

**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse  
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse  
**Band:** 92 (1947)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Les charges "creuses" et leur application aux projectiles antichars  
**Autor:** Boniface, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-348366>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

# REVUE MILITAIRE SUISSE

---

Pour la Suisse :  
1 an fr. 12.— ; 6 mois fr. 7.—  
3 mois fr. 4.—

ABONNEMENT

Pour l'Etranger :  
1 an fr. 15.— ; 6 mois fr. 9.—  
3 mois fr. 5.—

Prix du numéro : fr. 1.50.

---

RÉDACTION : Colonel-brigadier Roger Masson.

ADMINISTRATION : Av. de la Gare 33, Lausanne. Tél. 3 36 33. Chèq. post. II. 5209

---

ANNONCES : Société de l'Annuaire Vaudois S. A., Rue de la Tour 8, Lausanne

---

## Les charges « creuses » et leur application aux projectiles antichars

---

### INTRODUCTION.

Dans les deux dernières années de la guerre on vit apparaître, aussi bien dans les armées des Alliés que dans celles de l'Axe, un nouveau matériel antichar. L'introduction de ces armes marque une nouvelle victoire du projectile dans la lutte, sans cesse recommencée, entre la cuirasse et les moyens de la neutraliser.

Nous croyons utile d'esquisser dans le présent article le principe de base de cet armement très moderne et de passer rapidement en revue les réalisations faites dans les pays étrangers.

## EFFETS DES EXPLOSIFS.

Sans entrer dans des développements mathématiques fastidieux, il est cependant nécessaire de rappeler et de préciser certaines notions concernant les explosifs.

Un explosif est un corps chimique qui, allumé d'une manière bien déterminée, brûle dans un temps extrêmement court en développant un très grand volume de gaz ; on ne parle plus, alors, d'une combustion mais bien d'une explosion. En fait, tout se passe comme si l'on avait comprimé le gaz à un volume restreint (le volume des cartouches d'explosif) et que l'on supprime brusquement (au moment de la détonation) les forces maintenant les gaz : ceux-ci se détendent pour équilibrer leur pression avec la pression atmosphérique et agissent par poussée sur tous les objets qui les environnent. Plus l'on est rapproché du centre de l'explosion, plus la poussée est violente et plus l'effet destructeur est grand.

Un explosif est d'autant plus puissant que sa vitesse de combustion (de déflagration) est plus grande ; ces vitesses sont de l'ordre de 300 m./seconde pour les explosifs lents (la poudre noire) à 6500 m./seconde pour les explosifs brisants (trotyl). Il existe des explosifs plus puissants encore (nitropenta) mais ils sont d'un emploi plus restreint, leur sécurité étant plus faible.

Tous les explosifs, qu'ils soient lents ou brisants, obéissent à des lois simples, qui furent déjà reconnues et mises sous forme mathématique par Vauban, le grand ingénieur militaire de Louis XIV.

1° Lorsqu'une charge concentrée explose librement, les gaz s'échappent dans toutes les directions suivant les rayons d'une sphère, la pression des gaz diminuant rapidement au fur et à mesure que la sphère s'agrandit ; la diminution de pression est proportionnelle au cube du rayon de la sphère considérée : ainsi, pour une sphère de rayon 1, la pression a une valeur donnée ; pour une sphère de rayon 2, la pression

n'aura plus que le  $\frac{1}{8}$  de cette valeur ; pour une sphère de rayon 3, plus que le  $\frac{1}{27}$  de cette même valeur, et ainsi de suite.

2<sup>o</sup> La forme initiale de la charge a également une influence ; si, au lieu d'une charge concentrée, nous avons affaire à une charge allongée, l'explosion libre de notre charge donne naissance non plus à une sphère mais bien à un ellipsoïde.

