Zeitschrift: Revue Militaire Suisse
Herausgeber: Association de la Revue Militaire Suisse
Band: 60 (1915)
Heft: 4

Artikel: Technique des explosifs
Autor: Senglet, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-339647

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

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

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

Download PDF: 15.07.2025

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

REVUE MILITAIRE SUISSE

LXe Année N° 4 Avril 1915

Technique des Explosifs.

1. HISTORIQUE.

Les anciens ne connaissaient pas les explosifs, c'est pourquoi ils avaient imaginé, pour l'attaque et la défense de leurs places, des machines, balistes et catapultes destinées à lancer sur l'ennemi des projectiles de natures diverses : flèches et balles métalliques, pierres et boulets, matières incendiaires attachées à l'extrémité des traits ou déposées dans des pots. On en voit déjà le dessin sur plusieurs monuments assyriens. Les Grecs en ont fait grand emploi, surtout depuis Alexandre; plus tard les Romains les ont perfectionnés.

Toutes ces machines, fondées sur la tension des cordes, avaient un caractère commun : elles se bornaient à mettre en œuvre la force humaine pour l'accumuler, par un système de bras de leviers dont la détente subite communiquait au projectile l'impulsion nécessaire. On conçoit la révolution qui s'est produite dans l'art des guerres, le jour où cette force purement mécanique fut remplacée par le seul ressort d'une énergie chimique.

La découverte des explosifs ne s'est pas faite dans ce but, mais par une lente évolution. C'étaient d'abord de simples brandons lancés par les catapultes pour enflammer les navires ou les camps ennemis. Aussi la légende s'accordant à attribuer la découverte de la poudre au moine bénédictin Schwartz (1334) est-elle démentie par les récits antérieurs. En l'an 660, Kallinikos d'Héliopolis utilisa pour la défense de Constantinople, un mélange combustible qu'il lançait dans les ouvrages ennemis.

Ces « feux grégeois » ont été employés pendant plusieurs siècles par les anciens ; ils se composaient de goudron, de

soufre et de cire. L'usage du salpêtre ne vint qu'au XIIIe siècle, quoique cette substance fût déjà connue des Arabes au VIIIe siècle. Il est démontré que les feux grégeois ont été utilisés dans un but incendiaire seulement et non comme moyen de propulsion pour les projectiles. On se servait à cet effet de pierres évidées ou d'ustensiles percés de trous qui, lancés par les catapultes après inflammation, sautaient en l'air ou mieux incendiaient les buts.

Des récits très intéressants ont paru au XIIe et XIIIe siècles au sujet de ces pots : Mailla et Glaubil ont traduit du chinois un récit datant de 1232 concernant le siège de Pian-King et de Lo-Yang où l'on employait le tonnerre dans des pots de fer; ces projectiles étaient capables de transpercer des cuirasses. Des histoires analogues ont été rapportées par Rachid-Eddin, Marco Polo, Joinville, Almarco, etc.

Marcus Graecus, dans son *Liber ignium ad comburendos hostes*, a donné une recette pour son « *ignis volatilis* » (salpêtre 66 $^{2}/_{3}$, charbon 22 $^{2}/_{9}$, soufre 11 $^{1}/_{9}$). Cela ressemble beaucoup à notre poudre noire actuelle. Les Anglais, se basant sur un manuscrit du British Museum, croient que Bacon a inventé ou tout au moins connu la poudre, mais on pense généralement qu'il s'agissait là aussi d'une simple grenade incendiaire.

En 1326, Libri, à Florence, aurait construit des canons métalliques et des boulets en fer forgé. Le 26 août 1346, à la bataille de Crécy, les Anglais et les Français ont utilisé des canons, c'est leur première apparition sur les champs de bataille.

Ce n'est cependant que 500 ans plus tard que la poudre noire devint d'un usage général pour les armes à feu et les mines.

En 1845, grand émoi par la découverte du fulmicoton par Schönbein, de Bâle. Précédemment, Baaconnot et Pelouze avaient, il est vrai, signalé les propriétés de quelques corps nitrés.

En 1846, un assistant de Pelouze nitra la glycérine et nomma le produit obtenu pyro-glycérine. Ce n'est qu'en 1863 que le Suédois Nobel eut l'idée de reprendre des expériences sur la pyroglycérine et obtint la nitroglycérine, substance liquide visqueuse, dangereuse à cause de son instabilité. Elle fut la cause de nombreux accidents, c'est pourquoi on ne put l'utiliser sous

cette forme. Après de nombreuses recherches, Nobel eut l'idée d'absorber la nitroglycérine dans une substance inerte telle que la brique pilée ou des terres siliceuses (Kieselguhr, randanite) ; il obtint ainsi la dynamite, beaucoup moins dangereuse. On allumait la dynamite au moyen de poudre noire, mais Nobel obtint des résultats supérieurs par l'emploi du fulminate de mercure. Depuis, l'usage de ce corps est devenu général comme détonateur pour la dynamite, le fulmicoton, etc. Les accidents causés par la dynamite conduisirent Nobel à l'idée de combiner la nitroglycérine au fulmicoton : c'est ainsi qu'il obtint la gélatine explosive, beaucoup plus stable que la dynamite. Cet explosif peut être employé sous l'eau ou à l'humidité sans perdre de nitroglycérine, comme c'est le cas pour la dynamite.

