est à peu près la même partout ; au delà, elle diminue très rapidement et devient complètement nulle à 800 mètres.

A défaut de boîte à mitraille, on peut tirer des obus à mitraille, soit débouchés à la distance zéro et au correcteur 20, soit même non débouchés; mais, jusqu'à 600 mètres, la boîte à mitraille a plus d'efficacité que l'obus. Vers cette limite et au delà, il est préférable de faire percuter les projectiles à une centaine de mètres en avant du front de l'assaillant.

Tir des obus explosifs. — Jusqu'à ce jour les obus explosifs de l'artillerie française sont exclusivement employés comme projectiles percutants. Sauf le cas où les fusées sont pourvues de retard, ils éclatent presque instantanément à la rencontre du sol, en formant un entonnoir plus ou moins large ou profond et en produisant un nuage de fumée noire qui permet d'observer le sens des coups. Toutefois ce nuage s'élevant et se dissipant très rapidement, l'observation est toujours délicate, surtout lorsque le but n'a qu'un faible relief ; il est donc particulièrement indispensable qu'elle soit faite et énoncée instantanément.

La figure 145 montre que les éclats des obus explosifs se répartissent en trois groupes qu'on distingue très nettement sur le terrain.

Le plus nombreux, provenant de la rupture des parois latérales de l'enveloppe d'acier, est projeté perpendiculairement à la direction du tir et forme une nappe d'environ 2.000 fragments très irréguliers, à arêtes vives et dont un grand nombre ont des dimensions minuscules.

Les éclats provenant du culot forment une nappe analogue dirigée vers l'arrière ; les éclats de l'ogive donnent

lieu à une gerbe conique creuse très peu dense, dirigée vers l'avant et dont la partie centrale (environ 80° d'ouverture) ne contient presque pas d'éclats.

Les éclats sont projetés avec des vitesses considérables, pouvant dépasser 1.200 mètres, mais moindres toutefois

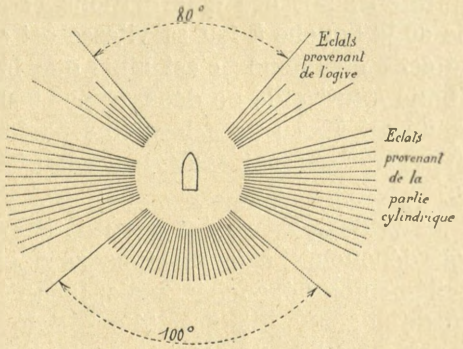


Fig. 145.

pour les fragments provenant de l'ogive. Par suite de la masse très faible et de la forme très irrégulière de ces éclats, ces vitesses se perdent très vite. Le rayon d'effet meurtrier des obus explosifs est donc assez restreint. Les expériences de détonation au repos ont montré ainsi qu'à partir de la distance de 35 mètres, très peu d'éclats conservent assez de vitesse pour traverser une planche de sapin de 20 millimètres d'épaisseur. Néanmoins, certains éclats de dimensions plus fortes peuvent être projetés à des distances assez grandes et occasionner des blessures graves.

Lorsqu'un obus explosif éclate, les gaz produisent un ébranlement considérable de l'air, nommé *souffle du projectile*. Les expériences faites sur des animaux ont montré que, pour les obus explosifs de campagne, ce souffle cesse d'être dangereux à 4 mètres du point d'explosion ; pour les obus de siège, les effets du souffle se font sentir à une distance beaucoup plus grande.

L'explosion des obus à mélinite ne donne lieu à aucun effet incendiaire, même au contact de matières très inflammables, comme le foin.

L'obus explosif peut être employé contre le personnel, le matériel et les obstacles.

Lorsqu'il est muni d'une fusée porte-retard, l'obus explosif de campagne ricoche sur le sol, puis éclate en l'air à une dizaine de mètres de hauteur en projetant de nombreux éclats dans toutes les directions. Par l'effet du ricochet, la trajectoire est déviée sensiblement vers la droite, de sorte que les éclats d'une partie de la nappe latérale peuvent frapper obliquement, par derrière et de haut en bas, le personnel abrité contre un parapet ou dans une tranchée. Il en est de même des éclats du culot qui sont projetés en arrière.

Contre le matériel, l'obus explosif produit des effets de destruction considérables en raison de la grande vitesse des éclats qui, même très petits, brisent les parties en bois et font dans le métal des trous larges et profonds.

En résumé, le mode de fragmentation des obus explosifs, caractérisé par la projection des éclats dans tous les sens, permet de tirer de ces obus des effets très précieux dans les circonstances de la guerre actuelle, effets que la gerbe de l'obus à mitraille — exclusivement projetée en avant — ne peut fournir contre le personnel abrité. Aussi la tendance est-elle, avec juste raison, d'augmenter de plus en plus la proportion des obus explosifs dans les fabrications en cours.

B. — Tir contre les obstacles.

A moins de circonstances justifiant une forte consommation de munitions, un commandant de batterie de campagne doit se souvenir que son tir n'a qu'une efficacité restreinte sur des objectifs réellement résistants, tels que : épaulements renforcés, murs très épais en maçonnerie ordinaire, ouvrages en béton, cuirassements, etc...

La raison de cette inefficacité relative est double ; elle tient d'abord à l'insuffisance de force vive due à la masse trop faible du projectile, ensuite au poids trop restreint d'explosif que comporte la capacité intérieure du projectile.

Cependant, ce serait une erreur grave que de généraliser et de méconnaître l'importance des effets qu'on peut attendre dans bien des cas du tir des batteries de campagne contre certains obstacles.

A ce titre, il convient d'indiquer brièvement l'état de la

question et de rappeler les principaux résultats que l'expérience a fournis jusqu'à ce jour.

On sait que le travail employé à la pénétration d'un projectile dans un milieu résistant représente à un moment quelconque la force vive perdue par le projectile depuis le moment où la pénétration a commencé. L'expérience et la théorie conduisent en outre aux constatations suivantes :

1° Pour un projectile de calibre et de modèle donnés, la pénétration dépend essentiellement de la nature et, par suite, de la résistance plus ou moins grande du milieu (terres, maçonnerie, métaux, bois) ;

2° La pénétration augmente avec la force vive restante du projectile et avec son poids par unité de section. La pénétration est favorisée aussi par la forme ogivale du projectile. Le maximum d'efficacité est donc obtenu avec des projectiles oblongs allongés, du plus grand calibre compatible avec les exigences techniques de construction et animés de la plus grande vitesse possible ;

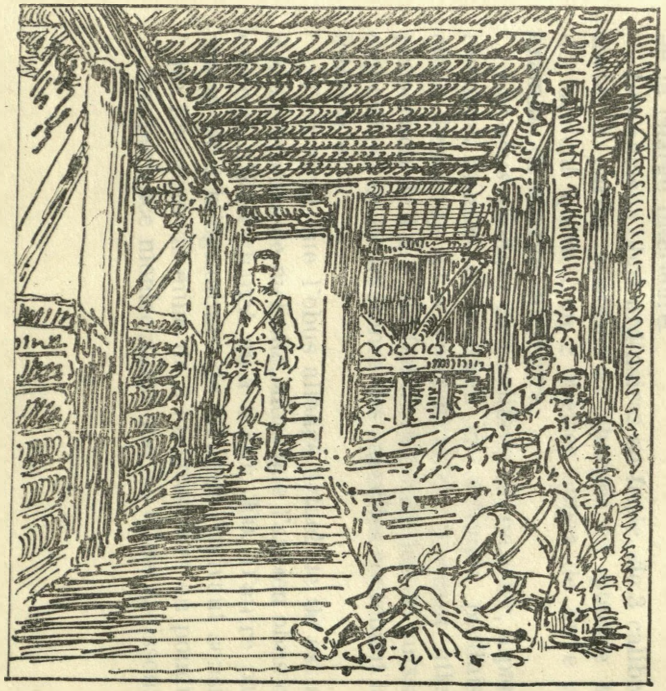
3° La pénétration dépend aussi de la direction de l'axe du projectile par rapport au plan tangent à l'obstacle au point d'impact ; les conditions les plus avantageuses sont évidemment réalisées lorsque cette direction est normale au plan ;

4° La pénétration ne se fait suivant une droite que dans les milieux homogènes, ce qui est rarement le cas dans la pratique ; dans les terres, en particulier, les projectiles dévient souvent et s'écartent sensiblement de leur direction primitive ;

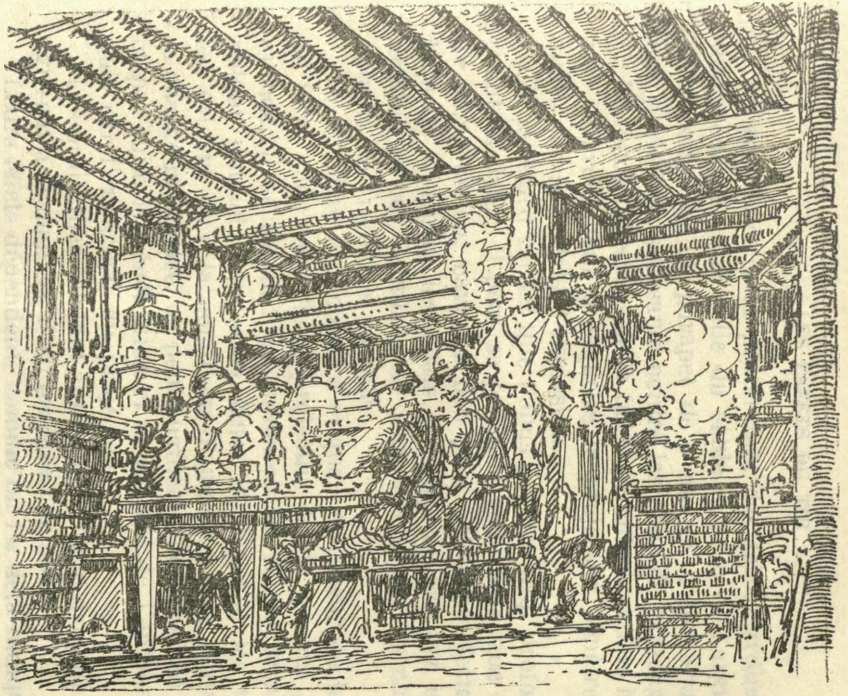
5° Lorsque la vitesse du projectile ou la résistance de l'obstacle dépassent certaines limites, il peut arriver que le projectile se déforme ou même se brise ; dans ce cas il y a perte de force vive et, par suite, diminution de la pénétration.

L'expérience a donné les résultats ci-après pour la pénétration de l'obus de 90 dans les divers milieux résistants avec une vitesse restante de 250 mètres :

Sable mêlé de gravier.....	1^m70
Terre légère rassise (terre des champs).	2^m50
Terre légère fraîchement remuée.....	3^m05
Terre argileuse.....	4^m15



1. — *Abri à personnel au revers d'une colline. Vue intérieure ; les lits de camp.*



2. — *Le même abri. Le réfectoire.*

Certains locaux bien choisis : carrières profondes, abris solidement aménagés sur des versants de collines opposés à l'ennemi, pourront offrir un certain confortable, tout en jouissant d'une immunité presque complète contre les projectiles de tous calibres. C'est là précisément une des difficultés de la guerre actuelle. (Deux croquis du front.)

La résistance à la pénétration des terres ordinaires est intermédiaire entre celle du sable et celle de l'argile. On a admis ainsi qu'un parapet de 3 mètres d'épaisseur donne une protection suffisante contre les obus de campagne.

Le fonctionnement de la fusée percutante influe beaucoup sur la profondeur à laquelle le projectile pénètre et, par suite, sur ses effets d'explosion.

Si le retard est tel que l'obus pénètre trop profondément avant d'éclater, il peut se produire seulement une *chambre de compression*, cavité à peu près sphérique fermée dans laquelle se logent les éclats. On pourrait trouver un grand nombre de ces chambres de compression sur les champs de bataille de la guerre actuelle.

Si le retard est moindre et que l'épaisseur de la couche de terre sous laquelle le projectile éclate ne soit pas trop grande, il se produit *un entonnoir* de forme tronconique, autour duquel l'explosion lance et disperse les terres. Il est évident qu'à la condition d'augmenter la puissance de la charge intérieure, on peut augmenter le retard de la fusée, et par suite la pénétration et le volume de l'entonnoir produit par l'explosion du projectile.

Les projectiles éclatant après pénétration dans un obstacle agissent à la manière d'un *fourneau de mine*.

Leurs effets dépendent, comme on l'a déjà indiqué, de la nature du milieu pénétré ainsi que du poids et de la nature de la charge intérieure.

Les anciens obus ordinaires en fonte, de 3 calibres seulement, à parois épaisses et chargés en poudre noire ne déplaçaient qu'environ 2 mètres cubes de terre par kilogramme de charge intérieure.

Les *obus allongés* de 4 calibres 1/2, en acier, à parois relativement minces et chargés en *mélinite*, produisent des effets beaucoup plus considérables, pouvant atteindre la proportion de 4 à 1, du fait de la différence de puissance des explosifs et de la différence des capacités contenant la charge intérieure.

C'est ainsi que l'obus allongé actuel de 90 est chargé à 2 kilogrammes de mélinite, alors que l'ancien obus ordinaire explosif n'était chargé qu'à 0 kgr. 300. D'autre part, cette charge de 2 kilogrammes de mélinite équivaut sensiblement à un fourneau de mine de 3 kilogrammes en poudre noire.

L'expérience montre aussi que les effets croissent rapide-

ment avec le calibre ; ainsi, dans les expériences de la Malmaison, un obus à mélinite de 220, éclatant sur une couche de terre de 4 mètres d'épaisseur, a produit un entonnoir de plus de 25 mètres cubes, soulevant les terres à 20 mètres de hauteur et les dispersant à 70 mètres environ du centre de l'explosion. A cet égard, les entonnoirs énormes produits par les obus allemands de 42 et de 380 ne sont pas moins significatifs.

Toutefois, *quelle que soit la charge intérieure des obus, les effets des explosions successives ne s'ajoutent pas les uns aux autres*, parce que les terres dispersées par un nouveau coup comblent en partie les entonnoirs des coups qui précèdent.

C'est pour cette raison qu'à moins de se résoudre à une consommation énorme de munitions, l'artillerie de campagne n'a qu'une efficacité restreinte contre les épaulements un peu épais. Pour agir efficacement contre ce genre de défenses, il faut donc de gros projectiles, contenant un poids d'explosif tel que le déblaiement à obtenir puisse être produit *d'un seul coup ;* ce résultat ne peut être atteint que si le diamètre de l'entonnoir est au moins égal à l'épaisseur de l'épaulement à déraser.

C'est ainsi, par exemple, que l'entonnoir produit par l'obus explosif de 75 ne dépassant pas 2 mètres de diamètre et 0 m. 50 de profondeur, il faut environ 10 coups au mètre courant pour déraser un parapet de 3 mètres d'épaisseur. Or, à moins de circonstances spéciales, on serait entraîné ainsi à une consommation de munitions hors de proportion avec le résultat à obtenir.

Au contraire, des obus de gros calibre, de 155 court, par exemple, pourront, grâce à leur charge en explosif, produire en chaque point et par un seul projectile le dérasement complet. Leur action contre les abris sera, de même, beaucoup plus efficace. Toutefois, le tir exécuté ainsi exigeant une grande précision, il faudra se maintenir au-dessous des portées de 2.500 mètres environ pour éviter une consommation exagérée de munitions.

L'expérience de la guerre actuelle montre que l'artillerie de campagne est souvent appelée à tirer contre des clôtures en maçonnerie, des lisières de village et autres obstacles de même nature. Et, aujourd'hui encore, il suffit de visiter à une quarantaine de kilomètres de Paris nombre de villages

ou de fermes isolées qui ont été pris comme objectifs pendant la bataille de la Marne, pour se rendre compte des effets de pénétration et de démolition qu'on peut obtenir par le seul tir de l'artillerie de campagne.

Aux distances moyennes, l'obus à balles de 75 traverse un mur de 50 centimètres d'épaisseur en pierres dures reliées par un mortier hydraulique ; il fait un trou de 25 à 30 centimètres de diamètre à l'entrée, mais plus grand à la sortie (60 centimètres à 1 m. 50) et éclate au delà, en projetant une gerbe d'éclats, de balles et pierrailles. Les effets sont un peu augmentés avec l'obus à mitraille de 90.

On peut donc poser comme règle que les murs de clôture ou ceux des habitations ordinaires sont insuffisants pour protéger contre le tir des obus de campagne. Pour organiser en arrière d'un mur une défense à l'abri de l'artillerie de campagne il est donc indispensable de renforcer, de façon ou d'autre, le couvert fourni par la maçonnerie.

Aux distances de 2.000 à 2.500 mètres, il suffit de 2 à 3 obus de 75 ou de 90 au mètre courant pour faire brèche dans un mur isolé de 50 centimètres d'épaisseur et 2 mètres de hauteur. Ces effets sont augmentés dans le tir oblique.

Les obus à balles ou à mitraille ne peuvent traverser qu'un seul mur parce qu'ils se brisent à l'intérieur du premier ou éclatent immédiatement au delà ; aussi l'artillerie de campagne tirant sur une localité n'a-t-elle, au moins au début, d'action efficace qu'à la lisière.

Les obus explosifs ont un rendement supérieur, qu'on peut évaluer à environ trois fois celui des obus à balles ou à mitraille. Cette supériorité des obus explosifs augmente avec le calibre.

Pour terminer cet exposé des effets du tir, nous indiquerons une formule simple, d'un emploi très pratique dans la guerre de tranchées actuelle, qui permet de se rendre compte des conditions diverses à remplir pour la préparation d'une attaque par l'artillerie : nombre et calibre des pièces à employer, temps nécessaire à la destruction d'un front de longueur donnée, etc...

Appelons L la longueur en mètres du front à détruire, n le nombre de coups qu'il faut à une pièce du calibre employé pour détruire un mètre, p le nombre de pièces

nécessaire pour détruire le front de longueur L, c le nombre de coups qu'une pièce du calibre employé peut tirer par heure et h le nombre d'heures nécessaires pour détruire le front L, il est facile de démontrer que ces divers éléments sont liés par la relation :

$$h = \frac{Ln}{pc}$$

1er exemple. — En admettant qu'une pièce de 90 tire 25 coups à l'heure et qu'il faille 6 coups pour démolir un mètre linéaire de tranchées, combien faudra-t-il de batteries de 6 pièces pour démolir en deux heures un kilomètre de tranchées ?

La formule donne : $p = \frac{Ln}{ch}$ et en remplaçant les divers éléments par leurs valeurs :

$$p = \frac{1.000 \times 6}{25 \times 2} = 120.$$

Il faudra donc 120 pièces, ou 20 batteries.

2e exemple. — Quelle longueur de tranchées pourra-t-on démolir en trois heures avec 12 pièces de 155 C., en admettant qu'il faille 2 coups de 155 C. pour démolir un mètre et que le modèle de 155 C. employé puisse tirer 50 coups à l'heure ?

La formule donne : $L = \frac{hpc}{n}$ et, en remplaçant les éléments par leurs valeurs :

$$L = \frac{3 \times 12 \times 50}{2} = 900 \text{ mètres.}$$

On résoudrait de même tous les autres problèmes analogues.

NEUVIÈME PARTIE

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE AU COMBAT

I. — Considérations générales.

Les événements survenus depuis le mois de septembre 1914 sur l'immense ligne de tranchées qui s'étend de Bâle à la mer du Nord sont de nature à laisser dans l'incertitude tout officier, quelle que soit son arme, qui chercherait à régler sa ligne de conduite dans le combat actuel, en s'aidant uniquement des enseignements reçus et des règlements mis en vigueur avant la campagne.

D'autre part, les méthodes employées ne sauraient être considérées comme invariables. Tout dépend des circonstances. C'est ainsi qu'en Belgique et en France, les hostilités ont débuté par la guerre en rase campagne et que celle-ci s'est poursuivie jusqu'après la bataille de la Marne. Sur le front russe, c'est également la guerre de mouvement qui prévaut. Nous voyons donc, en ce moment, se dérouler sous nos yeux deux formes principales de combat ; l'une, qui avait été plus ou moins prévue par les règlements, l'autre, totalement nouvelle et pour laquelle la doctrine ancienne ne suffit évidemment plus.