3<sup>o</sup> Si maintenant, au lieu de laisser notre charge exploser librement, nous l'enfermons à l'intérieur d'une masse résistante en laissant cependant une ouverture libre, l'action sur la masse est relativement faible, la majeure partie des gaz s'échappant par l'ouverture ; on imprime ainsi une direction à l'explosion. C'est le principe de toute arme à feu et ce cas est bien connu des mineurs qui disent dans leur langage imagé : « Le coup a fait canon. »

4<sup>o</sup> Si, enfin, l'on enferme notre charge à l'intérieur d'une masse résistante et que l'on bouche l'ouverture d'introduction en cherchant à rendre les matériaux de bourrage aussi résistants que la masse elle-même, on se rapproche du premier cas décrit. L'explosion disloque la masse, *grosso modo*, suivant une sphère, la zone détruite étant fonction du poids de la charge, de la nature de la masse résistante, de la puissance de l'explosif et du soin avec lequel on a procédé au bourrage. Pour un poids d'explosif déterminé, c'est ce cas qui produit les plus gros effets de destruction et c'est celui que l'on tend à réaliser toutes les fois que la chose est possible (préparation de destruction) ; c'est également celui qui se réalise lors de torpillages, l'eau fonctionnant comme masse résistante, et c'est pourquoi l'effet des torpilles ou des mines sous-marines est si terrible.

#### LES CHARGES CREUSES.

L'idée n'est pas nouvelle, car le phénomène fut découvert de manière fortuite il y a quelque soixante ans à la base de la marine américaine de Newport. On avait constaté ceci :

Si l'on applique sur une plaque de blindage, par exemple, une cartouche d'explosif et qu'on la fasse détoner, l'explosion détruit superficiellement le métal et creuse une empreinte dans la plaque (pour autant naturellement que la plaque soit épaisse et la charge relativement faible, autrement l'on obtient une perforation ou une destruction de la plaque).

Si, maintenant, l'on grave profondément dans la cartouche d'explosif un dessin ou une lettre et que l'on procède comme précédemment, on obtient, creusée dans le fond de l'empreinte, une reproduction du dessin ou de la lettre.

En étudiant de plus près ce phénomène, on constata qu'en faisant détoner une charge constituée par des pétards de dynamite disposés à l'extérieur d'une boîte vide de fer-blanc, par exemple, on obtenait une perforation importante de la plaque, le centre de la perforation coïncidant avec le centre de la boîte. A égalité de destruction, en utilisant la charge creuse au lieu d'une charge normale, on réalisait une économie importante d'explosifs.

Peu de temps après, au cours d'essais comparatifs d'explosif, on vérifiait ces résultats, en Allemagne cette fois-ci. De plus, on précisait les lois suivantes :

1° L'effet de perforation augmente avec la hauteur de la cavité dans la charge d'explosif.

2° On constate à l'intérieur des trous obtenus une véritable fusion du métal.

3° L'effet de perforation subsiste, même si, au moment de l'explosion, la charge est à une certaine distance de la plaque ; et même si l'axe de la cavité est oblique par rapport à la surface attaquée.

On réalisa des charges creuses dont la cavité était constituée par un cône de tôle, ou même simplement remplie d'une masse inerte ou isolante.

En 1923, en Italie, un professeur se livra à des études semblables et vérifia les résultats précédemment obtenus.

Mais aucune de ces études, tant théoriques que pratiques, ne donna lieu à des réalisations utilisables dans le domaine militaire.

Ce problème n'était cependant pas perdu de vue et, quelques années avant la guerre, les services de recherche de l'Etat ainsi que l'industrie privée avaient, en France cette fois-ci, recommencé des essais tendant à obtenir un projectile à effet perforant accru.

Les essais furent longtemps décevants et de nombreuses tentatives aboutirent à des échecs mais, enfin, une première réalisation fut mise au point pendant la « drôle de guerre » et, ironie du sort, la fabrication en série et sa mise à disposition de l'armée furent décidées le 9 juin 1940. Il va sans dire que l'armée française ne put pas en profiter ; cependant la charge creuse avait passé le cap des épreuves pratiques et, stimulés par la nécessité du problème antichar, les belligérants mirent rapidement au point des réalisations variées et nombreuses.