Les chimistes recherchèrent des explosifs encore plus puissants ; c'est ainsi que leur attention se porta sur l'acide picrique et ses dérivés. Cet acide était connu en 1771 comme colorant pour teindre la soie en jaune. Le picrate de potassium fut employé en 1867 pour remplir des bombes. En 1887, Turpin, de Paris, employa l'acide picrique fondu et compressé, ou en combinaison avec le collodion, pour remplir des grenades. Le gouvernement français emploie ce produit sous le nom de mélinite. En 1886, Vieille découvrit les poudres sans fumée en dissolvant le fulmicoton et l'acide picrique dans l'éther. Le professeur Hebler, de Zurich, et le major suisse Rubin (1885) ont fait beaucoup de propagande pour l'emploi des petits calibres de fusils et le fulmicoton comme poudre, au lieu des gros calibres à poudre noire, utilisés jusque là. L'Anglais Dewar prépara la cordite utilisée dans l'armée anglaise, en dissolvant des celluloses nitrées dans de l'acétone en combinaison avec de la nitroglycérine.

Ce sont les explosifs à base de nitrocellulose qui sont employés avec quelques modifications dans presque toutes les armées.

2. GÉNÉRALITÉS.

L'explosion.

C'est un dégagement spontané de gaz ou de vapeur.— Nous en avons une foule d'exemples dans la vie journalière. La vapeur de benzine mélangée à l'air atmosphérique explose au contact

d'une étincelle électrique et la pression dégagée fait mouvoir les pistons d'innombrables moteurs. —

Le gaz d'éclairage, les vapeurs de pétrole, d'esprit-de-vin, etc., mélangés à l'air ont provoqué bien des malheurs en faisant sauter des immeubles. Dans les mines, le grisou est la terreur des ouvriers et des ingénieurs.

Toute rupture d'un récipient n'est pas nécessairement due à une explosion, ainsi des bombes en fonte épaisse remplies d'eau et plongées dans un mélange de glace et de sel marin (— 18°), présentent des fragments ressemblant à ceux produits par une explosion. La dilatation de l'eau se congelant a produit la rupture des parois du récipient sans un dégagement gazeux quelconque. Il en est autrement d'une locomotive ou d'un tube d'acide carbonique liquide faisant explosion ; là nous avons dégagement spontané de vapeur ou de gaz. Dans ces derniers exemples, il n'y a cependant pas eu de réaction chimique ; nous distinguerons donc deux cas : ceux où l'explosion est due à une rupture de parois trop faibles pour contenir un gaz ou une vapeur, et ceux qui sont dus à une réaction chimique.

Ce dernier cas seul nous occupera, car il comprend l'étude de tous les explosifs modernes.

Toute réaction chimique se faisant spontanément avec flamme et grand dégagement calorifique, présentera les caractères d'un explosif sans en être nécessairement un ; il faut avoir en même temps un grand dégagement gazeux : ainsi une réduction d'oxyde de fer par aluminothermie (méthode employée journellement pour la soudure autogène des rails de tramways), présente tous les caractères d'un explosif brûlant à l'air libre, sans toutefois dégager la moindre parcelle de gaz ; ici tous les produits de la réaction seront solides ou liquides.

$$Fe_2\,O_3 + 2\,Al = Al_2\,O_3 + 2\,Fe + 380 \text{ calories.}$$

Comme le montre la formule, il y a simple transport de l'oxygène de l'oxyde de fer à l'aluminium. En aucun cas une réaction semblable ne peut fournir une explosion.

Les explosifs.

Ce sont des mélanges ou composés chimiques capables de

se transformer en donnant lieu à un dégagement très rapide d'une grande quantité de gaz à haute température.

Selon la vitesse de décomposition d'un explosif on distingue deux cas :

a) Vitesse relativement modérée, la décomposition à l'allure d'une *combustion* ou *déflagration*. Les matières de cette catégorie sont, le plus souvent, dénommées *poudres* ; elles sont seules susceptibles d'un emploi dans les armes, ce sont les explosifs *chassants*.

b) Quand la décomposition est extrêmement rapide, la transformation est presque instantanée et se transmet à la masse, non par combustion simple, mais par la propagation d'une sorte de choc, dû au phénomène appelé *onde explosive* ; on dit alors qu'il y a détonation : ces explosifs sont dits *détonants* ou *brisants*. Communément on les appelle *explosifs* par opposition aux poudres utilisées pour leurs propriétés ballistiques.