D'après ces considérations, nous examinerons successivement l'emploi de l'artillerie de campagne :

1° Sur le champ de bataille proprement dit, c'est-à-dire en rase campagne ;

2° Dans la guerre de tranchées telle qu'elle se poursuit actuellement sur le front occidental.

II. — L'artillerie de campagne sur le champ de bataille.

Pour ne pas sortir du cadre de cette étude, nous n'envisagerons dans ce qui suit que l'emploi du groupe et de la batterie. Le maniement des formations d'artillerie de plus grande importance échappe, en effet, à une réglementation précise et dépend surtout de décisions du haut commandement qui peuvent être très variables suivant les circonstances et les situations.

Reconnaissances. — A moins d'impossibilité absolue ou de circonstances tout à fait exceptionnelles, l'entrée en action de l'artillerie est toujours précédée de reconnaissances.

La reconnaissance est une opération très importante, souvent très délicate, qui exige la mise en œuvre de toutes les facultés des chefs d'artillerie : coup d'œil, sens du terrain, compréhension rapide des situations, connaissance complète du mode d'emploi des différentes armes.

Une règle à faire ressortir tout d'abord est la nécessité d'exécuter les reconnaissances aussi à l'abri que possible et avec un personnel réduit au strict minimum (en mettant pied à terre et en s'égaillant dès qu'on arrive dans une zone susceptible d'être battue par l'ennemi).

Au début de la guerre actuelle, les reconnaissances faites trop à découvert ont occasionné dans le personnel des commandants d'artillerie divisionnaire, des commandants de groupe et des commandants de batterie, des pertes très sensibles, qu'il eût été, dans bien des cas, possible d'éviter et qui n'ont pas été sans nuire à l'efficacité de l'emploi de l'artillerie au cours des opérations ultérieures.

Tout officier d'artillerie qui exécute une reconnaissance doit, avant tout, en arrivant sur la position, se rendre compte des directions dans lesquelles l'ennemi est attendu, ou, si l'action est déjà engagée, de la situation du combat dans la zone qu'il va avoir à battre ; en d'autres termes, il doit, aussitôt que possible et en tenant compte des instructions qu'il reçoit, se faire une idée nette de la mission qu'il aura à remplir et des moyens qu'il emploiera à cet effet.

Les reconnaissances des différents chefs de l'artillerie



Schéma de l'emploi d'un groupe d'artillerie de campagne dans la guerre de mouvement.

peuvent se suivre de très près et même être en partie simultanées, tout en gardant chacune leur objet propre. C'est ainsi que, dès que les intentions du commandant de l'artillerie divisionnaire lui sont connues, le commandant de groupe peut appeler à lui ses capitaines et leur donner immédiatement ses instructions de façon qu'ils puissent procéder eux-mêmes à leur reconnaissance pendant que les batteries continuent à marcher.

Au cours des reconnaissances, les chefs de l'artillerie doivent utiliser les aptitudes de leur personnel à certaines missions, telles que : s'orienter, exécuter des croquis perspectifs, déterminer les caractéristiques du terrain en vue de l'occupation par les batteries, etc...

Le principal objet des reconnaissances est de connaître les objectifs de l'infanterie, les troupes chargées de les enlever, l'importance des diverses attaques prévues et l'ordre dans lequel elles seront exécutées. Les chefs de l'artillerie doivent être complètement renseignés sur ces divers points pour la zone d'action qui leur est assignée.

Dans le même ordre d'idées, ils doivent, au cours du combat, se renseigner ou se faire renseigner sur les progrès des différentes attaques et, s'il y a lieu, modifier en conséquence l'action des batteries sous leurs ordres. Leurs reconnaissances doivent porter également sur les changements éventuels de position, sur la façon de les exécuter et les itinéraires à suivre.

Enfin, au moment où ils assignent les missions et où ils fixent les emplacements, les chefs de l'artillerie aux divers échelons doivent renseigner le plus possible leurs subordonnés sur la situation générale ainsi que sur le but particulier à atteindre et la conduite à tenir par chacun d'eux.

Ils prennent toutes les mesures nécessaires, en provoquant au besoin des ordres, pour s'assurer la coopération d'observateurs aériens qui compléteront les reconnaissances et participeront au réglage de certaines batteries.

Missions. — Lorsqu'un élément d'artillerie d'une importance quelconque, groupe, batterie, section, reçoit la mission d'appuyer spécialement une attaque déterminée, son chef doit se mettre immédiatement à la disposition du commandant de la troupe d'infanterie chargé d'exécuter cette attaque.

Pendant l'opération, le commandant de l'artillerie s'ef-

force de rester en communication avec le commandant de l'infanterie par tous les moyens possibles : la vue directe, les agents de liaison, les signaux, etc...

Cette liaison constante a pour but soit de déclancher, soit d'interrompre le feu de l'artillerie, soit d'attirer l'attention de celle-ci sur les dangers qui menacent l'infanterie ou les obstacles auxquels elle se heurte.

Par application du principe supérieur de l'unité de commandement et de responsabilité, le chef de tout élément d'artillerie mis explicitement à la disposition du commandant d'une troupe chargée d'exécuter une attaque ou d'accomplir une mission déterminée, reste, tant que cette mission n'a pas pris fin, entièrement sous les ordres du commandant de cette troupe.

L'application de toute autre règle entraîne la dualité de commandement et conduit tout droit au désordre et à l'anarchie.

Emploi de la batterie et du groupe. — Le commandant d'une batterie isolée mise à la disposition d'une troupe d'infanterie pour une mission spéciale reçoit les ordres du chef de cette troupe ; toutefois, il peut présenter les observations qu'il juge nécessaires en ce qui concerne le choix des positions et les mécanismes de tir à adopter.

En fait, une batterie est rarement isolée ; presque toujours elle marche avec son groupe et, dans ce cas, son fonctionnement n'est complet et normal que lorsqu'elle agit sous l'autorité directe de son commandant de groupe.

La facilité de ce fonctionnement dépend des emplacements relatifs :

De la batterie ;

Du poste de commandement du commandant de batterie ;

Du poste de commandement du commandant du groupe.

Les circonstances peuvent imposer des solutions très diverses pour la nature et le mode des communications à établir au début et au cours du combat, d'une part entre le commandant de groupe et ses commandants de batterie, d'autre part entre les commandants de batterie et leur batterie. Aussi est-ce à titre de simple schéma que l'exemple suivant est indiqué (planche X).

Le commandant de groupe est en G, un peu en arrière

d'une crête MM, à l'abri d'un petit bois. Il a convoqué ses capitaines auprès de lui et leur a assigné les zones D_1, D_2, D_3 qu'ils doivent surveiller et où ils doivent battre tout objectif qui viendrait à se présenter. Il leur a indiqué son repère, un arbre isolé P_2 sur la crête d'horizon et son poste de commandement qui est l'endroit même où il se trouve, en G.

Le groupe est en position de rassemblement dans un terrain boisé (coin gauche inférieur de la planche X).

Les capitaines, ayant reçu les instructions du chef d'escadron, choisissent leurs postes de commandement, C_1, C_2, C_3, les emplacements de leurs batteries, B_1, B_2, B_3 et leurs points de surveillance (sur la planche X, ces points de surveillance P_1, P_2, P_3 servent aussi de points de pointage pour les batteries). Les batteries étant venues occuper leurs positions de surveillance B_1, B_2, B_3, on installe les communications téléphoniques qui relient le poste de commandement du commandant de groupe à ceux des capitaines (ces postes se confondent pour le capitaine C_2) et les postes de commandement des commandants de batterie aux batteries. A un moment donné, les capitaines C_1 et C_3 reçoivent l'ordre suivant du commandant de groupe : « L'action est engagée dans la vallée en face de nous entre notre infanterie I_1, I_3 et l'infanterie adverse I'_1, I'_3. Appuyez la progression de notre infanterie qui cherche à rejeter l'ennemi au delà de la rivière ».

Le capitaine C_2 qui se trouve auprès du commandant de groupe reçoit de son côté l'ordre verbal d'ouvrir le feu sur une artillerie ennemie qui se révèle par ses lueurs en A, au delà de la crête d'horizon.

En général, le poste du commandant de groupe se confond, comme dans le cas de la planche X, avec celui d'un de ses capitaines.

Le même poste pourra quelquefois être commun au commandant de groupe et à deux de ses capitaines.

Enfin, les trois capitaines peuvent être éloignés du commandant de groupe lorsque celui-ci prend son poste de commandement à quelque distance sur le flanc du groupe.

Les communications sont assurées presque exclusivement par téléphone, et, quelquefois, par *signaux ou par agents de liaison*. Les mesures doivent être prises pour qu'il n'y ait jamais d'interruption dans les communications et pour que telle d'entre elles qui fait défaut puisse être immédiatement

remplacée par une autre. Comme on l'a indiqué précédemment, les observatoires des batteries sont placés en principe dans les tranchées des troupes d'infanterie que ces batteries sont appelées à soutenir ou à proximité immédiate de ces tranchées.

Il importe que le commandant de groupe, les commandants de batterie et les officiers de batterie parlent le même langage, de façon à éviter les discours et à arriver, par quelques brèves explications, à mettre chacun parfaitement au courant de sa mission.

Il faut donc, dès la reconnaissance, en se référant à la connaissance que tout officier doit avoir du rôle général de l'artillerie :

1° Renseigner les commandants de batterie sur la situation et sur la mission du groupe ;

2° Fixer le rôle de chaque batterie de façon que l'action du groupe se développe pour ainsi dire automatiquement, que le chef du groupe ait aussi peu que possible à intervenir et que, lorsqu'il ne pourra s'en dispenser, il lui suffise de quelques mots pour donner ses ordres et les faire comprendre.

Désignation des objectifs. — Il est extrêmement important que tous les officiers d'artillerie soient rompus à désigner les objectifs d'une façon claire, concise et rapide. Les longues explications produisent souvent le résultat inverse de celui sur lequel on compte ; elles amènent des erreurs dont les conséquences peuvent être graves.

La désignation des objectifs peut se faire d'après les règles générales suivantes :

Le commandant de groupe fait choix d'un repère très visible, bien dégagé, autant que possible de très faible diamètre apparent, et sensiblement au voisinage des objectifs existants ou susceptibles d'apparaître.

Dans la reconnaissance d'abord et, par la suite, au cours du combat, désigner les objectifs par l'écartement de leur droite à ce repère, indiquer leur distance évaluée, la différence entre leur angle de site et celui du sommet du repère, leur nature, leur front évalué en millièmes.

La figure 146 donne un exemple dans un cas concret.

Soient le repère R du commandant de groupe et un objectif AB, une batterie derrière une haie, à battre par une

batterie du groupe. Les écarts angulaires et les différences de site relatives étant conformes à ce qui est indiqué par la figure, l'indication d'objectif du commandant de groupe se réduira à ceci :

A droite : 90 — Différence de site : — 25 millièmes — Front : 30 millièmes — Une ligne d'artillerie derrière une

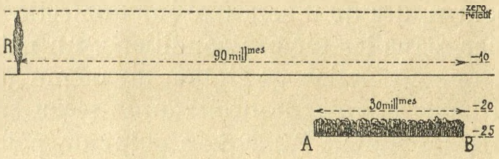


Fig. 146.

haie. Au lieu de donner, comme dans le cas présent, la différence de site de l'objectif par rapport au sommet du repère, on pourrait aussi donner simplement l'angle de site de l'objectif.

Il est à remarquer que l'indication donnée par le commandant de groupe de l'écart angulaire entre son repère et la droite de l'objectif n'a de valeur que pour la station même qu'il occupe. Un commandant de batterie séparé du commandant de groupe doit donc transformer cette indication d'angle d'après la position qu'il occupe, autrement dit, tenir compte de la *correction de station*.

Donnons un exemple :

Soient : le repère R du commandant de groupe et un objectif O (moins éloigné que le repère dans le cas de la figure 147) ;

Un commandant de groupe en G ;

Un commandant de batterie en B.

Appelons les angles de la figure par les lettres de leurs sommets.

Le commandant de groupe désigne au capitaine le but O par son écart angulaire G et sa distance estimée.

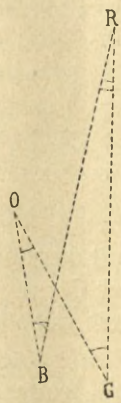


Fig. 147.

Quelle correction le capitaine placé en B devra-t-il faire subir à l'écart angulaire G qui lui est donné pour déterminer l'angle B et trouver ainsi l'objectif désigné ?

Il est évident, d'après la figure, que O (parallaxe de BG par rapport à O) étant plus grand que R (parallaxe de BG par rapport à R), G est plus grand que B, puisque G — B = O — R.

La correction de station sera donc égale à la différence des parallaxes de BG par rapport à O et par rapport à R.

Le capitaine, dont le poste d'observation n'est pas à la batterie, pourra, dès qu'il sera fixé sur l'objectif, être amené à déterminer, dans les mêmes conditions, un point de pointage, puis, une correction de station du même genre que la précédente, pour orienter la droite du faisceau sur la droite de l'objectif. Exemple : P étant le point de pointage, O la droite de l'objectif, C le poste du capitaine, B la pièce de droite de la batterie, le capitaine observe l'angle C et doit donner l'angle B à la batterie (fig. 148).

Chacun peut d'ailleurs employer la méthode qui lui convient le mieux pour résoudre ce problème de la correction de station par la détermination des parallaxes. L'essentiel — et ceci est une règle générale — est de savoir ce qu'on fait et de se rendre compte du degré d'approximation qu'on peut obtenir.

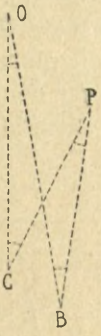


Fig. 148.

Mode d'action contre les différents objectifs du champ de bataille. — Envisagés dans le sens le plus général, les *obstacles* peuvent être détruits par l'artillerie de campagne au prix d'une consommation plus ou moins grande de projectiles ; on les battra par un tir percutant d'obus à balles ou d'obus explosifs. Ceux-ci sont particulièrement indiqués pour atteindre les défenseurs en arrière des murs crénelés.

Contre les terrassements on emploie aussi, soit des obus fusants, soit des obus explosifs et de préférence ces derniers. Mais le dérasement étant assez difficile, le tir doit viser à atteindre directement les défenseurs abrités.

Les *localités* sont battues soit en vue d'infliger des pertes aux troupes qu'on y soupçonne accumulées, soit pour rendre ces localités intenables par la destruction des constructions et par l'incendie.

On attaque les localités par le tir des obus explosifs ou par le tir fusant bas des obus à balles. Il va sans dire que

pour ce genre d'action l'artillerie lourde est beaucoup plus efficace que l'artillerie de campagne.

Les lisières des *bois* sont battues en tir fusant lorsqu'elles sont manifestement occupées.

L'intérieur d'un bois dans lequel on veut atteindre des troupes dissimulées est battu par un tir percutant, de préférence avec des obus explosifs.

Les *reconnaissances* et les *états-majors* constituent toujours des objectifs très importants à atteindre et, en même temps, très vulnérables ; mais leur apparition est, en général, de courte durée.

On exécute sur eux un tir fusant sur un front large, dans des limites larges, et avec la rapidité maxima.

Le *personnel de commandement*, les *observateurs*, *signaleurs* et *téléphonistes* constituent aussi des objectifs importants, présentant, en général, une certaine fixité, mais de vulnérabilité variable.

Contre ces objectifs il faut resserrer le plus possible les fourchettes de tir en direction et en portée ; on commence par un tir fusant qu'on continue ensuite par un tir percutant à obus explosifs.

La défense contre les *objectifs aériens* ayant pris une très grande importance dans la guerre actuelle, on a été conduit à adopter pour cet objet une artillerie et des méthodes de tir spéciales. Celles-ci ont été résumées précédemment ; il convient toutefois de souligner qu'elles n'ont rien d'absolu ni de définitif et que l'efficacité de ce tir — précisément parce qu'il est le plus délicat de tous — dépend surtout du coup d'œil, de l'aptitude au calcul mental et de la rapidité de décision du commandant de batterie.

La *cavalerie*, très vulnérable à l'arrêt et en formations serrées, se défend contre le feu de l'artillerie par la mobilité et la dispersion ; mais, détruire sa cohésion et l'obliger à se disperser est un résultat très important, qui peut faciliter considérablement l'action de la cavalerie amie.

Il faut savoir aussi utiliser *l'effet moral* et créer chez la cavalerie ennemie l'appréhension de traverser certaines zones, particulièrement bien battues par l'artillerie.

Cet ensemble de résultats constitue à peu près le maximum de ce que l'artillerie peut espérer contre la cavalerie.

Pour y parvenir, elle doit prendre toutes les dispositions propres à augmenter la mobilité de son feu.

Si la batterie — comme ce sera très généralement le cas — n'a pas de vues directes, ouvrir l'éventail des plans de tir et faire tirer chaque pièce en profondeur dès que la cavalerie entre dans sa zone.

Si, exceptionnellement, la batterie a des vues directes (dans le cas d'une poursuite, par exemple), faire suivre l'objectif en direction par toutes les pièces, prendre une fourchette large en portée et commander le feu pour toutes les pièces à la fois, sur limite courte ou longue suivant que le but se rapproche ou s'éloigne.

Il ne faut pas oublier que l'occasion de tirer sur la cavalerie sera toujours fugitive et que le tir n'aura que peu de durée. Pour qu'il soit efficace, on doit donc lui donner la rapidité maxima, en utilisant, soit des obus à mitraille, fusants ou percutants, soit des obus explosifs.

Lorsque la cavalerie dirige manifestement son attaque contre une batterie, le meilleur parti à prendre est d'établir un barrage en obus à mitraille percutants ou en obus explosifs devant la ligne ennemie.

L'artillerie offre des objectifs de vulnérabilité éminemment variable.

Entre le moment où elle commence ses reconnaissances et celui où elle ouvre son feu, l'artillerie, n'agissant pas, est particulièrement vulnérable ; comme on l'a déjà indiqué, un feu efficace sur ses reconnaissances peut retarder beaucoup son entrée en action et lui enlever un certain nombre de ses chefs. Aussi importe-t-il au plus haut point que les reconnaissances ne se montrent pas.

De même, un feu efficace au moment de sa mise en batterie peut occasionner à l'artillerie qui le subit des pertes et un désordre tels qu'elle s'en relèvera difficilement. Le moment où elle se retire est aussi critique, si elle opère ce retrait par un mouvement d'ensemble.

Enfin il convient de répéter une fois de plus qu'une artillerie vue et à bonne portée est, à peu près sûrement, vouée à une rapide destruction.

Il faut admettre, et la guerre actuelle l'a démontré, que l'ennemi applique les mêmes principes et que par conséquent l'occasion d'exécuter un tir à démolir précis sur l'artillerie se présentera rarement.

Le tir fusant ou à obus explosifs sur hausses échelonnées sera en général le plus avantageux contre l'artillerie parce que, surtout pendant le tir, il existe toujours dans les batteries, en avant, en arrière ou dans les intervalles, un personnel de commandement, d'agents de transmissions, d'observateurs, qui circule, va et vient, et se trouve ainsi incomplètement abrité.

On peut éprouver de sérieuses difficultés de réglage et de choix du mécanisme de tir à adopter lorsque les batteries adverses — comme il faut s'y attendre — s'établiront à grande distance en arrière de la crête ou du masque. Dans ce cas, à moins de s'exposer à une consommation considérable de munitions, il sera presque toujours indispensable de recourir à des observateurs aériens.

En tout état de cause, un commandant de batterie doit chercher à se faire une opinion, d'après les indices de toute nature qu'il peut observer, sur la profondeur de la zone considérée comme suspecte.