#### MÉCANISME DES CHARGES CREUSES.

On a cherché à échafauder plusieurs théories mathématiques expliquant l'action des charges creuses mais, comme le problème comporte de nombreuses inconnues et qu'on est obligé d'admettre certaines hypothèses de base, aucune des théories ne peut s'appliquer à l'ensemble des divers cas possibles. Il faudrait, en effet, pouvoir traduire dans les formules recherchées les inconnues constituées par la nature de l'explosif, la forme donnée à la charge, la résistance offerte par le corps du projectile contenant la charge, la forme de la cavité creusée dans l'explosif, le revêtement de cette même cavité, etc., toutes choses qu'il est impossible de traduire simplement dans une analyse mathématique. Cependant toutes les théories se résument à peu près à ce qui suit :

Lorsqu'une charge normale explose, les gaz libérés s'échappent sensiblement suivant les rayons d'une sphère dont le

centre est occupé par la masse d'explosif ; leur température et leur pression diminuent rapidement dans le rapport inverse des volumes successifs qu'il occupent, suivant la loi que nous avons rappelée au début de cet article. En résumé, nous pouvons dire qu'il y a une dispersion rapide des forces qui divergent dans toutes les directions.

Pour illustrer ceci, prenons par exemple une charge cubique ; au moment de l'explosion, les trajectoires des forces agissant sur l'une des faces du cube peuvent être représentées par le schéma de la fig. 1 a, de la page 103, étant bien entendu que la dispersion agit dans l'espace et non seulement dans le plan du dessin (voir fig. 1 a).

Prenons maintenant une charge creuse ; comme précédemment, les gaz — donc les forces — tendent à s'éloigner normalement à la surface de la charge. Reportons-nous au croquis de la figure 2 qui représente la cavité de la charge dense et considérons un élément  $a$  de cette cavité. Au moment de l'explosion, une force élémentaire  $A$  prend naissance à la surface de cet élément et agit perpendiculairement à cette même surface. Or, notre cavité est symétrique ; de l'autre côté de l'axe de symétrie, et lui correspondant exactement, nous trouvons un élément  $a'$  qui donne naissance à une force  $A'$  ayant même valeur absolue que  $A$  et formant le même angle avec l'axe de symétrie. Composées suivant la règle usuelle du parallélogramme des forces, ces deux forces élémentaires  $A$  et  $A'$  donnent une résultante  $R$  dirigée suivant l'axe de symétrie de la cavité. Nous pouvons tenir un raisonnement semblable pour des éléments  $b$  et  $b'$  qui donnent, en définitive, une résultante  $S$  dirigée, elle aussi, suivant l'axe de symétrie de la cavité. Les deux forces  $R$  et  $S$  s'additionnent sans autre puisqu'elles ont la même trajectoire. Notre raisonnement est valable pour tous les éléments de la cavité et nous pouvons ainsi dire que toutes les forces qui prennent naissance à l'intérieur de la cavité se combinent en une seule force agissant suivant l'axe de symétrie de celle-ci. Il n'y a donc plus divergence des efforts

comme dans le cas précédent mais au contraire convergence de toutes les forces suivant une trajectoire unique.

En résumé, l'introduction de la cavité à l'intérieur d'une charge a pour effet de diriger les forces dégagées par l'explosion suivant un axe déterminé. Il n'y a pas une augmentation de la puissance totale de l'explosion mais simplement une augmentation locale des effets de l'explosion, le déplacement des forces se faisant au préjudice de zones de moindre pression.