Certaines substances peuvent d'ailleurs présenter les deux genres de décomposition (déflagration ou détonation), suivant les conditions de leur emploi.

La décomposition explosive a toujours pour origine l'intervention d'un excitateur plus ou moins énergique. Celui-ci peut être un corps chaud ou en ignition, mis en contact avec l'explosif, une élévation brusque de température, un frottement, un choc direct (marteau, etc.) ou même indirect produit par l'onde explosive émanée d'une amorce. Dans certains cas la lumière, c'est-à-dire l'action de ses rayons ultra-violets peut entraîner de violentes explosions en amenant la combinaison de deux corps. C'est le cas pour un mélange de chlore et d'hydrogène. A l'obscurité, ces éléments se combinent très lentement, mais à la lumière il y a combinaison brusque avec grand dégagement calorique. Le produit obtenu est l'acide chlorhydrique.

Chaleur et force dégagées.

Lorsqu'on examine le pouvoir calorifique d'un explosif, on est étonné de constater le peu de chaleur dégagée en regard de celle que fournissent les combustibles ordinaires. Ainsi un kilogramme de pétrole fournit en brûlant 12 000 calories, la

même quantité de houille fournit 8000 calories, le bois sec 3500 à 4000 calories, tandis qu'un kilogr. de dynamite ne donne que 1300 calories. L'énergie latente des explosifs est loin d'être aussi grande qu'on se plaît à le croire ordinairement ; comme combustible, leur rendement est misérable, mais ce qui fait leur force et leur utilité, c'est leur faculté d'agir pendant un temps très court. Ainsi, 1 kg. de nitroglycérine fournit en se décomposant 1600 calories, soit 650 000 kilogrammètres pendant

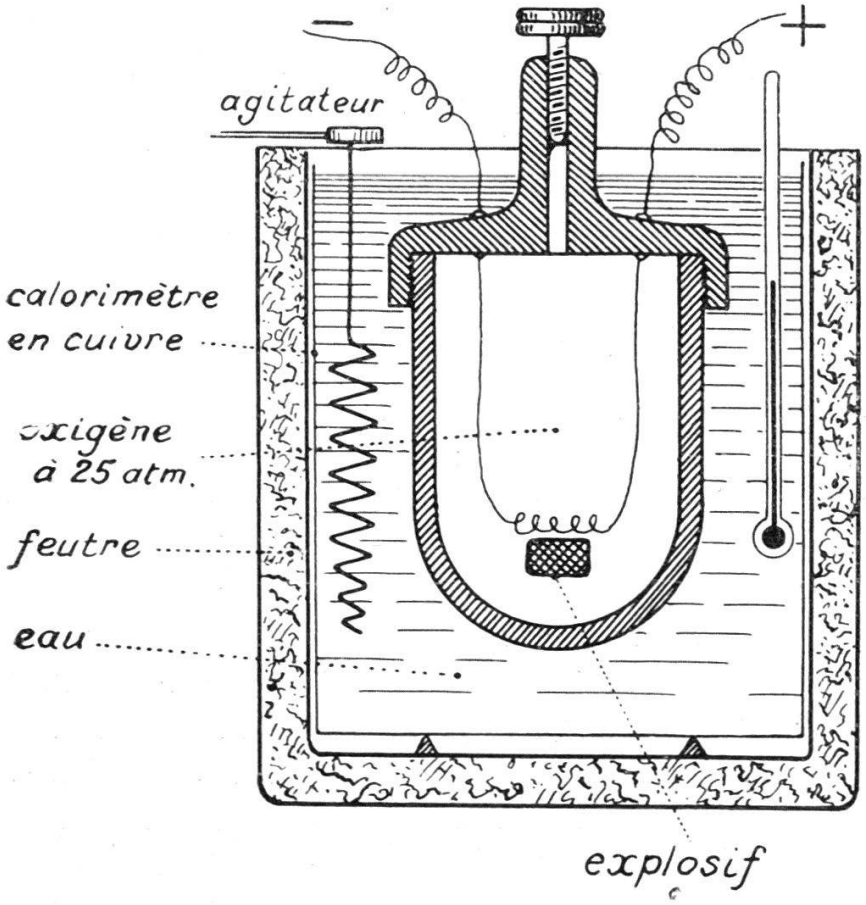

Fig. 1. — Bombe calorimétrique de Berthelot.

un millième de seconde, ce qui fait 8 660 000 HP., donc une force égale à celle du Niagara.

L'énergie d'un explosif dépend donc uniquement de son pouvoir calorifique.