Dans certains cas, on aura une certitude ; dans d'autres, il faudra se contenter de probabilités. On en conclura ce qu'il en peut coûter de projectiles pour un effet utile probable ; on comparera la consommation de projectiles avec l'urgence du résultat à produire et on décidera.

Les considérations qui précèdent résument les principes à suivre pour conduire le feu contre un objectif d'artillerie.

Si on a pu s'assurer la priorité d'occupation des positions, il faut d'abord chercher à relever avec le plus grand soin les indices des reconnaissances ennemies et de la mise en batterie. On devra ensuite saisir le moment de ces opérations pour tirer avec le maximum de rapidité (tir fusant sur front large et à limites larges). Ce tir sera renouvelé, s'il y a lieu, en resserrant les limites.

Lorsqu'on n'a pas pu s'assurer la priorité d'occupation ou que, pour une cause ou une autre, on n'a pas tiré au moment des reconnaissances et de la mise en batterie, il y a avantage à procéder comme il suit :

Si, par exception, l'artillerie ennemie est en vue, atteindre le personnel découvert et produire un premier effet de trouble par un tir fusant (limites larges, front large). Ensuite, renforcer l'effet déjà produit en atteignant également le personnel, abrité. Pour cela, employer les obus explosifs, res-

serrer les limites de la portée autant qu'il est possible et restreindre le front battu au front précisé de l'objectif. Tirer un nombre de projectiles — le mieux répartis possible — proportionné à la surface résultant des limites trouvées.

Enfin, achever la destruction du personnel en même temps qu'entreprendre celle du matériel ; à cet effet, exécuter un tir aussi précis que possible sur toutes les pièces vues et le poursuivre jusqu'à ce que le résultat soit obtenu, à moins qu'une autre tâche ne sollicite la batterie, que la pénurie de munitions n'oblige à les économiser, ou encore que la distance trop grande ne détourne de faire du tir à démolir. Dans ces différents cas, désigner une fraction de la batterie (pièce ou section) toujours prête à tirer quand l'objectif manifestera de nouveau son activité et rendre disponible l'autre fraction de la batterie.

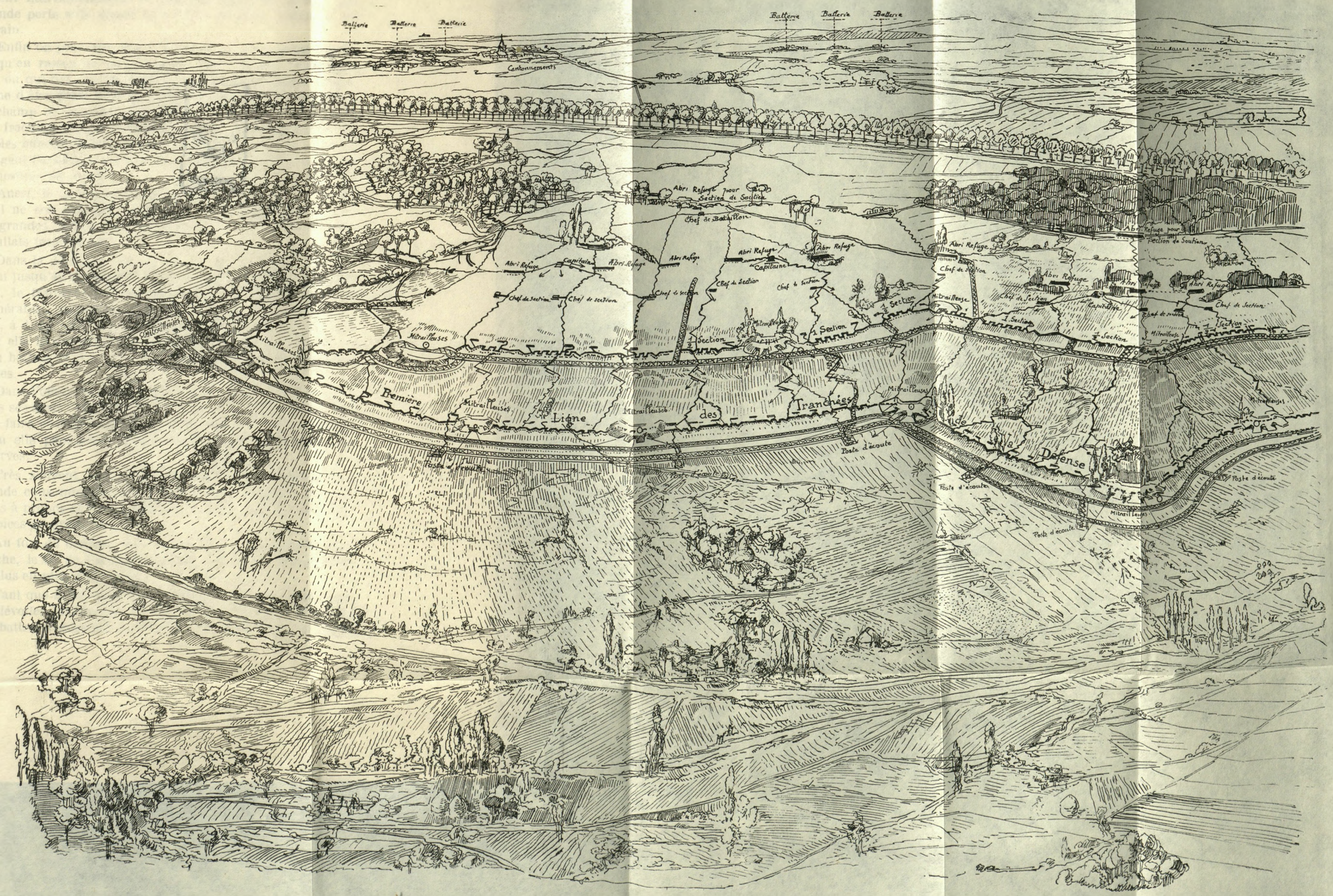
Le tir à démolir peut être exécuté indifféremment avec toutes sortes d'obus.

Lorsqu'on ne connaît la présence de l'artillerie que par ses lueurs, ou par la poussière que soulève son tir, ou par tout autre renseignement, on cherchera d'abord, comme il a été dit ci-dessus, à agir en premier lieu contre le personnel. Ensuite, après avoir réglé sur la crête, on se fixera aussi judicieusement que possible une limite longue (la limite courte étant la hausse de la crête) et on exécutera un tir sur hausses échelonnées en conséquence.

Dans l'impossibilité de resserrer les limites de la fourchette et dans l'incertitude du résultat obtenu, il convient, après cette dernière phase du tir, d'attendre que de nouveaux indices se produisent. On les observe avec le plus grand soin pour en tirer profit ; la batterie reste en arrêt sur l'objectif pendant qu'on recherche attentivement les observateurs de l'ennemi ou ses postes de commandement. Au fur et à mesure qu'on les découvre, on cherche à les détruire.

L'infanterie, comme l'artillerie, offre des buts de vulnérabilité variable.

Mais, tandis que l'artillerie, une fois en place, constitue un objectif défini, dont les seules modifications importantes sont qu'il peut passer de l'action à l'inaction ou inversement, en découvrant ou abritant plus ou moins de personnel, l'objectif d'infanterie change de formes, de dimensions, de densité et quelquefois de place d'un instant à l'autre.



Le front se subdivise en un certain nombre de points d'appui, occupés chacun par des unités complètes.

Un objectif d'artillerie est, pratiquement, plus facile à détruire qu'une troupe d'infanterie dont les éléments se garent individuellement et peuvent supporter le feu sans grande perte s'ils savent faire une utilisation judicieuse du terrain.

Enfin on peut dire que l'artillerie est en quantité limitée et qu'en raison de sa puissance, toute fraction d'artillerie vue ou qui tire, ne fût-ce même qu'une seule pièce, vaut la peine d'être prise à partie ; l'infanterie au contraire remplit le champ de bataille ; elle existe à peu près partout, mais par fractions de peu d'importance ; la dissémination et les faibles effectifs de ses éléments ne provoquent pas le feu ou obligent l'artillerie qui veut les battre à faire une dispersion démesurée de son tir.

Aussi, le tir contre les objectifs d'infanterie — à moins qu'il ne soit exécuté d'enfilade — occasionne-t-il rarement de grandes pertes. Par contre, il peut produire d'autres résultats importants.

Dans la défensive (depuis la première apparition de l'ennemi jusqu'au moment où notre propre infanterie, en l'arrêtant, le transforme en un but fixe suffisamment dense et vulnérable), l'artillerie oblige l'assaillant à se déployer de loin, à diluer ses unités, à chercher des cheminements défilés ; elle le fait hésiter à traverser les zones découvertes et bien battues et il ne s'y engage en fait qu'en subissant des pertes.

Dans l'offensive, l'artillerie oblige le défenseur à se terrer dans ses abris ; elle l'empêche de tirer quand il aurait intérêt à le faire et le prive de l'usage de certains points d'appui ; enfin elle peut gêner considérablement le mouvement des réserves.

Très souvent, ces résultats pourront être obtenus sans grande consommation de munitions, par quelques tirs exécutés à propos et renouvelés aussi souvent que les occasions propices se présenteront.

Au fort du combat, et à mesure que le dénouement s'approche, le tir de l'artillerie contre l'infanterie doit prendre de plus en plus d'intensité.

Tant que la situation ne s'est pas précisée, on doit éviter de dévoiler inutilement la totalité de l'artillerie et garder des batteries disponibles pour parer à l'imprévu ; on s'atta-

chera donc à n'engager contre l'infanterie (comme d'ailleurs contre l'artillerie) que le nombre de canons nécessaire. Dans cet ordre d'idées, on admet que, dans cette première période, une batterie de 75 ou de 90 peut suffire pour battre un front d'infanterie de 400 à 500 mètres.

D'ailleurs, le commandant de batterie pourra toujours concentrer le tir de plusieurs pièces, tantôt sur une partie du front, tantôt sur une autre.

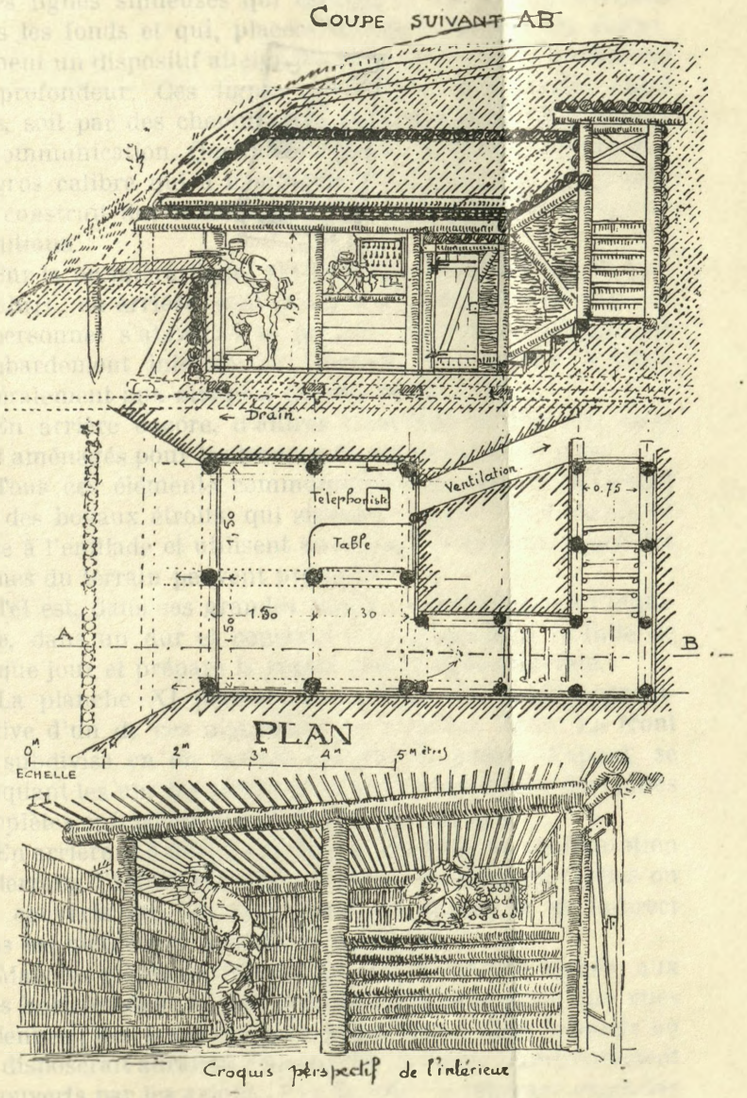
En résumé, par la grande variété des cas particuliers, la conduite du tir contre l'infanterie échappe à une réglementation, même large, comme celle donnée ci-dessus à propos du tir contre l'artillerie. La meilleure garantie qu'un tir sera bien conduit réside, comme on l'a déjà dit, dans les facultés du capitaine : coup d'œil, sang-froid, sens tactique aiguisé, connaissance approfondie des ressources du matériel et grande habitude du commandement.

III. — L'artillerie de campagne dans la guerre de tranchées.

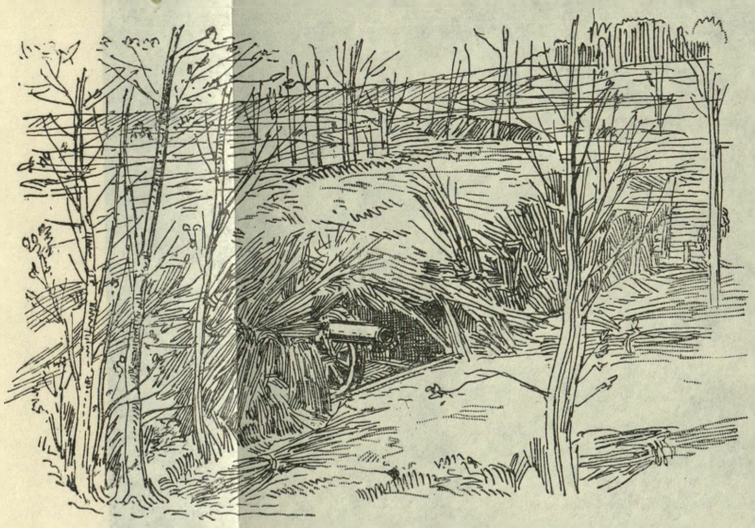
Les procédés appliqués à la guerre de tranchées actuelle sont, pour la plupart, entièrement nouveaux.

Pour dégager quelques idées sur les conditions d'emploi de l'artillerie dans cette guerre toute spéciale, il convient d'abord d'indiquer très sommairement ce que sont ces tranchées, comment elles sont disposées, organisées, et comment l'infanterie les occupe et s'y comporte.

A la suite des grands mouvements du début de la campagne et après l'échec de la tentative d'enveloppement qui a conduit les Allemands à étendre leur front jusqu'à la mer du Nord, les armées opposées se sont établies face à face, sur des positions très rapprochées les unes des autres, où elles se sont fortifiées rapidement pour résister le mieux possible à la poussée de l'adversaire. Jour par jour, on a développé et renforcé ces abris, car la puissance de destruction des armes actuelles oblige à donner une très grande solidité à la protection par le terrain. Elle conduit aussi, pour éviter des pertes très élevées, à étudier et à préparer de longue main les offensives ; celles-ci en effet ne peuvent plus



Dans bien des cas on recourt à des observatoires enterrés, pourvus de standards téléphoniques. (Croquis du front).





Une seule pièce peut être chargée d'accomplir, isolément, une mission déterminée. (Croquis du front).

s'exécuter aujourd'hui que par une poussée directe sur la ligne ennemie, à l'exclusion presque complète des opérations de flanc à grand rayon.

Le terrain est creusé, travaillé et aménagé sur de multiples lignes sinueuses qui escaladent les pentes, dévalent dans les fonds et qui, placées les unes derrière les autres, forment un dispositif atteignant souvent plusieurs kilomètres de profondeur. Ces lignes successives sont reliées entre elles, soit par des chemins très abrités, soit par des boyaux de communication. Quelquefois même, comme pour la pièce de gros calibre qui a bombardé Dunkerque, les Allemands ont construit des tunnels pour assurer le ravitaillement en munitions.

Sur la première ligne, les tranchées de tir alternent avec les abris ; en arrière, sont établies des tranchées-refuges, où le personnel s'abrite et se prépare pendant la période de bombardement intensif par laquelle l'adversaire prélude généralement aux attaques de vive force.

En arrière encore, d'autres tranchées et d'autres abris sont aménagés pour les troupes de renfort et de soutien.

Tous ces éléments communiquent de l'arrière à l'avant par des boyaux étroits, qui zigzaguent pour offrir moins de prise à l'enfilade et utilisent au mieux l'abri naturel que les formes du terrain peuvent présenter.

Tel est, dans ses grandes lignes, ce domaine, où l'infanterie, dans un dur et constant labeur, soutient la lutte de chaque jour et prépare la rupture de la ligne ennemie.

La planche XI permet de se faire une idée approximative d'un de ces dispositifs de première ligne. Le front s'y subdivise en un certain nombre de points d'appui, se flanquant les uns les autres et occupés chacun par des unités complètes spécialement affectées à leur défense.

En arrière et à une distance qui dépend de la configuration du terrain, l'artillerie cache ses pièces derrière des crêtes ou des couverts qui lui permettent d'exécuter le tir indirect dans les meilleures conditions possibles.

Mais les pièces ne doivent pas seulement être cachées aux vues horizontales ; il faut qu'elles échappent aussi aux vues aériennes ; des trous d'aspect géométrique dans lesquels on les disposerait auraient l'inconvénient d'être immédiatement découverts par les avions et de faciliter le repérage exact des batteries.

En principe, il y a avantage à maintenir l'organisation par groupe et à ne pas fractionner les batteries. Cependant cette règle est d'une application beaucoup moins générale que dans la guerre en rase campagne et les circonstances conduisent souvent à charger une batterie, une section et même une seule pièce, d'accomplir isolément une mission déterminée.

Les observateurs sont en général placés fort en avant, souvent même dans les tranchées d'infanterie de 1re ligne, où ils ont des vues directes très rapprochées et d'où ils peuvent envoyer par téléphone toutes les indications nécessaires au réglage. Les observatoires situés en dehors des tranchées doivent, lorsqu'ils sont à ciel ouvert, être bien dissimulés, tout en ayant des vues parfaitement dégagées et en possédant un certain commandement sur le terrain de l'action. Lorsqu'un groupe ou une batterie est en position dans un fond de vallée et doit battre des objectifs sur une crête en face, il pourra, dans certains cas, être très avantageux de placer les observatoires sur la crête opposée, c'est-à-dire en arrière du groupe ou de la batterie, à une distance qui peut quelquefois atteindre 2 ou 3 kilomètres. Il faut pour cela être assuré d'une communication téléphonique parfaite, doublée et même triplée si possible.

Enfin, dans bien des cas, on recourt à des observatoires enterrés, avec toiture à l'abri des projectiles des pièces de campagne et pourvus de standards téléphoniques.

Le but final étant de détruire l'adversaire, ou tout au moins de le chasser des tranchées qu'il occupe et de s'emparer de ses lignes, il convient d'indiquer la physionomie générale d'une opération offensive de ce genre, en montrant plus spécialement le concours que l'artillerie peut y prêter.

Lorsque l'enlèvement méthodique d'une partie de la ligne ennemie est décidé, il faut tout d'abord s'approcher le plus possible des tranchées adverses pour pouvoir, au moment voulu, franchir, avec le minimum de pertes, l'espace compris entre les deux fronts. On exécute pour celà de nouveaux travaux de sape, avec une progression forcément lente, parce que l'ennemi, qui observe et qui généralement n'ignore rien, ne négligera aucun moyen pour l'entraver.

Il n'y a d'ailleurs, dans ce qui précède, aucune règle absolue et les circonstances peuvent conduire à une attaque

de la ligne ennemie sans que le travail de rapprochement préalable ait été terminé.

Il en résulte que la forme du combat peut être très diverse, suivant que les tranchées opposées sont à une certaine distance ou presque au contact, que l'attaque se produit de jour ou de nuit, que le terrain est sec ou boueux, que les réseaux de fil de fer et autres défenses accessoires en avant de la ligne adverse ont été plus ou moins détruits ou désorganisés.