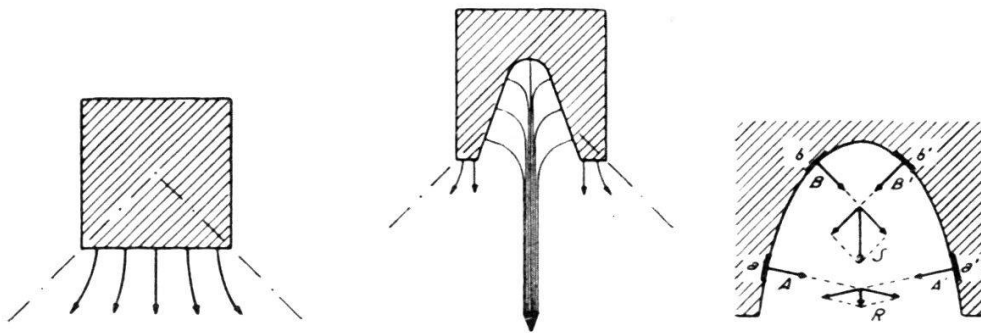


FIG. 1a. — Charge normale. FIG. 1b. — Charge creuse. FIG. 2.

Si nous reprenons l'exemple de notre charge cubique, creuse cette fois-ci, les trajectoires des forces dégagées par l'explosion peuvent être représentées par le schéma de la figure 1 b, étant bien entendu que la convergence des forces provient de toutes les directions de l'espace et non seulement du plan du dessin.

Cette explication théorique concorde parfaitement bien avec l'expérience et l'on vérifie aisément qu'une charge creuse produit dans une maçonnerie ou une plaque de blindage une destruction *localisée* beaucoup plus forte que celle faite par une charge normale de poids égal.

La convergence peut être plus ou moins parfaite : elle dépend avant tout de la forme que l'on donne à la cavité. De même, le revêtement maintenant le vide joue un grand rôle ; il sert tout d'abord à conserver la forme donnée pendant que l'explosion, provoquée à la base de la charge, se développe



pour atteindre les parois. Certains auteurs pensent que le métal du revêtement, liquéfié par les hautes températures de l'explosion, est projeté suivant l'axe des trajectoires et agit comme un véritable projectile ; d'autres minimisent cet effet, sa basant sur le fait que l'on constate cet effet de charge creuse même lorsqu'on supprime le revêtement.

Ces différences de doctrine expliquent la grande variété des projectiles créés.

#### PROJECTILES ANTICHARS.

Afin d'illustrer ce qui vient d'être exposé, nous nous proposons maintenant de décrire sommairement quelques-unes des réalisations mises au point par les belligérants ; nous emprunterons les détails concernant ces diverses armes à un article paru, sous la signature de M. E. Lemaire, dans la *Génie Civil* du 15 décembre 1946.

Ces armes se classent en deux catégories : l'une groupe celles utilisant le mode de propulsion classique ; elles nécessitent donc un affût absorbant le recul au départ du coup ; l'autre celles utilisant la propulsion à réaction : il n'y a plus de recul, le canon de l'arme donne simplement la direction première au projectile.

#### OBUS DE 105 mm. ALLEMAND.

Ce projectile ressemble extérieurement à un obus à fusée instantanée. Un culot massif contient l'explosif, le grand axe de l'obus étant constitué par un tube vide en aluminium ; la tête de la charge est façonnée en forme de charge creuse. La pointe du projectile est formée d'une coiffe entièrement creuse à paroi mince ; un détonateur de culot avec dispositif amortisseur est relié à la fusée instantanée logée à l'extrême pointe de l'ogive.

L'engin fonctionne de la manière suivante :

Au moment où l'obus touche un blindage, la coiffe s'écrase, la fusée instantanée explose et actionne le détonateur de culot qui enflamme la charge. L'explosion progresse d'arrière en avant, les gaz se précipitent par l'ouverture constituée par le tube d'aluminium avec une vitesse et une température croissantes ; au moment où le corps du projectile, après écrasement complet de la coiffe, entre en contact avec le blindage, l'effet de charge creuse s'ajoute à l'action des gaz et centre les efforts. Cet obus utilise donc deux des caractéristiques exposées : par l'effet de son enveloppe massive il dirige l'explosion suivant son grand axe et y ajoute encore l'effet de charge creuse.