Pour les essais, on se sert de la bombe calorimétrique de Berthelot (fig. 1) ; c'est un cylindre de métal à parois épaisses, fermé aux deux extrémités, dont l'une par un couvercle se vissant sur le cylindre. Le corps à examiner est placé à l'inté-

rieur du cylindre, qui est lui-même dans une enceinte d'eau à température constante. Le courant électrique, portant une spirale de platine à l'incandescence, fait brûler l'explosif, qui communique sa chaleur aux parois du cylindre et à l'eau. On lit au thermomètre l'accroissement de température et calcule le pouvoir calorifique du corps examiné.

$$425\ Pn = E\ Kgm.$$

Le calcul et des appareils spéciaux permettent de connaître les pressions produites ainsi que la vitesse de réaction. Le tableau suivant donne le nombre de calories et l'énergie déployées par kilogramme de substance :

Gélatine explosive ..	1640	calories	700 000	kgm.
Nitroglycérine	1580	»	670 000	»
Dynamite 75%	1300	»	550 000	»
Fulmicoton	1100	»	465 000	»
Mélinite	810	»	345 000	»
Fulminate	410	»	175 000	»

On voit par ces chiffres que le fulminate et la mélinite ne

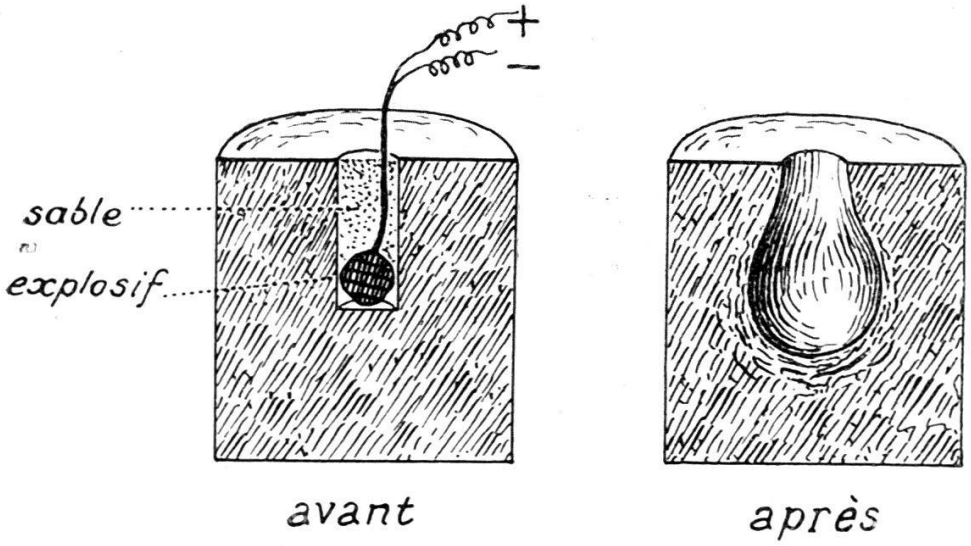

Fig. 2. *Bloc de Trauzl.* *Fig. 3.*

doivent leur emploi qu'à leur brisance, c'est-à-dire à leur vitesse de décomposition extraordinairement rapide.

De nombreux essais et d'innombrables expériences sont nécessaires pour éprouver un explosif.

Pour comparer l'effet de plusieurs explosifs, on se sert avec avantage du bloc de plomb de Trauzl (fig. 2 et 3) par

différence de volume, on se rend compte de l'effet de la substance à essayer.

Dans certains cas, des explosifs éclatent avec une pression très forte et même infinie $\left(p = \frac{R\,T}{v - b} \text{ quand } v - b = o, p = \infty\right)$.

Il faut pour cela que le corps soit entièrement enfermé et sous une certaine densité de chargement.

Le fulminate de mercure sous d = 4,42 environ ferait immanquablement sauter le récipient dans lequel on l'enfermerait.

La sensibilité à la chaleur est étudiée aussi, au point de vue de la sécurité, en échauffant progressivement l'explosif et en déterminant la température à laquelle il s'enflamme ou décrépite.

Fulmicoton	183° — 186°
Nitroglycérine	160° — 220°
Dynamite	180° — 200°
Fulminate	160° — 165°

Selon la température, la nitroglycérine, par exemple, peut simplement brûler ou détoner. Une intéressante expérience consiste à la faire tomber goutte à goutte sur une plaque d'aluminium chauffée au bec Bunsen, il se produit une flamme à l'arrivée de l'explosif, mais lorsque la température diminue, l'explosif détone avec une violence extrême.

Des essais très minutieux sont encore faits pour éprouver la sensibilité au choc, au frottement, à l'humidité, au froid, etc. Toutes ces données forment les caractéristiques des explosifs ; elles permettent leur détermination et indiquent l'usage qu'on peut en faire, elles sont le complément indispensable de l'analyse chimique.

Propagation de l'explosion.