Quoiqu'il en soit, l'action de l'artillerie est le facteur essentiel de la préparation de l'attaque ; aussi faut-il que la liaison soit entière et de tous les instants entre le commandant de l'attaque et le commandant de l'artillerie qui le soutient.

La préparation d'une attaque importante demande généralement plusieurs jours, pendant lesquels l'artillerie de campagne, comme l'artillerie lourde, doit exécuter des réglages très précis et des études de concentration de feux sur tous les points du secteur d'attaque qui ont pu être repérés et qu'il y a un intérêt particulier à battre ; abris du personnel, places d'armes, fortins ou blockhaus, organes de flanquement, parties des défenses accessoires à détruire pour faciliter le passage des troupes d'assaut.

Ces réglages se prolongeant pendant plusieurs jours, on disposera du temps nécessaire pour résoudre de la façon la plus exacte tous les problèmes de tir qu'ils peuvent comporter.

Ils pourront, suivant la nature des objectifs, être répartis entre les batteries des divers calibres dont l'attaque peut disposer.

Lorsque le commandant de l'attaque aura fixé son jour et son heure, il donnera, en temps voulu, à l'artillerie l'ordre d'entreprendre sur la position ennemie un bombardement aussi intensif que possible. Il va de soi que les réglages précis, exécutés préalablement, donneront immédiatement à ce bombardement son maximum d'efficacité.

La répartition des missions se rapprochera en général de ce qui suit : le 75 tirera plus spécialement sur les défenses accessoires afin d'y ouvrir les brèches où passeront les assaillants ; le 90, le 95 et les pièces courtes de gros calibre, 155 C., mortiers de 220, etc., prendront surtout pour objectifs les abris et les organes de flanquement, notamment les

blockhaus et les abris de mitrailleuses que les recherches des jours précédents auront permis de repérer ; les pièces lourdes de gros calibres agiront sur l'artillerie adverse et sur les réserves dont elles doivent empêcher les retours offensifs ; pour tirer le meilleur parti de la portée de ces pièces, on devra les rapprocher le plus possible, en tenant compte cependant de leur peu de mobilité et de la nécessité éventuelle d'un déplacement ; les mortiers et les lance-bombes s'attaqueront principalement aux tranchées et à leurs défenseurs ; l'arrosage continu de leurs projectiles bouleversera les parapets et les boyaux de communication. Comme on l'a déjà indiqué, les observateurs d'artillerie placés dans les tranchées avancées permettront, par leurs indications téléphoniques, d'assurer la précision du tir et d'exécuter à coup sûr les changements d'objectifs nécessaires.

Le tir de bombardement exécuté dans ces conditions redouble d'intensité au fur et à mesure que l'instant décisif approche ; il paralyse l'ennemi et le maintient terré dans ses tranchées.

Enfin, à l'heure dite, le bombardement cesse et l'attaque se déclanche.

L'artillerie allonge alors son tir et prend plus particulièrement à partie les organes de flanquement.

L'irruption dans les tranchées s'effectue par vagues successives, à la baïonnette et à coups de grenade, en se frayant un passage dans les brèches faites par l'artillerie au réseau des défenses accessoires.

Il ne suffit pas d'ailleurs d'avoir réussi cette attaque qui met en jeu toutes les qualités de bravoure et d'audace de nos soldats.

La crise ne fait au contraire que commencer, car c'est le moment où les Allemands ne manquent jamais de lancer contre nos troupes forcément un peu disloquées par la ruée précédente, des contre-attaques parfaitement organisées.

Il faut alors, à tout prix, que notre infanterie trouve le temps de se reprendre, de se reformer et de s'accrocher définitivement à la position qu'elle a conquise.

Là encore c'est l'artillerie qui doit obtenir ce résultat en entrant énergiquement et rapidement en action, et en arrosant d'un feu intense et ininterrompu tous les points d'où la contre-attaque peut déboucher. Tous les calibres con-

courent pour arrêter le flot ennemi ; mais, à ce moment, la parole est surtout au 75 et au 105, auxquels leur rapidité de tir assure le maximum d'efficacité.

En fait, une foule d'exemples, qu'on pourrait citer, montrent qu'une contre-attaque battue, au moment précis qui convient, par un tir intensif d'artillerie, subit immanquablement des pertes énormes et reste presque toujours clouée sur place. Mais il importe, on ne saurait trop le répéter, que le moment soit très exactement choisi ; c'est à cette condition que l'intervention de l'artillerie peut et doit être décisive.

Le rôle de l'artillerie dans la défensive découle logiquement de ce qui vient d'être dit du développement des diverses phases de l'offensive.

Il est hors de doute que l'esprit d'offensive doit, en fin de compte, prévaloir ; mais la question se pose de savoir si, dans certains cas concrets, la solution la meilleure n'est pas d'attendre l'attaque adverse afin d'y répondre par une contre-attaque préparée avec soin et offrant ainsi les plus grandes chances de succès.

Dans chaque cas particulier, il appartient au commandement de résoudre cette question délicate, d'après la situation générale, d'après le terrain et d'après les évaluations qu'il a pu faire sur les effectifs et les ressources en matériel des forces en présence.

On ne doit donc pas, *a priori*, attacher une idée de défaveur à la défensive ; dans la guerre de tranchées actuelle, se faire attaquer pour user l'adversaire et contre-attaquer ensuite avec vigueur, peut être, dans certains cas, une forme avantageuse du combat.

En tout état de cause, le premier devoir du commandement de l'artillerie est d'avoir, dans la défensive comme dans l'offensive, une opinion nette sur la solution à adopter pour l'utilisation de ses batteries dans les différentes phases de l'action. Il le doit d'autant plus qu'une expérience de plusieurs mois a conduit les deux partis à employer d'une façon à peu près identique les procédés généraux d'offensive décrits ci-dessus.

Le commandant de l'artillerie doit aussi posséder une carte très complète, dressée en utilisant les observations en avion et indiquant aussi exactement que possible les posi-

tions des batteries ennemies armées et les emplacements des autres ; il doit également chercher à se renseigner sur les calibres, les emplacements des abris à personnel, dépôts de munitions, approvisionnements, etc...

Ceci posé, le rôle de l'artillerie dans la défensive se déduit des manifestations diverses de l'activité de l'adversaire.

Un feu violent de l'artillerie sur une partie de la ligne de nos tranchées est l'indice presque toujours certain de la préparation d'une attaque.

Si au contraire le feu n'est pas très intense, il est possible qu'il s'agisse d'un simple arrosage, par lequel l'ennemi veut seulement rappeler sa présence. Dans ce cas, on n'y attache pas d'importance ; les lois de la dispersion sont en effet telles qu'un tir exécuté dans ces conditions, même avec réglage précis, est inefficace contre des tranchées bien établies.

L'ouverture de ces tranchées ne dépasse pas un mètre ; or, en considérant les écarts probables du champ de bataille, on démontre facilement qu'après réglage, la probabilité de placer dans une tranchée un projectile tiré à une distance de 2.500 à 3.000 mètres ne dépasse pas 5 à 6 %.

Dans ces conditions, un tir intensif peut seul produire un résultat efficace contre les tranchées. En fait, la pratique a confirmé la théorie ; depuis plusieurs mois et sur de nombreux points du front, des tranchées ont été bombardées, même assez activement et pendant longtemps, sans qu'on ait jamais songé à les évacuer.

Si, au contraire, le tir de l'artillerie adverse est très intense et très bien réglé, les mêmes lois de la dispersion veulent — et c'est ce qui se produit en pratique — que les tranchées deviennent assez intenables pour qu'il faille en envoyer le personnel dans les tranchées refuges. Seuls quelques guetteurs et chefs de section munis de périscopes restent à leur place pour assurer l'observation ; les mitrailleurs bien dissimulés dans leurs abris se préparent à entrer en action.

Pendant cette période, l'artillerie de la défense contrebat aussi énergiquement que possible les batteries adverses et cherche, soit à les réduire au silence, soit à en détourner le feu contre elle-même. Elle remplira sa mission en créant des zones de barrage où la densité de feu est assez grande

pour interdire toute progression de l'infanterie. Il appartiendra au commandant de l'artillerie de prendre à cet effet les mesures techniques qui conviennent, et notamment, de prévoir les renforcements nécessaires, surtout en batteries de 75 et 90.

Il peut se faire que, malgré tout ce qu'ont pu faire les défenseurs, l'ennemi ait réussi à s'installer dans une partie de nos tranchées. Mais rien n'est perdu ; et c'est au contraire la période critique qui va commencer pour l'adversaire, si une contre-attaque bien préparée est dirigée contre lui.

Le rôle de l'artillerie redouble alors d'importance, car elle doit, à la fois, préparer la contre-attaque en couvrant de ses feux l'ennemi qui a pris pied momentanément dans nos tranchées, puis, lorsqu'il commence à lâcher pied, exécuter un tir de barrage qui lui interdise le retour vers ses propres tranchées.

C'est ainsi que, dans toutes les phases de la guerre de tranchées, les chefs de l'artillerie, par une étude constante de la situation, par un emploi judicieux de tous leurs moyens et enfin par une liaison de tous les instants avec l'infanterie, peuvent faire jouer à leur arme un rôle considérable et apporter ainsi une très large contribution au succès final.

DIXIÈME PARTIE

PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES BATTERIES ET OUVRAGES D'ARTILLERIE

I. — Considérations générales.

L'expérience des travaux de construction de batteries exécutés depuis le début de la guerre actuelle amène à indiquer les principes suivants, tout en laissant la plus large initiative pour les cas concrets et les détails d'exécution.

Ces principes s'appliquent surtout à des positions d'artillerie qu'on organise, rapidement sans doute, mais cependant un peu d'avance, sur des lignes que des batteries constituées en personnel et en matériel viendront ultérieurement occuper.

En pratique, c'est ainsi que la question se pose le plus souvent dans la guerre actuelle.

1. — La règle fondamentale est que, dans tous les cas, quel que soit le mode de construction adopté, on puisse toujours, par un complément de travaux facilement exécutables, arriver à un résultat de protection continuellement croissant. Il faut, à la base du travail, une solidité à toute épreuve, pouvant paraître excessive si l'on n'envisage que le premier stade de réalisation, mais qui sera simplement adéquate au but si l'on considère les renforcements successifs que les circonstances peuvent nécessiter.

Au point de vue technique, il faut que tous les emplace-

ments de batterie aient été minutieusement reconnus et déterminés par le commandement, en raison des calibres prévus, du terrain et des champs de tir qu'il impose. Il incombe aux officiers directeurs des travaux d'assurer le reste, autrement dit, de conduire la construction effective au premier stade dont il est question plus haut, savoir : mettre les batteries en état d'être occupées avec une première protection dont les assises soient telles, que des travaux ultérieurs, superposés sans aucune difficulté aux premiers, puissent assurer d'une façon absolument complète le maximum de résistance que l'enseignement de la guerre actuelle a fait reconnaître comme nécessaire. Pour préciser par un exemple particulier, cette première assise des travaux ne doit comporter pour les abris que des cadres et bois de fort équarrissage, contreventés ou triangulés, pouvant supporter par la suite des épaisseurs de 2 m. 50 à 3 mètres de terre, avec interposition de couches de rondins croisés.

II. — Les officiers directeurs des travaux trouveront ci-après un memento des règles à observer pour adapter les éléments de l'art de la charpente aux constructions, en plusieurs périodes et par renforcements successifs, de batteries offrant les garanties de protection reconnues indispensables. Il s'agit là, en fait, d'un art militaire nouveau, qui ne pourra être mis complètement au point que plus tard, mais pour lequel il est indispensable, dès à présent, de donner des directives fournies par la pratique.

III. — La question du casematement des plateformes n'est pas susceptible d'une solution *ne varietur* s'appliquant à tous les cas. Tout dépend du terrain et de la situation. Mais ce casematement pouvant apparaître comme la solution la plus avantageuse lors de l'occupation ultérieure par telle ou telle batterie, il faut que le mode de travail préalable adopté, autrement dit, que le type de la batterie à la première période, permette de réaliser facilement ce casematement, s'il est à un moment donné reconnu nécessaire.

Ces principes essentiels étant posés, les développements ci-après, énoncent, avec croquis à l'appui, un certain nombre de règles pratiques, vérifiées par l'expérience et de l'observation desquelles il y a tout intérêt à se rapprocher.

Quel que soit l'ouvrage à construire, trois phases doivent

être considérées dans la marche logique du travail et feront l'objet de trois chapitres :

Première phase. — Rédaction d'un programme clair et précis spécifiant le but des travaux à entreprendre et les conditions à remplir.

On doit y joindre tous renseignements concernant l'état du sol : nature géologique, résistance, perméabilité, etc... ; il faut indiquer aussi les précautions à prendre au fur et à mesure de la marche des travaux.

Les plans ou dessins sont établis d'après ce programme raisonné ; leur élaboration représente la phase de *préparation*.

Deuxième phase. — Constituer l'approvisionnement des matériaux selon les estimations qui résultent des plans et des moyens dont on peut disposer.

Prévoir l'outillage nécessaire et arrêter l'organisation des chantiers pour le terrassement, la mise en œuvre des pièces de bois et leur assemblage. C'est la période de *l'organisation*.

Troisième phase. — Montage des ossatures, du contreventement, du garnissage ou remplissage et du recouvrement. C'est la période de *l'exécution*.

II. — Préparation.

L'officier qui détermine l'emplacement d'une batterie de position cherche à obtenir le défilement maximum, cadrant avec le rôle tactique assigné à la batterie. Il cherche, en la plaçant, autant que possible, sous bois, à la dissimuler aux vues des avions et donne sa préférence aux emplacements qui rendraient difficile le réglage du tir de l'ennemi, si la batterie venait à être repérée.

Sur l'emplacement choisi, si la batterie est bien défilée et cachée aux vues des avions, l'officier chargé des travaux réalise une protection suffisante en créant, autour des pièces, des abris solides où les servants pourraient trouver refuge pendant une rafale sérieuse contre la batterie et en construisant, à une certaine distance, des abris plus solides

encore, où les servants au repos se sentiront en toute sécurité.

Dans le cas où l'on aurait dû construire une batterie insuffisamment défilée ou dissimulée, on pourra abriter les pièces elles-mêmes sous des casemates blindées.

Après avoir reconnu l'emplacement de la batterie, l'officier chargé des travaux arrête le programme d'ensemble de la construction à réaliser.

Programme, plans et dessins. — Le programme des travaux doit pouvoir être facilement compris et interprété par les sous-ordres ; il se complète, toutes les fois que les circonstances le permettent, au moyen de plans et dessins exacts, détaillés et bien cotés.

Dans le moindre chantier il y a toujours avantage à opérer d'après un programme et sur plans aussi soigneusement établis que possible.

C'est principalement dans les structures et assemblages de la charpente qu'il est nécessaire de prévoir toutes les dispositions susceptibles de contribuer à la résistance de l'ensemble. Pendant la construction on peut à la rigueur changer les dimensions prévues pour un mur en maçonnerie. Il n'en est pas de même pour une charpente qui doit être taillée par avance et se modifie difficilement. D'où la nécessité de préparer sérieusement le travail si l'on veut éviter les mécomptes et le gaspillage des matériaux.

Quelle que soit la construction à entreprendre, il faut, avant de rien commencer, étudier très attentivement sur place la nature et la configuration du terrain, l'orientation des crêtes, des thalwegs, des lisières de bois, les moyens d'accès, la déclivité, les conditions de l'écoulement des eaux. Le programme à adopter ne doit être définitivement arrêté qu'après cette étude.

Un lever de plan du terrain, avec tracé du nivellement et sondages, facilite cette étude préliminaire et prépare la mise au net des dessins d'exécution.

On devra disposer du matériel nécessaire pour un lever de plan, par exemple : planchette déclinée, alidade nivelatrice, règle à éclimètre Goulier, jalon-mire et décamètre.

Plans. — L'officier chargé de la construction dresse un plan schématique de l'ensemble de la batterie.

Si le terrain est accidenté, il cherche à adapter sa construction au sol en tirant le meilleur parti des irrégularités ; il cherche à utiliser celles-ci pour augmenter la protection et la dissimulation des ouvrages.

Lorsqu'on en a le loisir, il est bon de ne pas s'en tenir au premier projet, mais d'essayer plusieurs solutions afin de choisir après comparaison celle qui semblera la meilleure. On ne craindra pas d'envisager des solutions qui, à première vue, peuvent paraître audacieuses ou de réalisation difficile. Quand l'ensemble est judicieusement conçu, les détails viennent s'y encadrer d'eux-mêmes.

Le plan d'ensemble est établi avec beaucoup de soin, à échelle suffisamment réduite (0 m. 002 ou 0 m. 0025 par mètre par exemple), avec indications de cotes de niveau, d'axes, d'espacements des grandes divisions de la construction.

Le plan d'ensemble ainsi établi sera remis au chef de chantier. Il devra lui servir de guide dans les différentes phases de la construction et l'aidera dans le choix des moyens d'exécution, souvent précaires, dont il pourra disposer.

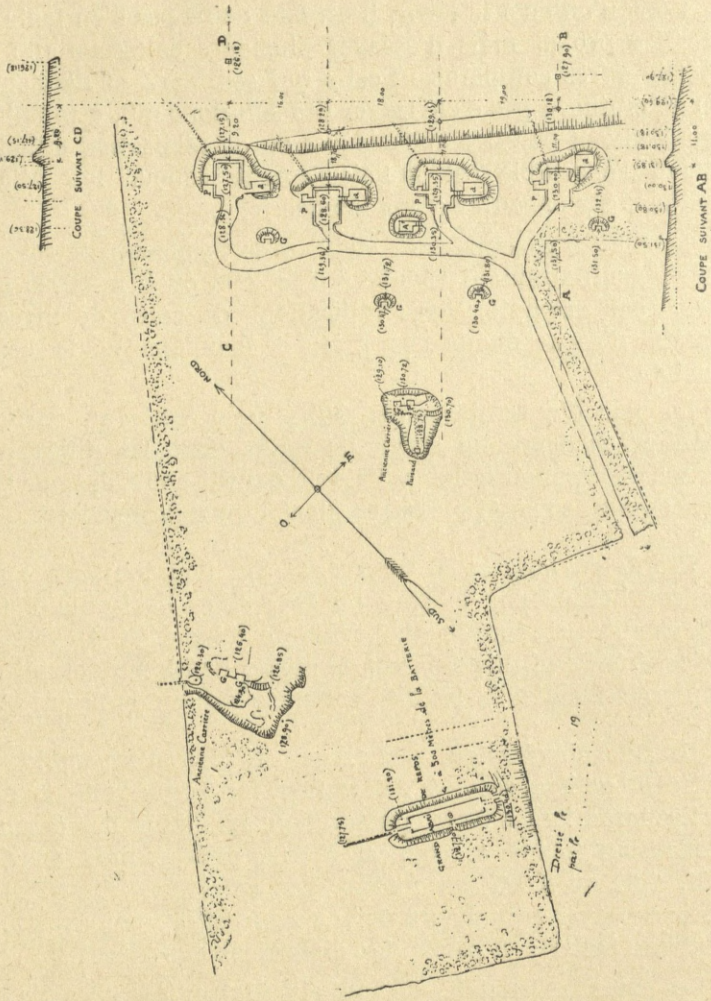
Profils en long et en travers. — On doit toujours commencer l'étude par le plan ou projection horizontale. On fait ensuite les coupes ou profils en long et en travers, à *même échelle* et disposés sur la même feuille de dessin, de manière à faciliter la lecture, comme l'indique la figure 149.

Dessins d'exécution. — Lorsque le plan d'ensemble est arrêté et qu'il a servi à déterminer les emplacements des parties importantes de la construction, on établit des dessins d'exécution (plans et coupes) à une plus grande échelle (0,01, 0,02 ou 0,025 par mètre). Les cotes sont comptées à partir des axes principaux de la construction, par exemple, pour une batterie, à partir des directrices des pièces.