#### GRENADES ALLEMANDES.

Nous en donnons ci-dessous une coupe très schématique.

Cette grenade est lancée par le canon antichar de 57 mm. Seule la tige (partie h) pénètre dans l'âme du canon, le corps

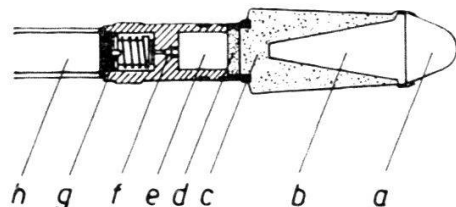


FIG. 3.

a = coiffe creuse ; b = cavité ; c = charge d'explosif ; d = relais ;  
e = détonateur ; f = amorce ; g = fusée ; h = tige de lancement.

de la grenade ayant un diamètre de 160 mm ; son poids est de 9 kg., sa longueur, y compris la tige de lancement, est de 935 mm. Le projectile comporte des ailettes de stabilisation et porte avec précision à 500 m.

Un modèle de petite dimension, construit de manière à peu près semblable, est tiré par le fusil de 8 mm. La grenade, d'un diamètre de 45 mm. environ, mesure 182 mm. de longueur

de la pointe de la coiffe à la base du culot ; la partie supérieure est en acier tandis que la queue, contenant les organes d'allumage, est en métal léger ou même en matière plastique, suivant les modèles. Pour tirer le projectile on adapte à sa base une tige amovible qui seule pénètre dans l'âme du fusil ; l'arme étant rayée, l'ensemble se trouve doté d'un mouvement de rotation assurant la stabilité pendant la course. La force de projection est fournie par une cartouche spéciale, sans balle, formant gargousse.

#### PROJECTILES A RÉACTION.

L'adoption de la propulsion par réaction est particulièrement intéressante ; car cette dernière permet de tirer de gros projectiles avec un matériel extrêmement léger et mobile. Toutes les armes construites sur ce principe comportent les mêmes organes : un long tube rayé assure le mouvement de rotation du projectile et lui donne sa direction initiale. Comme l'obus-fusée ne prend sa vitesse qu'après avoir quitté l'arme, le canon de cette dernière ne supporte que de faibles pressions ; il est donc à paroi mince et son affût, qui n'a plus de poussée à absorber, est très léger.

C'est dans cette catégorie d'armes qu'il faut classer le « Projector Infantry Anti-tanks » anglais, le « Panzerschreck » et le « Panzerfaust » allemands, le « Katiouchka » russe et les « Bazookas » américains.

Les caractéristiques de ces diverses armes sont jalousement gardées secrètes par leurs possesseurs ; nous ne pourrions donc que donner quelques renseignements généraux à l'exclusion de toutes précisions sur les charges propulsives, la mise à feu, la nature des projectiles.

## BAZOOKAS.

Le type lourd : le Bazooka M 20, d'un calibre de 75 mm., tire un obus de 6 kg. à 6 km. ; l'arme comporte un tube de 2 m. de longueur et un appareil de pointage très précis, vu la portée de l'arme, consistant en une lunette avec réticule analogue à celle que l'on trouve sur les appareils géodésiques courants. Le poids total de l'arme n'est que de 50 kg. répartis en deux « charges » aisément transportées par deux servants ; il est intéressant de relever que, pour un projectile de même calibre, le poids du canon de campagne est 20 à 25 fois plus élevé.

Pour tirer, l'arme est simplement appuyée sur un talus, un tronc, ou montée sur un trépied semblable à celui de notre mitrailleuse ; le tireur épaulé l'arme (qui n'a pas de recul) et vise au moyen de la lunette, le deuxième servant fonctionnant comme pourvoyeur et chargeur.

Le type léger : le M 18 est du calibre de 57 mm. ; il tire un projectile de 1,3 kg. à 3 km. L'arme comporte un tube de 1 m. 20 à 1 m. 30 de longueur et une lunette de pointage à réticule.