Dans les poudres, la propagation a lieu par contact, l'allumage en un point dégageant assez de chaleur pour porter les parties voisines à la température où la réaction commence. Cette combustion est éminemment favorable au développement graduel de la pression dans les bouches à feu et permet d'obtenir des vitesses de propulsion des projectiles considérables, sans fatigue excessive du matériel. En pratique, chaque brin de

poudre brûle sensiblement pendant la durée du parcours du projectile dans l'âme, c'est-à-dire pour les grosses pièces d'artillerie environ 1/10 de seconde. L'amorçage d'une poudre est un allumage portant autant que possible sur toute la surface à la fois.

La propagation de la détonation d'un explosif s'effectue différemment et beaucoup plus vite. La réaction déclanchée en un point produit l'onde explosive dont nous avons parlé au début. Cette onde se transmet avec une très grande rapidité à chaque parcelle d'explosif qu'elle rencontre. L'espace occupé par l'explosif peut même présenter des lacunes ; si celles-ci ne sont pas trop considérables, la détonation se transmet par *influence*. La vitesse de l'onde, mesurée au moyen de longs tubes remplis de l'explosif à examiner et amenant la rupture de deux circuits électriques est d'environ 1000 à 8000 mètres par seconde ; elle est très supérieure à la combustion des poudres. L'explosion par influence peut même se transmettre à plusieurs mètres. En 1895, le bateau *Elisabeth*, à Schurpoll, sur le Rhin, sautait avec un chargement de 18 680 kg. de dynamite, elle provoqua l'explosion par influence d'une brouette contenant 150 kg. de dynamite se trouvant à 22 mètres de la rive ; par contre, une autre brouette se trouvant à 20 mètres plus loin n'a pas explosé.

A part les poudres colloïdales, tous les explosifs sont plus ou moins sensibles au choc.

3. COMPOSITION ET FABRICATION DE QUELQUES EXPLOSIFS.

L'*acétylène* détone sous l'action du fulminate ou d'un fil incandescent quand il est comprimé à 2 atmosphères au minimum ($C_2 H_2 = C_2 + H_2 + 61{,}4$ Cal) ; liquide, il constitue un explosif dangereux (type d'explosion par dissociation).

Nitroglycérine.

On fait couler lentement la glycérine dans un mélange d'une partie d'acide nitrique à 48° B et de deux parties d'acide sulfurique à 66° B. Le tout dans un grand bac en plomb refroidi par des serpentins à eau, car la température ne doit pas atteindre plus de 30°. L'explosif huileux se rassemble au-dessus

des acides ; on le sépare par décantation et le lave soigneusement. C'est une fabrication dangereuse, qui doit être effectuée dans des appareils soigneusement étudiés et en employant des produits très purs.

Les chocs doivent être évités, les moindres peuvent occasionner de formidables explosions. C'est pourquoi on n'utilise plus cet explosif seul, mais en combinaison avec d'autres corps. C'est un des explosifs les plus puissants connus à ce jour.

Nitrocellulose ou fulmicoton.

Le coton (environ 1 kg.) est trempé quelques minutes dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, puis retiré au moyen d'une fourche, passé à la presse hydraulique pour chasser le bain acide et lavé dans un courant d'eau. Le coton en poudre sec détone soit par amorce, soit au choc (fer contre fer), humide à 25 %, il constitue un explosif de sûreté qui ne détone qu'au contact de fulmicoton sec.

Il sert de base aux explosifs modernes.

Trinitrotoluène ou Trotyl.

S'obtient par nitration du toluène. Ce sont des cristaux fondant de 77° à 79°. Pour les obus, on emploie un produit très pur, recristallisé ; il se présente alors sous l'aspect de jolis cristaux jaune clair fondant à + 81°. Cet explosif ressemble à l'acide picrique, tout en ayant l'avantage sur ce dernier d'être insensible au choc ; il faut de fortes amorces pour le faire détoner.

Acide picrique ou Mélinite ou Lyddite.

Ce sont des cristaux jaunes attaquant les métaux, surtout le fer et le plomb, pour former des picrates très sensibles au choc. C'est pourquoi on doit étamer les obus chargés à la mélinite, car l'étain n'est pas attaqué par lui, ainsi que l'aluminium (ogives d'obus).

C'est un explosif très brisant, son onde explosive se propage avec une vitesse de 7500 m. par seconde. Fondu et comprimé, il est beaucoup plus stable. Cet explosif présente certaines difficultés techniques pour sa fonte dans les obus.

Fulminate de mercure.

Sel obtenu par l'action de l'alcool sur une solution de nitrate de mercure dans l'acide nitrique. Il détone au moindre choc. On l'utilise pour les amorces.

Poudre noire.

78 % de salpêtre, 10 % de soufre, 12 % de charbon.

Autrefois utilisée comme poudre de guerre et de chasse. Aujourd'hui pour les mines et fusils de chasse seulement.

Poudre au chlorate de potassium.

En mélange avec le soufre et le charbon, ou mieux avec le sucre, on obtient des explosifs très brisants. Ces poudres, très dangereuses, ont été étudiées par Turpin, qui a cherché à atténuer le danger du choc en enrobant le chlorate dans du goudron.