Les cotes horizontales doivent aboutir aux axes des pièces de charpente ; ce sont les emplacements de ces axes qu'on détermine sur le terrain, en faisant le piquetage (voir page 255).

Il est bon d'indiquer, sur les coupes, quelques cotes de niveau qu'on inscrit conventionnellement entre parenthèses.

Les cotes d'ensemble, qui totalisent les cotes de détail.



Echelle du 1/125e

Fig. 149.

doivent être inscrites, autant que possible, sur les bords du dessin.

L'ensemble des plans et coupes servira au calcul du mouvement des terres, à la détermination des pentes pour les rampes d'accès, à l'établissement rationnel du drainage et au calcul de la charpente d'ossature.

A côté des plans et coupes d'exécution, on établira un certain nombre de dessins à plus grande échelle (0,05 ou 0,10 par mètre) pour donner les détails d'exécution des différentes parties. Sur ces dessins seront reportés les axes indiqués sur les plans et coupes d'exécution.

Echelles et dates des dessins. — Les plans, élévations, coupes ou profils d'une même construction doivent être dressés à la même échelle ; les détails d'exécution annexés doivent seuls être établis à une échelle plus grande ; ne jamais oublier de porter, sur chaque dessin, la mention de l'échelle choisie.

Chaque dessin doit porter les dates de son établissement et de ses modifications successives, s'il y a lieu, ainsi que la signature de l'officier qui l'a établi.

Résistance des bois ; Calcul des charpentes. — Les bois qu'on trouve généralement pour construire des batteries sont les bois de chêne, sapin, châtaignier, bouleau, hêtre, frêne, tremble, charme, orme, peuplier.

Les bois se présentent sous forme de bois ronds ou grumes et de rondins (de plus faible dimension que les grumes).

On évitera, autant que possible, d'employer, comme poutres horizontales, certains bois cassants, tels que le marronnier, le peuplier et le bouleau.

D'une manière générale, on ne doit jamais employer ni comme poteau, ni comme poutre, ni comme jambe de force ou étai une grume ayant moins de 0 m. 10 de diamètre.

Un même bois peut supporter une charge beaucoup plus considérable comme poteau vertical que comme poutre horizontale.

Nous donnons ci-dessous deux tableaux faisant ressortir les charges que peuvent supporter les bois ronds ou grumes employés soit comme poteaux, soit comme poutres.

TABLEAU I

CHARGES QUE PEUVENT PORTER DES POTEAUX VERTICAUX A SECTION CIRCULAIRE.

DIAMÈTRES en CENTIMÈTRES	CHARGE EN KILOGRAMMES POUR DES HAUTEURS DE :			
	2 mètres.	3 mètres.	4 mètres.	5 mètres.
10	2.800	2.000	1.200	780
12	4.400	3.500	2.500	1.600
14	6.700	5.200	4.200	3.100
16	9.500	7.400	6.200	5.000
18	12.400	10.000	8.500	7.100
20	16.300	13.100	11.300	9.700
22	21.200	17.200	14.400	12.600
24	26.200	21.400	17.800	15.800
26	31.800	25.400	21.500	19.500
28	39.400	30.700	26.900	23.300
30	45.200	36.700	32.300	27.800

I. — Le tableau II ci-après est établi pour des bois moyens ,ne travaillant pas à plus de 0 kg. 6 par mm^2 ; il a été tenu compte du poids du bois et les nombres représentant les charges ont été arrondis.

II. — La charge que peut supporter une poutre de section carrée est les cinq tiers de la charge que peut porter la grume ayant pour diamètre le côté de la poutre.

III. — Le poids que peut porter une poutre horizontale de section ronde est proportionnel au cube du diamètre de la section et inversement proportionnel à l'écartement des points d'appui.

IV. — La poutre, posée sur deux appuis, capable de porter le poids 2 P, uniformément réparti, peut porter un poids P placé en son milieu.

V. — L'encastrement aux deux extrémités augmente de 1/2 le poids uniformément réparti qu'une poutre horizontale peut porter.

Charpentes d'ossature. — Dans tout ouvrage où l'on fait usage de bois pour résister à la poussée des terres, l'en-

TABLEAU II

CHARGES UNIFORMÉMENT RÉPARTIES SUR TOUTE LA LONGUEUR QUE PEUVENT PORTER DES POUTRES HORIZONTALES, DE SECTION CIRCULAIRE POSÉES SUR DEUX APPUIS.

DIAMÈTRE en CENTIMÈTRES	CHARGES TOTALES EN KILOGS POUR DES DISTANCES ENTRE LES AXES DES APPUIS DE :															
	1m,00	1m,25	1m,50	1m,75	2m,00	2m,25	2m,50	2m,75	3m,00	3m,50	4m,00	4m,50	5m,00	6m,00	7m,00	8m,00
10	450	350	300	250	225	200	160	150	140							
12	800	650	500	450	400	350	300	250	225	200	170	150	125			
14	1.300	1.000	850	700	600	550	500	425	400	300	250	225	200	150	100	
16	2.000	1.600	1.300	1.200	1.000	850	750	700	600	500	450	400	300	250	200	100
18	2.800	2.200	1.800	1.600	1.300	1.200	1.100	1.000	900	750	600	550	500	350	250	200
20	3.800	3.000	2.500	2.200	1.900	1.700	1.500	1.300	1.200	1.000	900	700	600	500	400	300
22	5.000	4.000	3.400	2.900	2.500	2.200	2.000	1.800	1.600	1.300	1.100	1.000	900	700	500	400
24	6.600	4.400	4.460	3.800	3.200	2.900	2.600	2.300	2.100	1.700	1.500	1.300	1.100	900	700	500
26	8.400	5.300	5.600	4.800	4.100	3.700	3.300	2.900	2.700	2.100	1.800	1.600	1.500	1.100	900	700
28	10.400	5.600	6.900	5.900	5.100	4.500	4.100	3.600	3.300	2.800	2.400	2.100	1.900	1.400	1.100	900
30	12.900	6.900	8.600	7.400	6.400	5.700	5.100	4.600	4.100	3.500	3.000	2.600	2.300	1.800	1.400	1.100
32	15.600	10.400	10.400	8.900	7.700	6.900	6.200	5.600	5.100	4.300	3.700	3.200	2.800	2.200	1.800	1.400
34	18.700	12.500	12.500	10.700	9.300	8.200	7.400	6.700	6.200	5.200	4.500	3.900	3.400	2.700	2.200	1.800
36	22.200	14.800	14.800	12.700	11.000	9.800	8.800	7.800	7.200	6.100	5.300	4.600	4.100	3.200	2.600	2.200
38	26.200	17.400	17.400	14.900	12.900	11.500	10.300	9.200	8.400	7.100	6.200	5.300	4.800	3.800	3.200	2.600
40	30.400	20.400	20.400	17.400	15.100	13.400	12.000	10.700	9.600	8.300	7.200	6.200	5.500	4.400	3.600	3.000

vemble de la charpente destinée à résister aux différents efforts constitue l'ossature. Les pièces de l'ossature doivent toujours être calculées.

Les charpentes d'ossature doivent être, en principe, choisies et disposées de manière à pouvoir supporter une charge d'environ 3 mètres de terre, même si, au moment de la construction, on ne peut réaliser qu'un blindage plus réduit. Les diamètres des bois qui les constituent doivent être au moins égaux à ceux qui résultent des tableaux. Il faut, en effet, tenir compte, d'une part, de ce fait que dans les grumes, l'écorce et l'aubier présentent moins de résistance que le cœur, d'autre part qu'il ne suffit pas que la charpente puisse supporter la charge des terres du blindage, mais qu'elle doit pouvoir résister dans de bonnes conditions au choc des projectiles qui viendront éclater dans la masse couvrante.

Abri. — La charpente d'ossature d'un abri peut être réalisée de deux manières :

1er *système.* — Etablir solidement de chaque côté de l'abri, le long de la paroi, un pan de bois supportant des poutrelles transversales jointives. Les poutrelles transversales, qui se trouvent à l'aplomb des poteaux soutenant la longrine supérieure du pan de bois, sont reliées à celle-ci par des assemblages et des broches de part et d'autre des assemblages. Les autres poutrelles transversales sont seulement brochées sur la longrine (fig. 150).

2e *système.* — Construire des cadres qu'on placera perpendiculairement au grand axe de l'abri et sur lesquels viendront s'appuyer des poutrelles parallèles au grand axe. Les cadres seront portés sur le fond de la fouille par deux semelles de fondation courant le long des parois ; les poutrelles du plafond seront de longueur telle qu'elles s'appuieront alternativement sur trois et quatre cadres, de manière à faire chevaucher leurs extrémités. Deux poutrelles successives seront assemblées à mi-bois à l'aplomb d'un cadre. Les poutrelles seront brochées sur les cadres (fig. 151).

Calcul de la charpente dans les deux systèmes ; Calcul des poutrelles. — Pour calculer les poutrelles horizontales

CHARPENTE D'OSSATURE

1er SYSTÈME

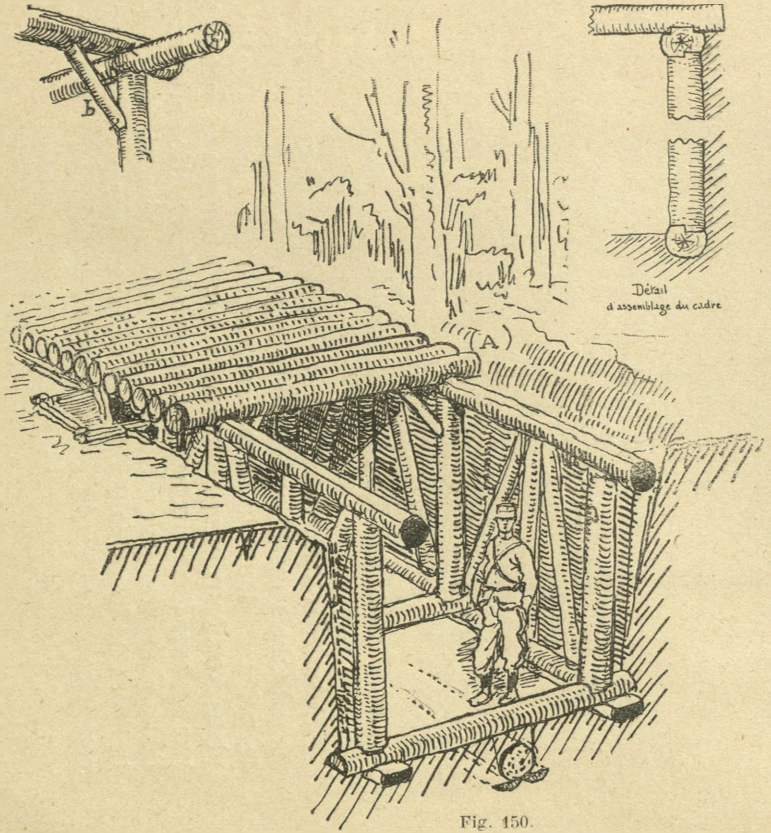


Fig. 150.

2e SYSTÈME

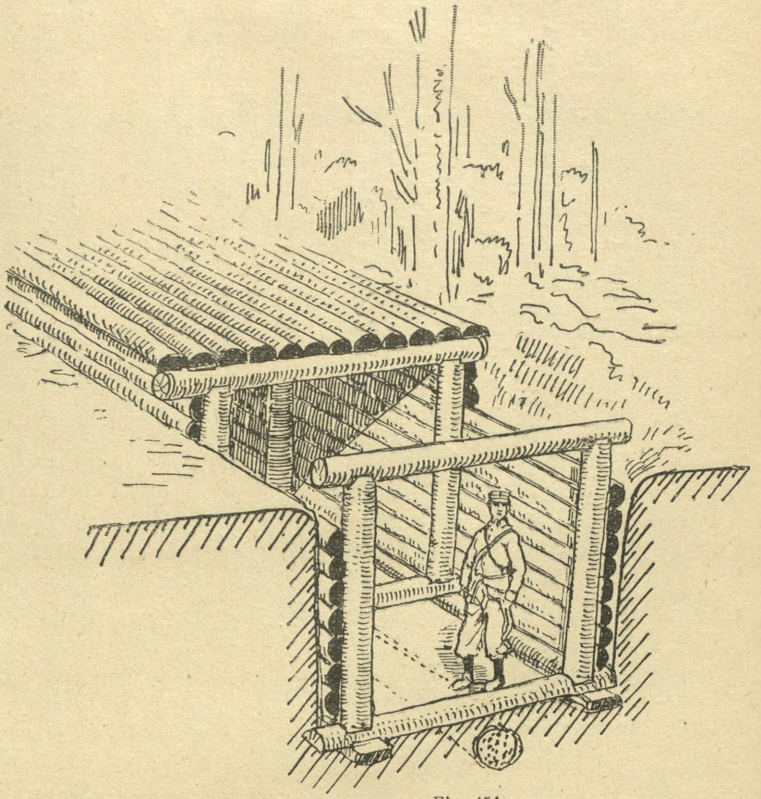


Fig. 151.

d'un plafond soutenu par des pans de bois (1er système), on calcule le poids de la terre (évalué à raison de 1.800 kg. par mètre cube), comprise d'une part, entre 2 plans verticaux passant par les extrémités des longrines, d'autre part, entre 2 plans verticaux passant par les axes des longrines, appuis des poutrelles. On obtient le nombre des poutrelles à employer en divisant le poids de la terre ainsi trouvé par le poids que peut porter une des poutrelles dont on dispose. L'écartement des poutrelles se déduit de leur nombre et de la longueur de l'abri.

Les poutrelles d'un plafond soutenu par des cadres (2e système) se calculent d'une manière analogue, en envisageant le poids de la terre comprise, d'une part, entre 2 plans verticaux passant par les extrémités des chapeaux des cadres, d'autre part, entre 2 plans verticaux passant par les axes de 2 cadres consécutifs.

Si les poutrelles formant le plafond d'un abri sont placées jointives, le diamètre D de la section de ces poutrelles se déduit de la hauteur de la charge de terre et de l'écartement L de leurs appuis.

On peut admettre que jusqu'à 2 m. 15 de terre on a :

$$D = \frac{L}{11};$$

de 2 m. 15 à 2 m. 60 de terre :

$$D = \frac{L}{10}.$$

de 2 m. 60 à 3 m. 20 de terre :

$$D = \frac{L}{9};$$

Calcul des longrines. — Pour calculer les longrines des pans de bois du 1er système envisagé plus haut, on évalue le poids de toute la terre comprise, d'une part, entre les plans verticaux perpendiculaires aux longrines et passant par les axes des deux poteaux consécutifs, d'autre part entre deux plans verticaux passant par les extrémités des poutrelles. Une longrine doit pouvoir porter, pour une longueur comprise entre deux poteaux, la moitié du poids ainsi calculé.

Calcul des chapeaux des cadres. — On calcule les chapeaux des cadres du 2e système en évaluant le poids de la terre comprise entre les plans verticaux formés par les axes des poteaux de deux cadres consécutifs. Un des chapeaux doit pouvoir porter le poids ainsi calculé.

Calcul des poteaux. — Dans le pan de bois du 1er système, un poteau supporte le poids de terre envisagé pour le calcul des longrines. Dans un cadre du 2e système, un poteau supporte la moitié du poids envisagé plus haut pour le calcul des poutrelles.

Exemple : *1er système.* — Soit un abri devant supporter une charge de terre de 3 mètres de hauteur ; soit 2 mètres la hauteur intérieure de l'abri, 1 m. 75 sa largeur comptée entre les axes des poteaux verticaux des pans de bois. Supposons que ces poteaux soient écartés de 2 mètres d'axe en axe. Si les poutrelles dépassent, comme il convient, les longrines, leur longueur totale pourra être de 2 m. 15.

La charge de terre à envisager pour calculer les longrines sera :

$$\frac{2{,}15 \times 2 \times 3 \times 1800}{2} = 11600 \text{ kgs.}$$

On peut admettre que, sauf à l'aplomb des poteaux extrêmes, les longrines peuvent être considérées comme encastrées (voir : assemblages, page 241) ; leur résistance serait alors augmentée de 1/2 et il suffira de les choisir pour une charge égale à $\frac{2}{3}$ 11600 = 7700 kg. environ. Le tableau II indique qu'on pourra employer des bois de 32 centimètres de diamètre.

Un poteau doit pouvoir supporter la charge que porte la longrine entre deux poteaux, c'est-à-dire la charge que nous venons de calculer, soit : 11.600 kg. Le tableau I indique qu'un poteau de 18 centimètres serait suffisant. Pour qu'il n'y ait pas de différences trop considérables entre les poteaux et les longrines, on prendra des poteaux de 20 à 22 centimètres.

Si on place les poutrelles du plafond jointives, elles doivent être d'un diamètre égal au 1/9e de leur longueur com-

prise entre les axes des longrines, soit : $\frac{1,75}{9} = 20$ centimètres environ.

2e système. — Considérons un abri de mêmes dimensions que le précédent.

Si les cadres sont espacés de 1 m. 50, le poids de la terre à envisager pour le calcul des chapeaux des cadres est :

$$1,75 \times 1,50 \times 3 \times 1800 = 14.200 \text{ kg. environ.}$$

Le tableau II indique qu'il faudra prendre des bois de 37 centimètres de diamètre.

Si la longueur des chapeaux des cadres est de 2 m. 15, le poids de terre à envisager pour le calcul des poteaux est de :

$$2,15 \times 1,50 \times 3 \times 1800 = 17.400 \text{ kg. environ.}$$

Un poteau doit pouvoir porter la moitié de ce poids ; le tableau I indique que des poteaux de 15 centimètres seraient suffisants ; pour ne pas avoir trop de différence de diamètre entre les poteaux et les chapeaux des cadres, on prendra des poteaux de 20 à 25 centimètres.

Si on place les poutrelles du plafond jointives, elles doivent être d'un diamètre égal à 1/9e de leur longueur comprise entre deux cadres, soit : $\frac{1,50}{9} = 12$ centimètres environ.

Casemate d'une pièce. — Une casemate devant protéger une pièce doit couvrir une surface d'environ 6 m. × 6 m. On peut constituer la charpente d'ossature de fermes telles que l'indiquent les figures 155 et 156; la poutre supérieure, soutenue par des jambes de force ou des contrefiches débordant d'autre part les poteaux d'appui sur une longueur de 1 m. 20 environ, peut être considérée comme encastrée à l'aplomb de ses assemblages avec les jambes de force ou contrefiches. Sa portée entre ces points est de 2 m. 40.