Le poids total de l'arme n'est que de 20 kg. et elle se prête aussi bien au tir couché qu'à celui dans les positions à genou ou debout. L'arme n'est pas épaulée comme un fusil ordinaire mais à la manière des premiers mousquets ou des vieilles arquebuses ; elle repose sur l'épaule, par l'intermédiaire d'une selle d'appui, la partie formant culasse et contenant le projectile dépasse dans le dos du tireur et équilibre ainsi le tube vide que l'homme maintient et dirige au moyen de deux supports fixés perpendiculairement entre eux et à l'axe du canon.

Le M 20 a été utilisé pour la première fois contre les Japonais en 1944 alors que le M 18 est entré en service en février 1945 contre les Allemands. Un dernier type, envoyant, à une vitesse doublée, des projectiles contenant deux fois plus d'ex-

plosif, a fait son apparition dans les dernières semaines de la guerre, mais sa portée pratique n'est que de 600 m. environ.

Ces armes sont servies par de petites équipes, qui, utilisant les couverts du terrain, constituent de véritables chasseurs de chars, mais, dans certains cas, il est utile de disposer de batteries de bazookas permettant une concentration de feu énorme. Les Américains ont résolu ce problème d'une manière fort simple en montant, sur un tank Sherman de série, un bâti supportant 60 bazookas M 20 ; le char conserve son armement habituel, sa tourelle est simplement surmontée d'une quadruple rangée de tubes horizontaux ( $2 \times 12$  et  $2 \times 18$ ) formant toiture. Les axes des pièces étant rigoureusement parallèles, il n'y a qu'un seul appareil de pointage ; quatre artilleurs suffisent pour le service des pièces et peuvent, grâce à des dispositifs spéciaux, tirer par salve, ou coup par coup, à la cadence d'un projectile toutes les demi-secondes ou toutes les deux secondes. On imagine sans peine la puissance de feu de ces automoteurs d'un nouveau genre, formes modernes des orgues de l'artillerie primitive ; groupés en batteries de quatre pièces, ils permettent, avec un personnel total de 25 à 30 hommes, de disposer de la puissance de 240 bouches à feu de 75 mm.

Il existe encore un modèle similaire, mais plus léger, constitué par l'assemblage d'une Jeep et de 12 bazookas M 18.

#### CONCLUSION.

En guise de conclusion, nous montrerons par le croquis de la figure 4 l'effet que produisent sur une plaque de blindage les divers projectiles à charge creuse.

Sur la face extérieure, au point d'impact du projectile, l'explosion creuse un léger cratère qui se prolonge par un trou cylindrique du diamètre de l'obus ; sur la face intérieure s'ouvre un nouveau cratère conique plus important que le premier. D'après les analyses des particules d'acier recueillies, il semble que, sous la haute température et la forte pression

des gaz dégagés, le métal est décarburé et perd de sa dureté. Les fragments du blindage constituent autant d'éclats qui mitraillent les organes moteurs et les occupants du char touché.

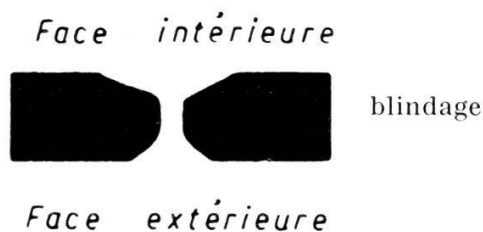


FIG. 4.

La puissance des projectiles à charge creuse, jointe à la légèreté et à la maniabilité des armes de lancement, signifient-elles le déclin du char ? Il serait téméraire de l'affirmer, mais un fait est acquis, c'est que l'application de ce principe nouveau constitue un progrès considérable dans la lutte contre les blindés, puisque les projectiles à charge creuse percent tous des cuirasses beaucoup plus épaisses que leur propre calibre.

Cap. A. BONIFACE.