La *Cheddite* est une poudre au chlorate de potasse enrobée dans une solution de nitrotoluène dans l'huile de ricin.

Utilisée pour les travaux de mines.

Dynamite.

Elle est composée de 75 % de nitroglycérine absorbée dans 25 % de Kieselguhr broyé. C'est un explosif puissant, mais dangereux. Sous l'eau, la terre poreuse abandonne la nitroglycérine pour absorber l'eau.

Les *nitrogels* ou *gélatines explosives* sont des mélanges de nitroglycérine et de fulmicoton ; ils résistent aux chocs ordinaires, mais non aux balles de fusils. Leur résistance à l'humidité est très grande. A l'air, ils brûlent sans exploser. Les avantages de ces explosifs sur la dynamite sont donc très grands ; en outre, leur puissance est augmentée par la suppression de substances inactives comme les terres poreuses.

La *Cordite* est composée de 65 % de nitrocellulose, de 30 % de nitroglycérine et de 5 % de vaseline. On l'utilise dans l'armée anglaise.

Les poudres sans fumée.

Elles sont utilisées dans presque toutes les armées ; leur composition varie très peu (98 % de fulmicoton, 1 % d'acétone et environ 1 % de sels minéraux et d'humidité).

La nitrocellulose, finement pulvérisée, est séchée à haute température, puis à l'alcool. On la triture ensuite avec le solvant dans des sortes de pétrisseurs mécaniques. La pâte obtenue est réduite en rubans qui ont un aspect corné (après élimination du solvant). Au moyen de machines spéciales, ces rubans sont coupés soit en bâtonnets, soit en petites plaques carrées. Ceux-ci sont peu mobiles et forment une masse capable de présenter certains dangers à cause de phénomènes électrostatiques produits par leur frottement en les agitant (cartouches). Ces inconvénients sont évités en soumettant ces fragments au polissage et au graphitage, ceci en les faisant tourner dans des tambours spéciaux. La poudre est alors prête à être utilisée.

4. UTILISATION DES EXPLOSIFS.

D'après ce qui précède, on déduira facilement l'emploi qui peut être fait de chaque explosif.

Pour chasser les projectiles quels qu'ils soient, on emploiera les poudres ; pour détruire, qu'il s'agisse de mines, de torpilles ou d'obus, on se servira d'explosifs brisants.

Cartouches de fusils.

Celles-ci sont connues : une amorce de fulminate enflamme la poudre par deux ouvertures de feu, les grains ou paillettes de fulmicoton brûlent sensiblement pendant le trajet du projectile dans le canon. La poudre sans fumée est suffisamment stable et supporte les pressions de 2500 à 3000 atmosphères en se consumant sans passer à la détonation, qui briserait l'arme. La charge varie entre 2 et 3,2 gr. de fulmicoton.

Le projectile, généralement pointu, est simple ; il existe cependant des balles explosibles, qui constituent de véritables obus en miniature [1].

Qu'il s'agisse de fusils ou de canons, le rendement mécanique est assez mauvais, puisqu'il atteint 25 à 30 % de l'énergie fournie par la poudre employée. Il y aurait donc ici quelques progrès à faire.

[1] Voir : « Les balles explosibles autrichiennes », Dr R.-A. Reiss. *Revue militaire suisse*, février 1915.

Obus et schrapnells [1].

Le schrapnell ou obus à balles vise surtout l'infanterie, tandis que l'obus à trotyle ou à mélinite atteint les obstacles matériels et s'attache à démonter l'artillerie ennemie.

Qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre, il est muni d'une grande douille métallique contenant la poudre (fulmicoton) et à l'extrémité supérieure de laquelle a été serti le projectile. (Ce sertissage se fait au dernier moment pour les pièces à charges variables.)

Au culot est fixée l'amorce qui contient le fulminate. L'enveloppe de l'obus explosif est fabriquée en acier embouti à chaud ; elle est renforcée au culot pour résister au choc du départ et à l'extrémité de l'ogive pour assurer la pénétration ; comme tous les projectiles des canons modernes, l'obus porte extérieurement une ceinture de cuivre qui assure l'obturation complète du canon et qui en se moulant dans les rayures détermine le mouvement de rotation ; l'intérieur (étamé dans le cas de l'acide picrique), est rempli d'explosif fondu (mélinite, trotyle, etc.). L'ogive se termine à sa pointe par la fusée qui assure l'explosion. C'est le choc contre l'obstacle qui va dans le cas présent mettre le feu aux poudres, mais l'explosion serait médiocrement efficace si elle se produisait au moment du choc : il faut donner au projectile le temps de pénétrer à l'intérieur de l'obstacle, et c'est alors seulement que l'explosion projetant de toutes parts les débris accomplira un travail utile ; à cet effet, le choc n'enflamme l'explosif que par l'intermédiaire d'une poudre porte-retard qui brûle avec une lenteur relative. En rase campagne, l'obus peut sous un certain angle rendre des services, car il fait ricochet et explose en l'air (de même en forêt). Quand il pénètre en terre, ses effets sont bien diminués.