Si l'on dispose quatre fermes semblables, dont les poteaux sont contreventés par une triangulation d'écharpes, comme l'indiquent les figures 152 et 154, on constitue une ossature capable de supporter un blindage de 2 mètres de terre en moyenne. En effet si les fermes sont espacées de 1 m. 85, la charge de terre à considérer pour le calcul de la poutre supérieure sera :

$$2,40 \times 1,85 \times 2 \times 1800 = 16.000 \text{ kg. environ.}$$

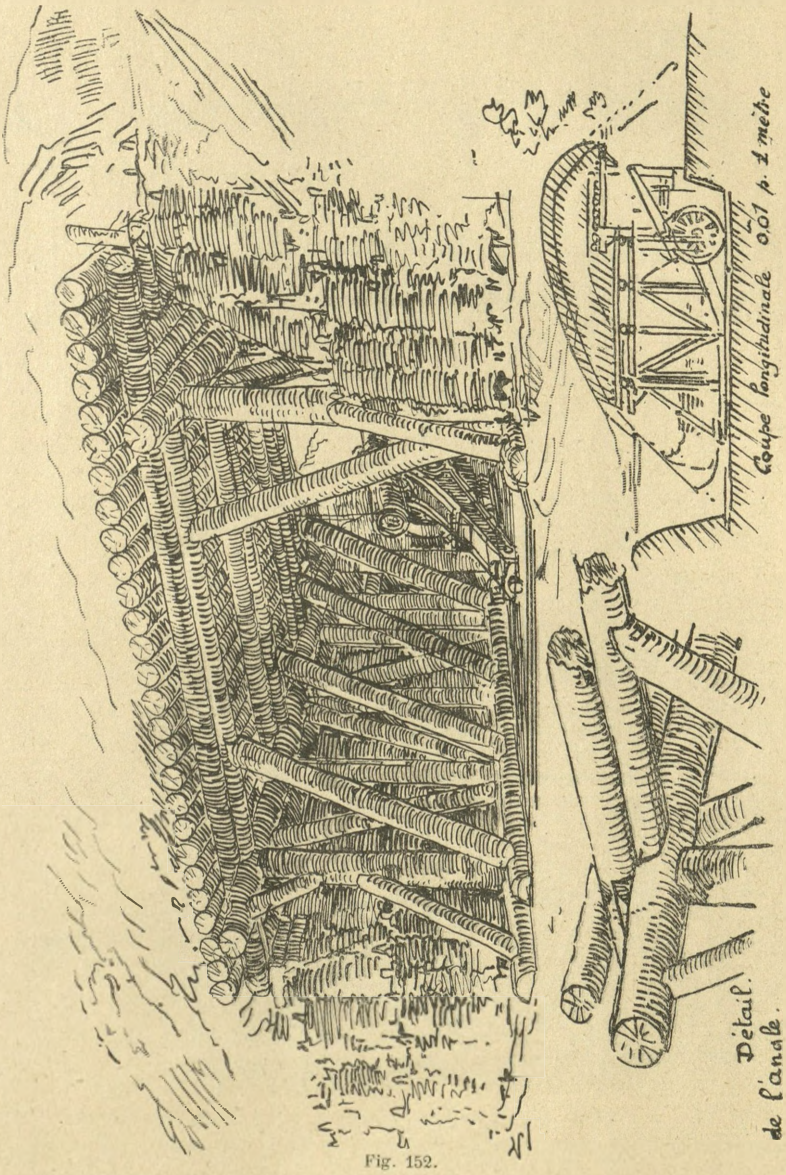


Fig. 152.

Si l'on admet que l'encastrement augmente de moitié la résistance d'une poutre, il suffira de prendre une poutre qui, sans encastrement, pourrait supporter un poids de 10.600 kg. environ, Le tableau II indique qu'une poutre de 38 centimètres de diamètre sera suffisante.

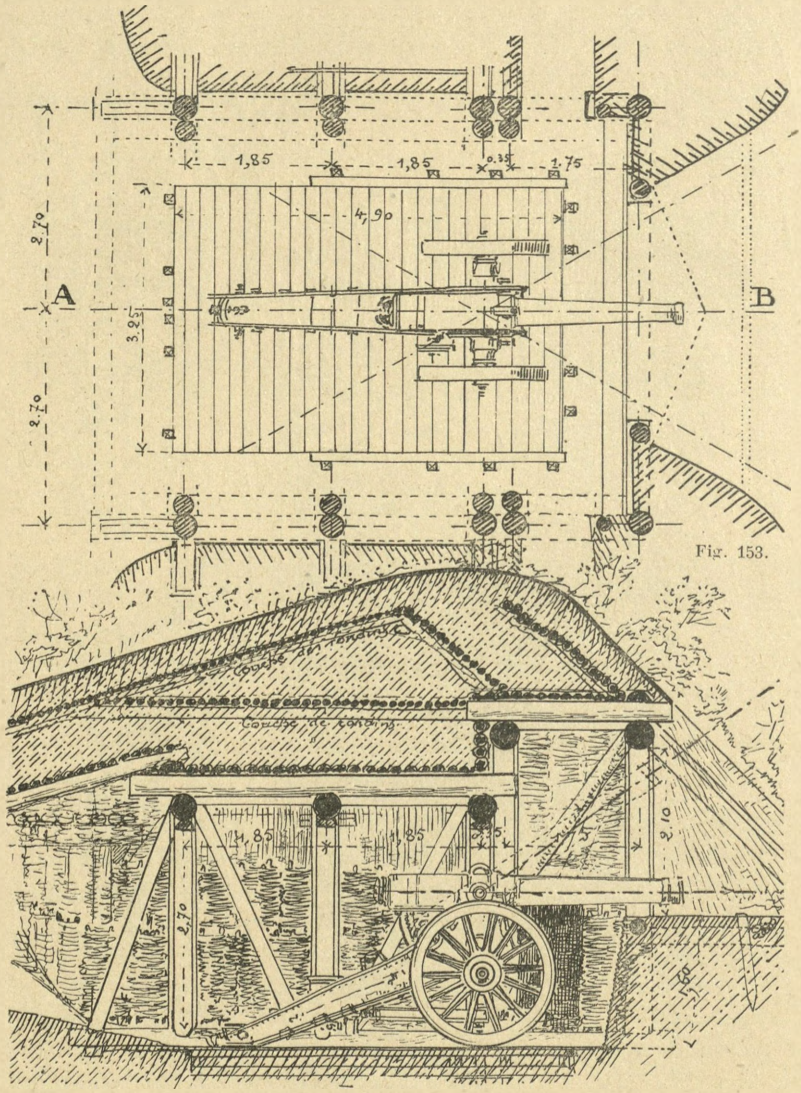


Fig. 153.

Fig. 154.

Les poutrelles du plafond jointives perpendiculaires aux fermes pourront être (calcul des poutrelles page 9) d'un diamètre égal au onzième de leur longueur, soit : $\frac{1,85}{11}$, on prendra des poutres de 17 à 18 centimètres de diamètre.

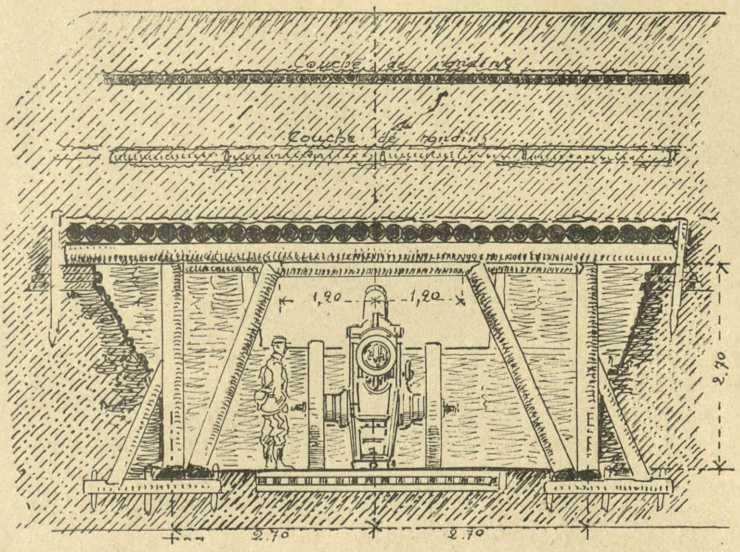


Fig. 155

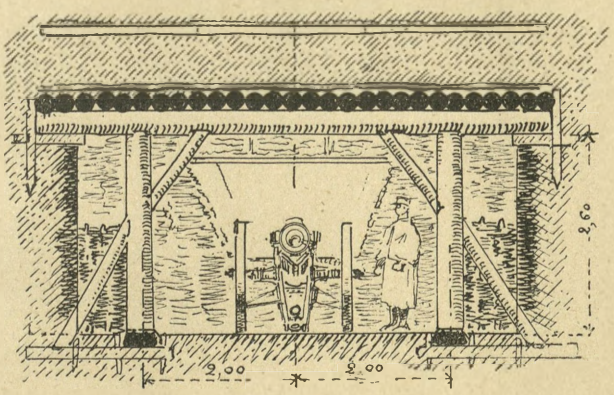
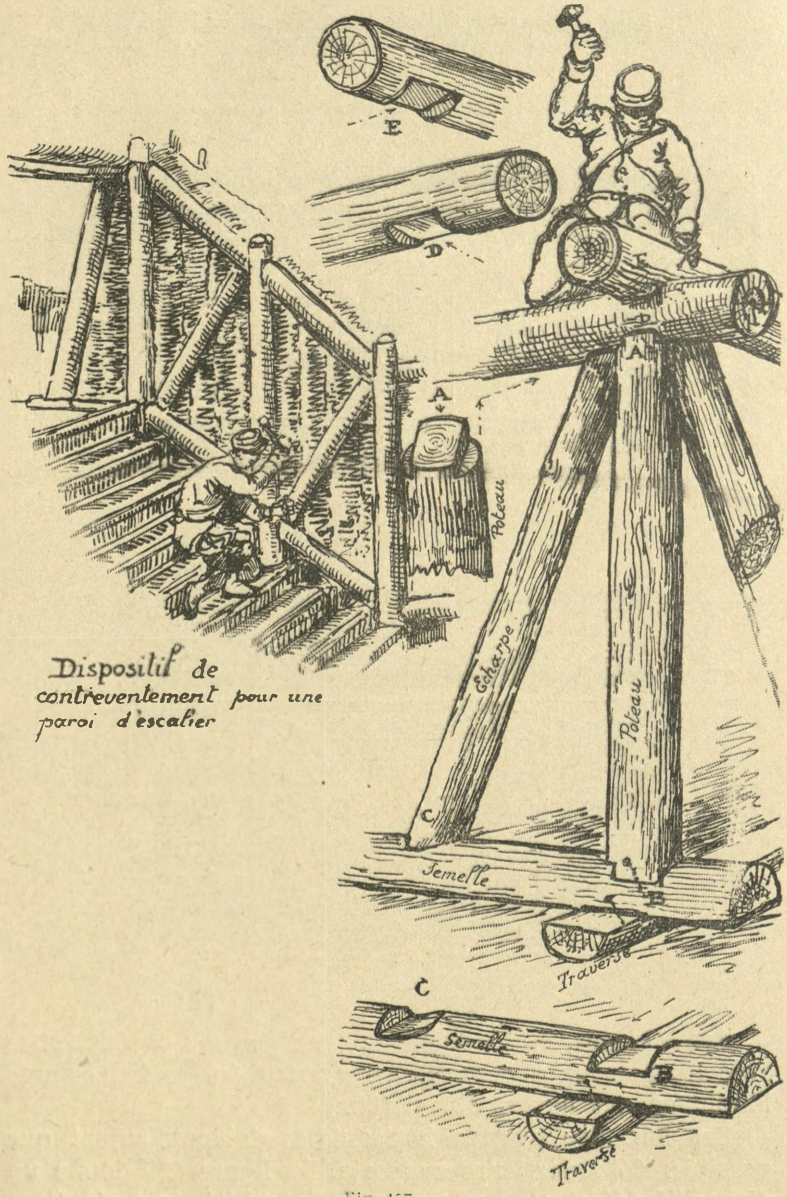


Fig. 156.

Assemblages. — L'assemblage des poutres ou poutrelles avec les poteaux verticaux ou les longrines se fait comme l'indiquent les figures 157 et 158.

Les bois des poutres horizontales doivent, autant que possible, déborder leurs supports. La figure 159 donne un dispositif défectueux, manquant de stabilité, les bois étant coupés trop courts.

Dans une charpente sous blindage on augmente beaucoup



Dispositif de contreventement pour une paroi d'escalier

Fig. 157.

la résistance d'une poutre en la faisant déborder d'une certaine longueur au delà de ses points d'appui. En effet la charge de terre qui pèse sur la partie débordante fait contrepoids et produit, en quelque sorte, un encastrement (voir Rem. V, page 232). L'encastrement est complètement réalisé, dans le cas d'une charge uniformément répartie, quand la partie débordante de chaque côté est le tiers de la longueur entre appuis.

Contreventement. — Quel que soit le système de charpente adopté, il est bon d'en assurer l'indéformabilité au moyen de dispositifs triangulés. Des pièces de bois inclinées (contrefiches, écharpes, jambes de force) judicieusement fixées aux pièces assemblées à angle droit, empêchent la dislocation des assemblages et assurent le contreventement.

Nous indiquons ci-après les dispositions de contreventement rationnelles opposées à des dispositions défectueuses.

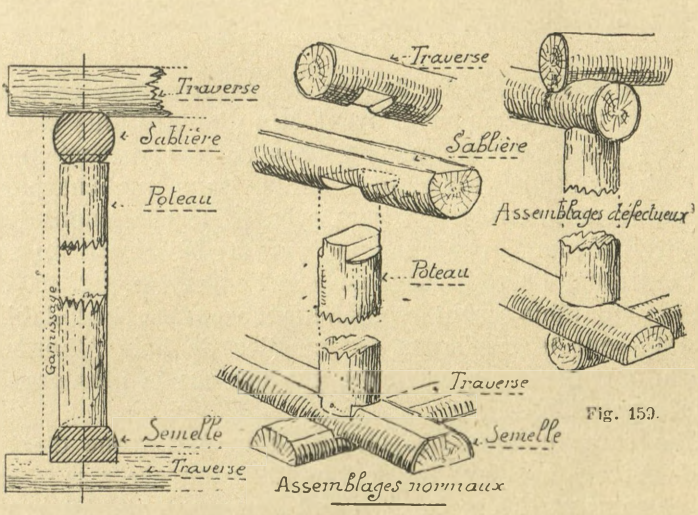


Fig. 158. Fig. 159.

Dans le 1er système de construction envisagé pour un abri, le contreventement longitudinal est assuré par des écharpes disposées de part et d'autre des poteaux soutenant les longrines. Dans un mauvais terrain, on assurera le contreventement transversal par des écharpes ou des contrefiches extérieures placées de distance en distance (par exemple 1 cadre

sur 5), contre les poteaux verticaux du pan de bois et s'appuyant sur des traverses débordantes de la fondation (fig. 161).

Dans le 2e système, les poutrelles assemblées et clouées sur les cadres d'une part, l'appui contre les parois de la fouille d'autre part, assurent une stabilité de l'ensemble qui est, en général, suffisante. Si le terrain est mauvais, il sera bon de contreventer la charpente en disposant, de distance en distance (1 cadre sur 5 par exemple), un cadre avec écharpes et contrefiches comme l'indique la figure 162.

Garnissage. — Le garnissage a pour but de disposer le long des parois de la charpente une cloison destinée à retenir les terres dont on remplira l'espace compris entre la charpente et le talus de la fouille. On peut, dans ce but, employer des planches, des demi-rondins qu'on cloue jointifs à l'extérieur entre les poteaux verticaux de la charpente, ou simplement des claies, saucissons ou gabions qu'on fixe contre ces poteaux (fig. 162).

Fondations. — Les fondations des constructions en charpente qui nous occupent doivent être d'autant plus stables que la liaison des différentes parties de la construction ne peut être qu'imparfaitement assurée. Dans une charpente d'ossature non moisée, mal contreventée, le glissement d'un support provoqué, par exemple, par un tassement du sol, peut entraîner l'écroulement de tout l'ensemble (fig. 160).

Les fondations seront généralement assurées par l'établissement, sous les poteaux, de semelles de bois débordant suffisamment, pour répartir les charges sur la plus grande surface possible du sol.

Une semelle peut être formée d'un fort tronc d'arbre débité suivant un diamètre, la face plate tournée vers le sol. Les poteaux verticaux se placeront dans les entailles pratiquées sur la partie supérieure.

Les semelles seront liées au sol au moyen de pieux ou piquets enfoncés de part et d'autre, de distance en distance (fig. 166). De plus on les rendra solidaires les unes des autres en les reliant par d'autres semelles transversales, assemblées, à mi-bois ou par des entailles, avec les premières. On formera ainsi des cadres horizontaux encastrés dans le sol. Si on peut craindre la déformation des angles de ces cadres, on

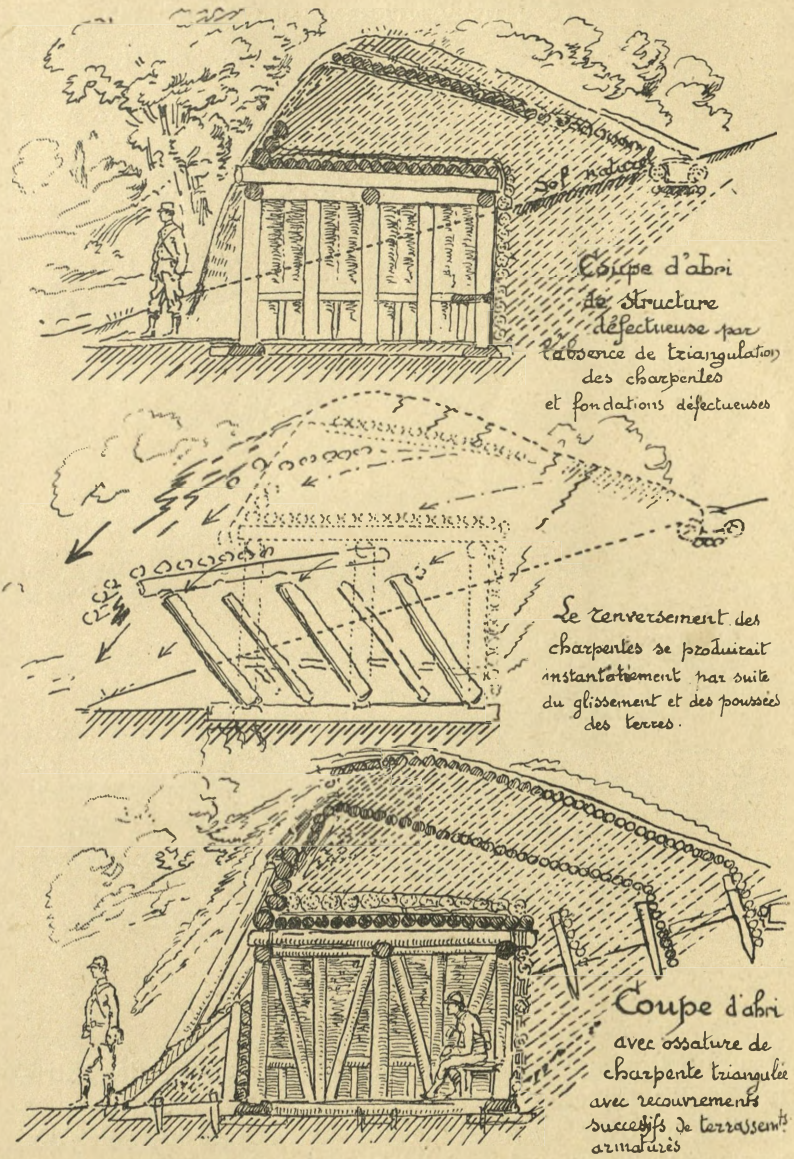

Sol naturel
Coupe d'abri de structure défectueuse par l'absence de triangulation des charpentes et fondations défectueuses
Le renversement des charpentes se produirait instantanément par suite du glissement et des poussées des terres.
Coupe d'abri avec ossature de charpente triangulée avec recouvrements successifs de terrassements armaturés

Fig. 160.

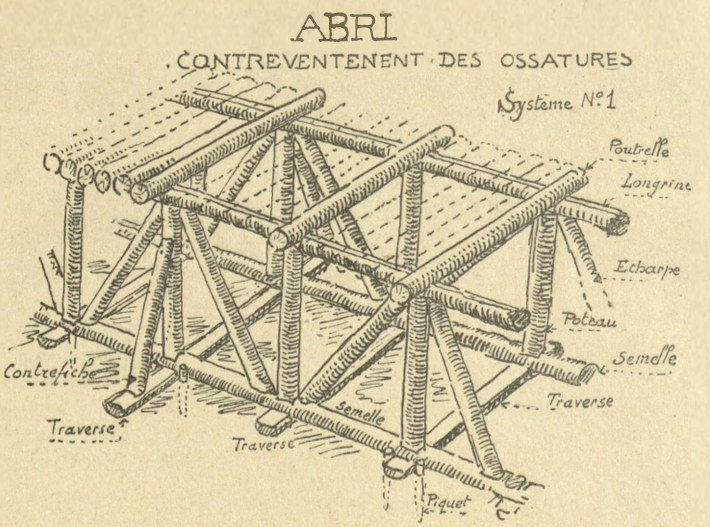


Fig. 161.

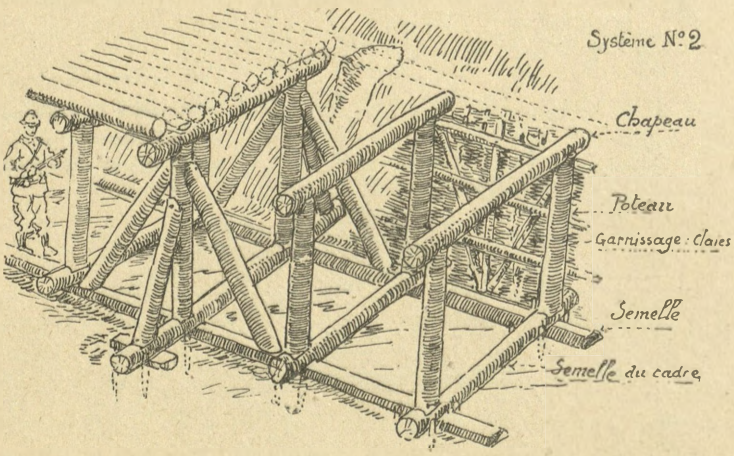


Fig. 162.

assurera l'indéformabilité en plaçant, aux angles des extrémités, des traverses perpendiculaires aux bissectrices des angles ; les traverses ainsi placées étant reliées aux côtés des angles par des piquets solides enfoncés dans le sol comme le montre la figure 167.

Les fondations d'un même ouvrage doivent être, autant que possible, établies au même niveau. En les établissant en

gradins, on risque de les voir désagrégées par les glissements que les pluies et la fonte des neiges produisent dans la plupart des terrains (fig. 165).

Pour un escalier ou une descente importante, un dispositif de charpente triangulée suivant la pente et venant

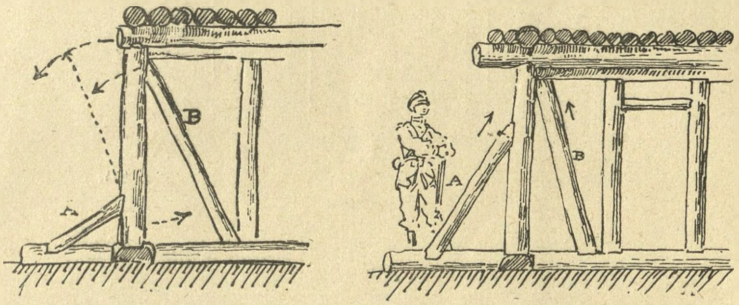


Fig. 163.

DISPOSITION DÉFECTUEUSE :

La contrefiche A est trop basse et l'écharpe B ne participe pas à la résistance de la poutre supérieure.

DISPOSITION RATIONNELLE :

La contrefiche A s'oppose au renversement et l'écharpe B soutient et contrevente.

s'appuyer contre la semelle des fondations intérieures, empêche les glissements et permet exceptionnellement de se départir de la règle du niveau des fondations (fig. 164).

Les fondations de la casemate qui recouvre une pièce devront passer à une certaine distance de la plateforme pour éviter la désorganisation que pourraient produire à la longue, les percussions du tir.

Drainages. — L'évacuation des eaux pluviales ou d'infiltration doit être prévue dès l'établissement du plan général de l'ouvrage. Elle est une condition primordiale, non seulement de son habitabilité, mais aussi de sa stabilité. Elle peut influer sur le choix d'une position de batterie qu'on évitera, autant que possible, de fixer sur un terrain marécageux ou susceptible d'être inondé l'hiver. En établissant le plan d'ensemble de l'ouvrage, on détermine le niveau des divers aménagements projetés et on cherche les directions des pentes naturelles susceptibles d'évacuer les eaux vers un niveau inférieur au point le plus bas de l'ouvrage. L'évacuation des eaux doit être assurée non seulement dans l'ou-

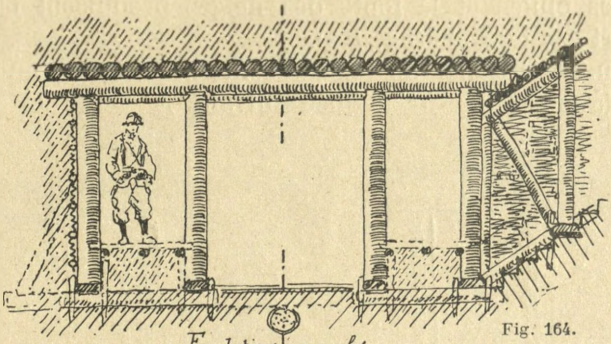


Fig. 164.

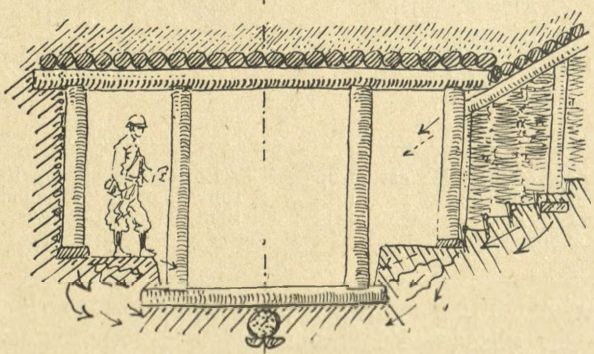


Fig. 165.

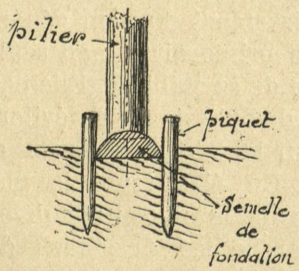


Fig. 166

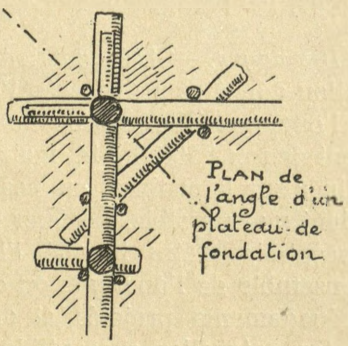


Fig. 167.

vrage, mais dans les accès, les abords, les communications.

Si le forage indique qu'on atteint facilement une couche perméable, on disposera, de distance en distance, le long des drainages, des puits perdus, ou bien on entourera l'ouvrage d'un fossé de protection où aboutiront les différents drainages.

Si, au contraire, le sol est imperméable, on devra construire des puisards caissonnés qui pourront être épuisés au moyen d'un siphon ou d'une petite pompe. Ces puisards seront établis, autant que possible, à l'extérieur des constructions et assez loin des cadres des fondations.

On fera figurer sur le plan d'ensemble l'indication des drainages avec tous renseignements sur les pentes d'écoulement, regards de visite, puits ou puisards.

Drains. — Les drains ou canaux d'écoulement peuvent être constitués au moyen de forts saucissons, entourés de pierres sèches, noyés dans le sol.

Sorties ; aération. — Dans tout grand abri on doit prévoir au moins deux sorties ; dans l'exemple de la figure 168 la sortie de droite est desservie par une échelle; celle de gauche est pourvue d'un escalier. Une troisième sortie vers le milieu est aménagée en trou d'homme incliné ayant les dimensions de $0{,}66 \times 0{,}66$. Ce trou d'homme sert de cheminée d'aération et permet d'installer un poêle.

Blindage. — L'expérience montre qu'un abri est mis à l'épreuve des projectiles de gros calibre (1) si on le recouvre d'une couche de trois mètres de terre dans laquelle se trouve noyé un lit de forts rondins, de 0 m. 15 environ, perpendiculairement aux bois du plafond.

Si l'épaisseur de la couche de terre est moindre, on augmentera, d'autre part, la protection en noyant dans la masse de terre un second et même un troisième lit de rondins ou de saucissons, les lits successifs étant croisés et séparés par des matelas de terre de 0 m. 50 à 1 mètre environ. Pour le toit de l'abri, on remplace quelquefois les bois par des rails de chemin de fer jointifs ; on obtient ainsi une plus grande

(1) La catégorie *gros calibre* doit être distinguée de celle des *calibres à grande puissance*, qui peut être considérée comme commençant au 220.

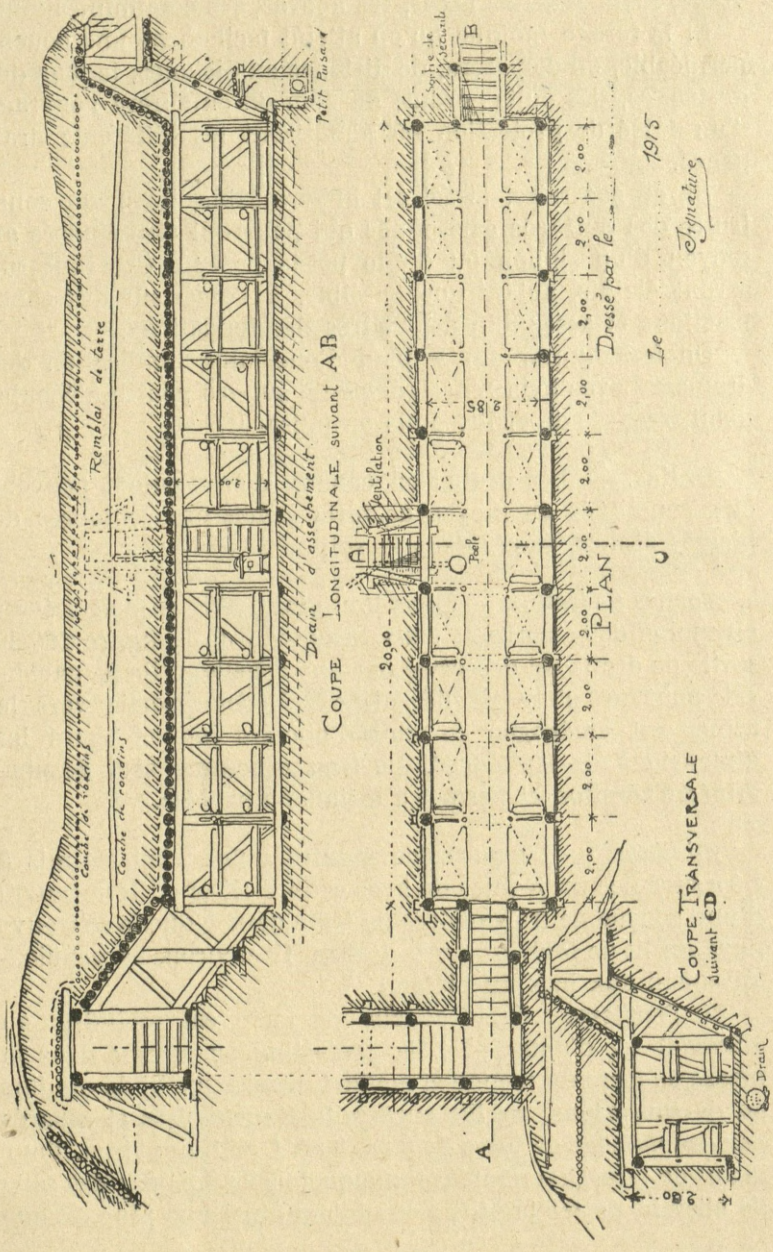

COUPE LONGITUDINALE suivant AB
PLAN
COUPE TRANSVERSALE suivant CD
Remblai de terre
Couche de roseaux
Drain d'assèchement
Ventilation
Puits
Puits perdu
Dressé par le
Le
1915
Signature
20,00
2,00
A
B
C
D

Fig. 168.

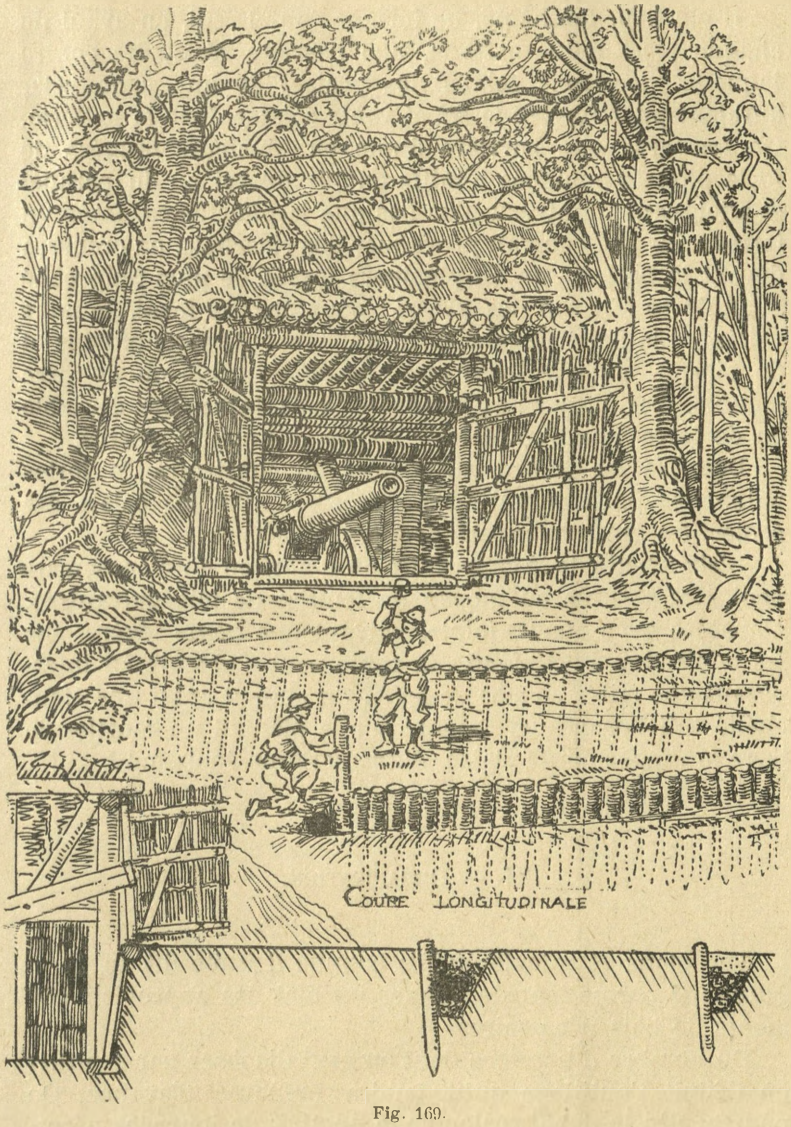


Fig. 169.

résistance. Les lits de rondins noyés dans la terre ont pour effet de provoquer l'éclatement des projectiles à l'intérieur de la masse couvrante ; les rondins doivent pour cela former une surface continue et être *solidement liés entre eux*. La couche de terre au-dessous forme matelas et arrête les éclats des projectiles.

Il y a lieu, de même, de former dans le sol, en avant de chaque pièce d'une batterie, une barrière résistante contre laquelle viendront éclater les projectiles qui, sans cela, auraient pu traverser le sol et venir éclater dans la batterie. On formera cette barrière d'une ou plusieurs rangées de forts piquets enfoncés jointifs au ras du sol ou du parapet et atteignant un niveau plus bas que la plateforme. Dans un terrain dur qui pourrait provoquer des ricochets, on creusera devant la batterie un ou plusieurs fossés, le plus rapproché à 5 mètres environ des pièces ; pour chaque fossé, le talus voisin de la batterie sera garni d'un mur de forts piquets et de pierres, puis le fossé sera rempli de sable ou de terre meuble. Les projectiles pénétrant dans la couche de sable ou de terre viendront éclater contre le mur de pierres.

Derrière les pièces casematées on construira de fortes palissades pour garantir les servants contre les éclats des projectiles qui éclateraient derrière la batterie.

L'étanchéité de la couverture d'un abri ou d'une casemate peut être assurée au moyen de feuilles de tôle galvanisée, disposées avec couvre-joints, suivant une pente légère, sur les poutrelles du plafond ; la pente peut s'obtenir en interposant une faible couche de terre. On obtient aussi une étanchéité satisfaisante en damant sur le plafond un mortier de terre argileuse ou de glaise, d'une certaine épaisseur.

III. — Organisation.

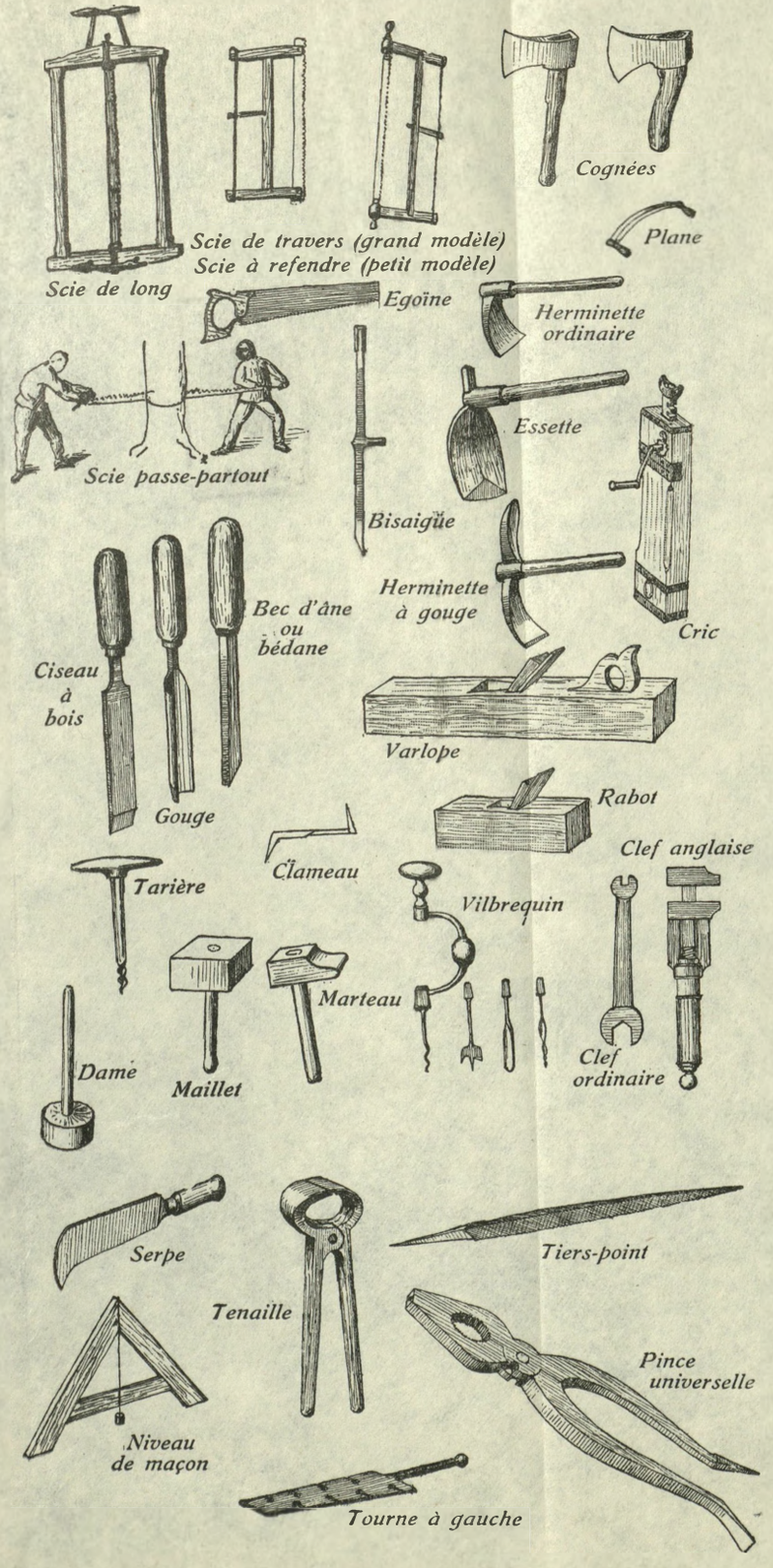
Les plans et calculs établis comme il a été dit au paragraphe II permettent de donner un état des approvisionnements de bois nécessaires.