L'instrument par excellence de la guerre actuelle est l'obus à balles inventé jadis par le commandant allemand Schrapnell ; toutes les nations l'ont adopté. L'ensemble des balles et poudre est soumis à une forte pression avant d'être vissé à l'ogive qui contient la spirale fusante réglant l'explosion. Elle s'allume automatiquement au départ du coup par un percuteur projeté violemment en arrière par inertie.

[1] Voir Houllevigue : « Le canon de 75 ». *Revue de Paris*, décembre 1914.

L'explosion se produira sans obstacle et arrosera le champ de bataille de balles et de fragments d'acier. Les blessures sont généralement très graves, mais il arrive aussi que les hommes meurent par le choc traumatique de l'onde aérienne née de l'explosion ; d'autres sont asphyxiés ou vivement incommodés par la respiration des vapeurs nitreuses mises en liberté par la décomposition de l'explosif.

Certains obus peuvent être réglés de façon à sauter au moindre choc : un obstacle tel qu'un câble ou une poulie suffit pour déclancher instantanément l'explosion. Les Japonais ont fait usage de ces engins à la bataille de Tsoushima [1].

De même, les schrapnells possèdent une fusée dite percutante, qui provoque l'explosion par contact avec le but. Nos fusées de schrapnells sont à double effet, c'est-à-dire qu'elles permettent de faire sauter le projectile en un point quelconque de sa trajectoire, tout en assurant l'éclatement à l'arrivée.

* * *

Ces morts par choc de l'onde explosive ont beaucoup étonné; dans l'air, la vitesse du son est de 330 mètres par seconde ; d'autre part, nous avons vu que la vitesse de l'onde explosive pouvait atteindre 7 à 8000 mètres par seconde ; l'air agit donc comme une substance incompressible dans une certaine zone d'éclatement et tue comme un solide, en écrasant les vaisseaux sanguins superficiels.

Torpilles et mines sous-marines.

Elles sont généralement chargées en coton-poudre comprimé humide, qui moule l'intérieur fusiforme de la torpille; au centre, suivant l'axe, se trouve du fulmicoton sec avec une amorce de fulminate.

Pour la défense des rades, on a de gros engins de fonte contenant jusqu'à 200 kg. d'explosif ; on les amorce par contact électrique depuis un ou plusieurs postes d'observation aux environs. Le rayon d'action est d'environ 18 mètres. A cette

[1] Commandant de Balincourt : *L'Agonie d'un cuirassé.* Notes du commandant Séménof, p. 68. Paris 1912 (4e édit.).

distance, l'onde explosive seule faisant bélier sur l'eau suffit à éventrer un navire.

Les torpilles mouillées sont mises à l'eau seulement en temps de guerre par les navires porte-mines ; elles sont ancrées entre deux eaux ; c'est le contact des navires qui amorce l'explosif. Le détonateur le plus connu est celui à action chimique ; la rupture d'un tube d'acide sulfurique amène l'inflammation d'un mélange de chlorate de potassium et de sucre, qui détermine l'explosion de la charge, comportant ici environ 50 kg. de fulmicoton. Les torpilles automobiles portent leur charge à la partie antérieure, environ 150 kg. de fulmicoton. (La partie centrale est occupée par une chambre à air comprimé qui fournit l'énergie au moteur qui occupe la partie postérieure de l'appareil.) L'explosion a lieu par contact avec la coque du navire visé.

Bombes et grenades.

Ce sont des engins ayant une charge de 150 gr. à 10 kg., contenant du fulmicoton ou plus souvent un explosif brisant (chédite, dynamite, mélinite, etc.). Elles explosent soit par allumage préalable d'une mèche (allumage direct ou par frottement), soit au choc à l'arrivée ; dans ce dernier cas, l'allumage par acide sulfurique et chlorate est le plus souvent employé. Beaucoup de ces engins sont utilisés actuellement, depuis les petites grenades à main jusqu'aux grandes bombes coniques des aéroplanes [1] ou zeppelins.

On rapporte que certains de ces engins peuvent être envoyés par le fusil : la bombe est placée au bout de l'arme, appuyée au bord de la tranchée à 45° ; l'homme tire en employant une cartouche dépourvue de projectile. D'innombrables mortiers et engins démodés sont employés pour lancer des explosifs aux courtes distances qui séparent les tranchées franco-allemandes.

Mines souterraines et pétards.

Très utilisées dans l'industrie, actuellement très courantes pour détruire les tranchées ou les œuvres d'art.

Elles consistent en des trous ou quelquefois en véritables chambres remplies d'explosif. Le tirage se fait par l'étincelle

[1] Ces dernières sont souvent à base d'air liquide.