Du nombre d'hommes dont on peut disposer par chantier on déduit l'outillage qu'il faudra préparer d'avance. On pourra, dès le début, calculer le nombre de journées nécessaires à l'achèvement de l'ouvrage.

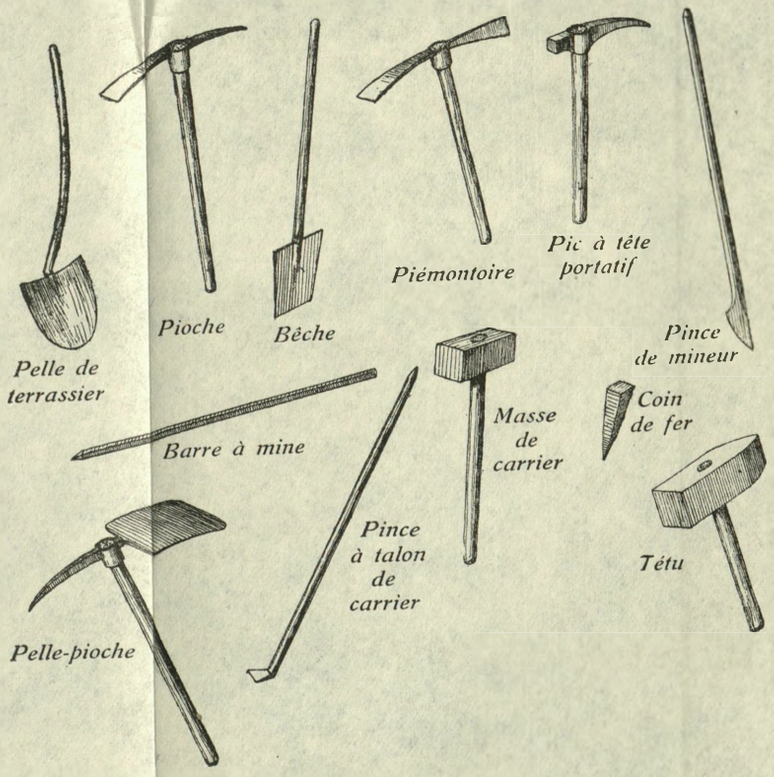
Organisation des chantiers. — On organisera un certain nombre d'équipes ; à chaque équipe correspondra un chantier.

Une équipe de charpentiers et bûcherons sera chargée d'abattre, de débiter et de classer les bois.

OUTILS DE CHARPENTE



OUTILS DE TERRASSEMENT



Une autre équipe de charpentiers construira les cadres, préparera les ossatures de la charpente, les assemblages des longrines, poutrelles et poteaux.

Les terrassiers prépareront les plateformes des pièces, creuseront les emplacements des abris, les communications, construiront les parapets, seront chargés de recouvrir les abris de la masse de terre convenable.

Une équipe fera les gabions, claies, saucissons, etc...

Exemple. — Soit à construire une batterie de 4 pièces, sous bois, du type indiqué (fig. 149) et l'abri de repos correspondant (l'abri de repos étant enterré à 3 m. 50, les abris de pièces à 1 m. 75, les plateformes à 1 mètre). Dans un sol moyen, un personnel d'une centaine d'hommes pourra faire le travail dans un temps variant de 15 à 20 jours, suivant la saison.

On répartira, par exemple, le personnel de la manière suivante :

Abatage, classement et tronçonnage des bois.....	6	hommes.

Batterie.

Terrassement : 4 équipes de 6 hommes.	24	—
Confection et mise en place de la charpente et des magasins.....	8	—
Fascinages	15	—

Abris de repos.

Terrassement	24	—
Confection et mise en place de la charpente	24	—
Garnissage	5	—
En tout :	106	hommes.

Outillage. — L'outillage nécessaire aux divers chantiers est compris dans le tableau suivant :

Terrasse.

Pelles de terrassier à manche courbe	40
Pioches de terrassier	30
Bèches ou pelles carrées	6
Pics à roc	5
Piémontoires	5
Brouettes	10
Pinces à talon de carrier (modèle fort)	2
Barres à mine	1
Masses de carrier de 5 kgs	2
Coins en fer	10
Têtus de 5 kgs	2

Charpente.

Scie de long	1
Chaîne pour l'arrimage des grumes	1
Passe-partout avec denture pour bois vert.	2
Scies de travers ou de taille à lame de 1 mètre (avec denture pour bois vert)	2
Scies à bûches (avec denture pour bois vert).	6
Egoïnes	3
Cognées	3
Hachettes	6
Herminettes	4
Serpes	15
Planes de charron	2
Ciseaux à bois (forts)	6
Marteaux de menuisier (forts)	6
Tenailles (fortes)	2
Tarières (fortes)	2
Tiers-points assortis	12
Masses en fer	2
Pinces universelles (fortes)	3
Tourne-à-gauche	2
Niveaux de maçon	2
Fil à plomb	1
Mètres pliants	4

Pelotes de ficelle pour cordeaux.....	2
Règles de 2 mètres (pouvant être confectionnées sur place).....	2
Règles de 3 mètres.....	2
Meule en grès.....	1

Si on ne peut disposer d'une scierie mécanique, qui facilite beaucoup le travail, on se servira de la scie de long pour débiter les planches brutes dont on fera les coffrages des magasins à munitions, les bancs, volets, etc... Les grumes seront amarrées sur des tréteaux de circonstance au moyen d'une chaîne. Une forge avec tous accessoires doit être à la disposition des chefs de chantier ; il suffira de prévoir une forge pour trois batteries en construction.

Matériel. — En dehors des bois, dont un approvisionnement suffisant aura été amené à pied d'œuvre, il faut prévoir un certain approvisionnement de clous, broches, fil de fer.

Pour construire la batterie envisagée plus haut, on pourrait prévoir :

Pointes de $60^{m}/^{m}$.....	5 kilos.
— $80^{m}/^{m}$.....	10 —
— $100^{m}/^{m}$.....	10 —
— $140^{m}/^{m}$.....	15 —
— $160^{m}/^{m}$.....	20 —
Fil de fer galvanisé de 3 à $4^{m}/^{m}$.....	25 —
Fil de fer galvanisé de $2^{m}/^{m}$.....	10 —
Tôles galvanisées planes de 1 m. 60 × 0 m. 83.	20 feuilles.

IV. — Exécution.

Piquetage ; nivellement ; gabarits. — Les grands axes de la construction à exécuter sont tracés sur le terrain au moyen de jalons ou piquets solidement enfoncés dans le sol. Ces piquets sont placés en des points tels qu'il ne soit pas nécessaire de les déplacer au cours du travail. Pour une batterie à construire, on détermine ainsi, avec un soin particulier, l'emplacement et la directrice de chaque pièce.

Il est bon de reporter sur le plan d'ensemble les jalons

du piquetage, afin de permettre à tout moment toute vérification utile.

Le piquetage, reporté sur le plan d'ensemble du terrain avec nivellement, permet de choisir un des jalons par lequel on fait passer un plan horizontal théorique qui prend conventionnellement la cote zéro et d'après lequel on établit les fonds de fouille. le mouvement des terres en remblai, les rampes d'accès, les escaliers. On repère ce plan zéro en le marquant sur un tronc d'arbre, une roche, un mur, etc... de façon à donner facilement et rapidement les différences de niveau des travaux à exécuter.

On reporte ensuite sur le terrain, en grandeur d'exécution, les indications principales du plan, des profils en long et en travers.

Des gabarits indiquant la forme, la profondeur des fouilles sont remis à chaque équipe et déterminent l'ensemble de la besogne à accomplir.

Il est bien entendu qu'au cours du travail, le plan primitif peut être, suivant les circonstances et les difficultés rencontrées, modifié par le commandement.

Débit et classement des bois. — Il y a avantage, si on le peut, à employer des bois abattus en automne, quand la sève est momentanément arrêtée.

Les bois, abattus en forêt, seront débités suivant les longueurs qui auront été indiquées comme nécessaires pour la construction ; on les classera ensuite, suivant leurs diamètres et leur destination, en :

1° bois d'ossature et de contreventement ;

2° bois de garnissage (piquets pour le fixage des gabions, fascines, rondins pour planchers) ;

3° bois de fascinage.

Fouille. — Les éboulements sont toujours à craindre dans une fouille profonde. On doit donc procéder avec prudence et attention.

On tiendra le talus de la fouille à une inclinaison variable suivant la nature du terrain ; le fruit ou inclinaison pour un terrain de bonne qualité pourra être de 0 m. 10 par mètre ; pour un terrain médiocre, on le tiendra à 0 m. 25 par mètre :

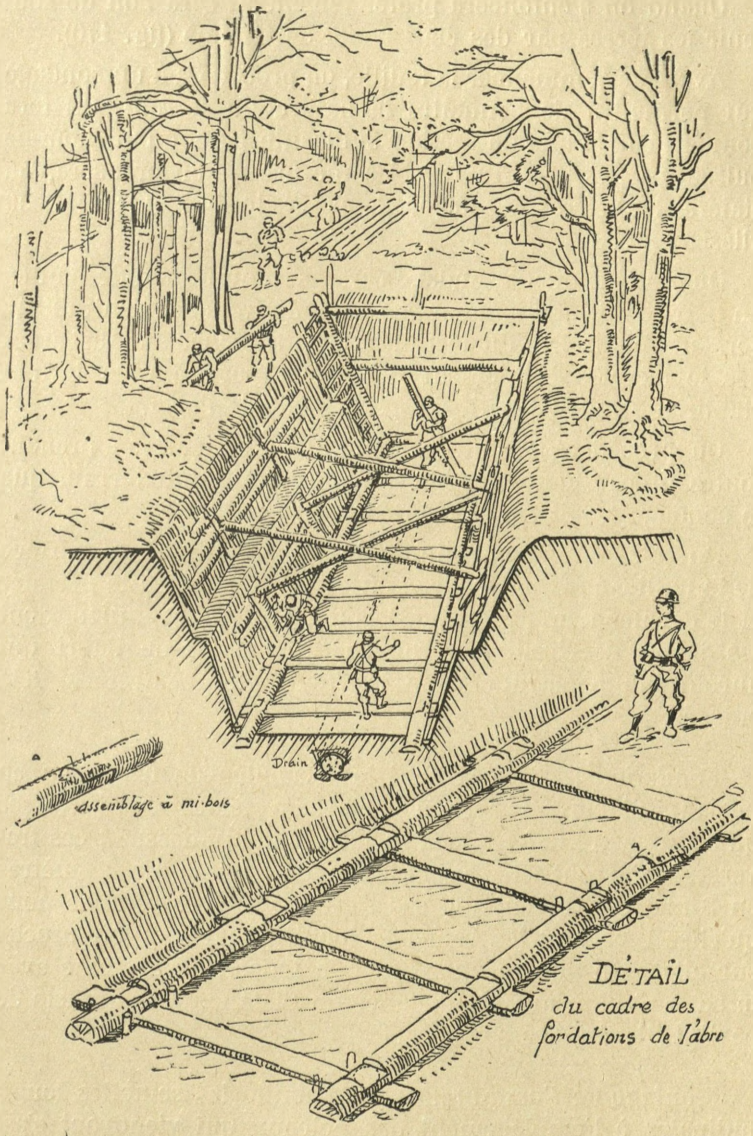

Drain
Assemblage à mi-bois
DÉTAIL
du cadre des
fondations de l'abri

Fig. 170.

pour un terrain mauvais, il pourra atteindre 0 m. 50 par mètre.

Quand on s'enfoncera profondément, il sera bon de soutenir les terres par des étaiements de fortune (fig. 170).

Avant de commencer la fouille, on procèdera à un sondage qui permettra de connaître la nature du terrain. On fera pour cela un puits de section suffisante pour qu'un homme puisse y travailler. Au fur et à mesure qu'on creusera, on étaiera les terres de façon à éviter tout éboulement ou glissement.

Quand le puits de sondage sera parvenu à fond de fouille, on partira de ce puits pour creuser une tranchée de drainage vers un point bas du terrain. Cette tranchée qui assurera dès le début l'écoulement des eaux, servira plus tard à établir le drain définitif d'assèchement de l'abri.

On procèdera ensuite à la fouille elle-même en prenant toutes précautions nécessitées par la nature du terrain que le sondage a fait connaître.

On pourra, pour diminuer le travail, diviser la surface de la fouille en trois parties ; on creusera d'abord le premier et le dernier tiers ; puis, en dernier, le tiers du milieu, dont les terres serviront à recouvrir les parties de l'abri qui auront été construites sur les deux tiers extrêmes déjà creusés.

Fondations. — On établit les semelles de fondation en plaçant d'abord les semelles transversales ou traverses qu'on encastre dans le sol, la face plate au-dessus ; ces traverses pourront être espacées par exemple de 2 mètres en 2 mètres. On entaille ces semelles aux extrémités pour qu'elles reçoivent les semelles longitudinales qu'on broche sur elles. On pourra augmenter la liaison du système avec le sol en enfonçant, de distance en distance, des piquets de part et d'autre des semelles.

Montage de l'ossature. — On entaille les semelles longitudinales à l'emplacement des poteaux qui viendront s'assembler sur elles. On monte les poteaux qu'on soutient par des étais provisoires ; on les broche sur la semelle de part et d'autre. On place ensuite les écharpes qu'on assemble de même sur la semelle de fondation. Les longrines sont

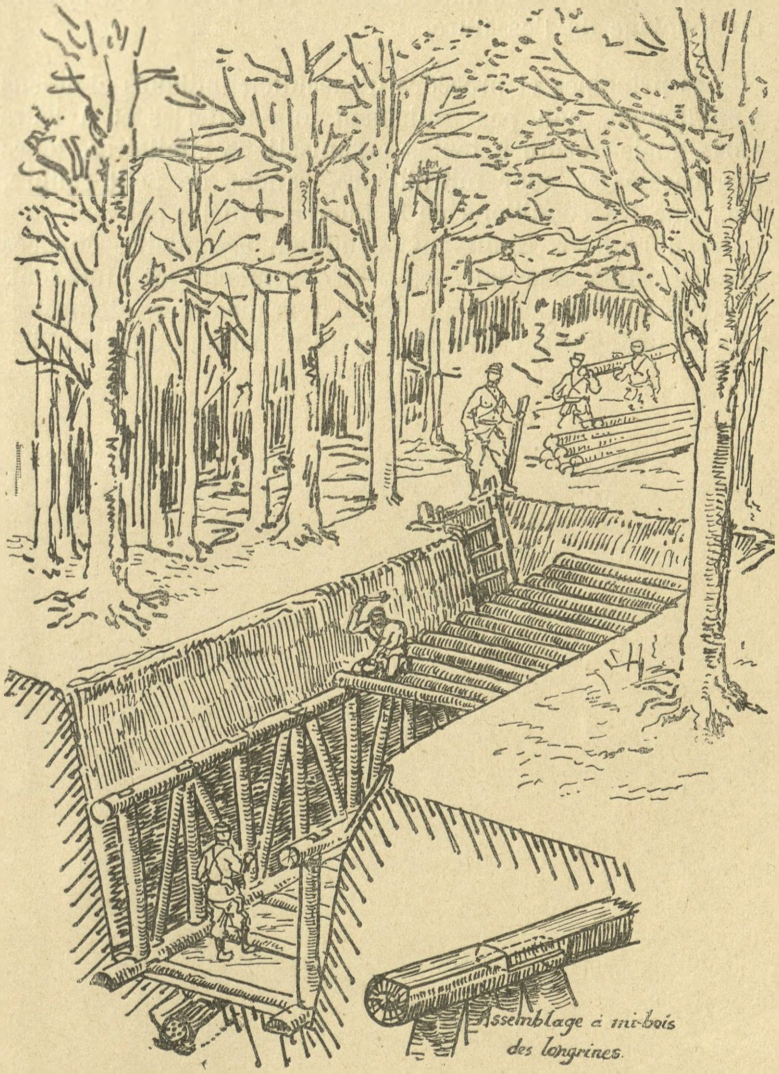


Fig. 171.

ensuite mises en place, puis les poutrelles du plafond, qui sont brochées de part et d'autre sur les longrines (fig. 171).

Garnissage. — Le garnissage se fait au fur et à mesure du montage de l'ossature.

Les principes et procédés d'exécution indiqués ci-dessus s'appliquent, non pas seulement aux batteries et à leurs abris, mais encore à toutes organisations similaires, telles que casemates pour mitrailleurs, canons de petit calibre, etc., que les conditions de la guerre actuelle peuvent conduire à réaliser. Enfin, une condition essentielle, énoncée plusieurs fois déjà dans les développements qui précèdent, est de s'attacher toujours à associer le maximum de protection au défilement convenable et au maximum d'invisibilité.



TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Avant-propos..... 1

PREMIÈRE PARTIE

Les sources d'énergie balistique et leur emploi.

I. — Poudres et explosifs..... 1
II. — Principes de balistique intérieure et extérieure..... 4

DEUXIÈME PARTIE

Définitions et principes.

I. — La terminologie du tir..... 15
II. — La trajectoire ; relations entre ses éléments..... 17
III. — Principe de la rigidité de la trajectoire ; limites dans lesquelles il peut être appliqué..... 19
IV. — Parallaxes..... 21

TROISIÈME PARTIE

Généralités sur le tir de l'artillerie de campagne.

I. — Tir direct et tir indirect..... 25
II. — Définitions..... 27
III. — Formules fondamentales..... 29
IV. — Le tir indirect loin de la crête ou du masque..... 32
V. — Applications..... 36

QUATRIÈME PARTIE

Dispersion du tir.

I. — Causes d'irrégularité du tir..... 43
II. — Définitions ; point moyen ; écart moyen ; écart probable ; relation entre l'écart moyen et l'écart probable..... 44
III. — Zone de dispersion ; applications..... 46

CINQUIÈME PARTIE

Matériel ; principales formations ; instruments de mesure ; moyens de communication.

I. — Aperçu historique..... 53
II. — La batterie de 90..... 56
III. — Description et fonctionnement des appareils de pointage et de tir..... 59
IV. — Moyens de communication à distance..... 71

SIXIÈME PARTIE

Munitions et artifices.

Pages.
I. — Gargousses et projectiles..... 77
II. — Détonateurs et fusées..... 79
III. — Tir à blanc des canons de 90..... 89

SEPTIÈME PARTIE

Préparation et exécution du tir. — Exemples de tir.

I. — Service de la batterie. Fonctions des officiers, gradés et servants..... 91
II. — Les plans de tir ; le faisceau ; parallélisme et convergence. 94
III. — Réalisation et emploi du parallélisme..... 97
IV. — Réalisation et emploi de la convergence..... 100
V. — Préparation du tir..... 104
VI. — Genres de tir et espèces de projectiles à employer..... 115
VII. — Définitions relatives aux modes d'exécution du tir..... 116
VIII. — Le tir de réglage..... 118
IX. — Le tir d'efficacité..... 123
X. — Principes de l'observation..... 129
XI. — Exécution du tir..... 133
XII. — Exemples de commandement et de tir..... 134
XIII. — Procédés spéciaux de réglage..... 135
XIV. — Tir contre les objectifs aériens (dirigeables et avions)..... 148

HUITIÈME PARTIE

Les effets du tir.

I. — Généralités..... 177
II. — Etude des effets des projectiles..... 178
a) contre les objectifs animés..... 179
b) contre les obstacles..... 197

NEUVIÈME PARTIE

L'artillerie de campagne au combat.

I. — Considérations générales..... 203
II. — L'artillerie de campagne sur les champs de bataille..... 204
III. — L'artillerie de campagne dans la guerre de tranchées..... 216

DIXIÈME PARTIE

Principes de construction des batteries et ouvrages d'artillerie.

I. — Considérations générales..... 225
II. — Préparation..... 227
III. — Organisation..... 252
IV. — Exécution..... 255



Imp.-Lib. Militaire Universelle L. Fournier, 264, Boul. St-Germain, Paris

BIBLIOTEKA NAUKOWA

479711
/2