électrique, par cordeaux détonants, par mèches, par inflammation chimique, etc. Elles servent à détruire des tunnels, des ponts, des lignes de chemins de fer, des routes, à abattre des arbres, etc. ; des sortes de pétards contenus dans des boîtes permettent de briser des grosses poutres, placées en couples ; ils permettent de couper des rails ou poutrelles de fer; dans les obstacles en fil de fer ils arrachent les piquets et sectionnent les fils. Aux environs de fortifications, des mines souterraines explosent automatiquement, par allumage chimique lors du passage de troupes, d'autres ne sautent que par allumage électrique depuis certains postes d'observation. Il est fait un large usage de tous ces engins dans la guerre actuelle.

5. AVENIR DES EXPLOSIFS.
PEUVENT-ILS FAIRE DÉFAUT DANS LA GUERRE ACTUELLE ?

Pouvons-nous améliorer le rendement des explosifs [1] ? Etant donnés les constituants, il est facile de calculer l'énergie calorifique et le volume gazeux dégagé par un système ; nous pourrons donc voir s'il est encore possible de trouver un explosif extraordinaire capable de modifier la guerre moderne, en donnant un avantage à l'un ou à l'autre des belligérants.

Les réactions explosives utilisées rentrent toujours dans la catégorie des réactions dites de combustion entre un comburant et un combustible. Ainsi que nous l'avons indiqué, ces deux éléments peuvent être rapprochés par le mélange intime de deux ou de plusieurs substances, ou coexister à l'intérieur d'une molécule unique. La double condition de donner le plus de gaz possible et une chaleur de combustion élevée va limiter bien vite la nature des constituants.

Les produits de l'explosion devront être gazeux et le moins denses possible, ou, ce qui revient au même, leur masse moléculaire aussi petite que possible. Le comburant le plus avantageux sera donc l'oxygène. Exceptionnellement employé en nature (bombes d'aéroplanes), il sera combiné à l'azote ou au chlore. Quant aux éléments combustibles, ce sera, par ordre de poids, l'hydrogène, le carbone et le soufre, dont les produits de combustion sont l'eau, l'oxyde de carbone, le gaz carbonique et le gaz sulfureux.

[1] Voir lieutenant B. : « La chimie de la guerre. » *Revue de Paris*, février 19 5.

On voit donc que, pour avoir un explosif modèle, il faut de l'hydrogène, du carbone, de l'oxygène et de l'azote. C'est en effet ce qui se fait de mieux.

En raison même de la nature des choses, *il est bien difficile de créer un explosif beaucoup plus puissant que ceux déjà connus et employés.*

(Le mieux serait un mélange d'acétylène et d'ozone liquide, mais c'est pratiquement impossible.)

On remarque, du reste, peu de différence entre les divers explosifs ; un cuirassé fera même cas de torpilles chargées à la mélinite, au fulmicoton, à la dynamite gomme ou au trotyle.

Le matériel canon serait du reste vite mis hors d'usage par l'emploi de poudres plus fortes à température plus élevée. Nous pensons que nous sommes arrivés au bout des possibilités pour le matériel « explosion ». L'addition de gaz toxiques à un explosif très brisant, comme l'on prétend que c'est le cas pour la dite « Turpinite », peut avoir un certain effet, mais ce n'est pas là une augmentation de force explosive.

La *consommation des explosifs* est énorme ; chaque jour, des milliers de canons et des millions de fusils décomposent plusieurs tonnes de ces substances, mais les matières premières sont aussi très répandues.

En ce qui concerne la prétendue pénurie d'explosifs que créerait le blocus des nations germaniques par les marines alliées, d'après de nombreux calculs, elle paraît sans fondements sérieux. L'Allemagne manque certainement ces temps d'acide nitrique, le salpêtre du Chili lui faisant défaut, mais il lui sera possible d'en produire sous peu en quantité suffisante, soit au moyen de l'air atmosphérique[1], comme c'est le cas en Norvège et chez nous, à Chippis, soit par l'ammoniaque. Les grandes usines d'ammoniaque synthétique de Ludwigshaven sont en train de s'agrandir considérablement ; d'autres usines pourront se créer ; en outre, les Allemands possèdent en Belgique les usines de Vilvorde, qui depuis quelques années fabriquent l'acide nitrique par le procédé Ostwald [2].

[1] Voir A. Bonna, *Journal de Genève*, 15 février 1915.

[2] Voir H. Détraz, *Journal de Genève*, 10 février 1915 : « L'acide nitrique en Allemagne. »

Les réserves de coton pour explosifs sont ou seront épuisées assez rapidement, mais il en reste une immense quantité dans les vieux habits qui constituent un approvisionnement énorme, le linge usagé fait de la poudre excellente. Le lin, le chanvre et le papier peuvent du reste être nitrés Quant à l'alcool et l'éther, ils ne manqueront pas. Le toluène, le benzène, l'acide picrique, etc., qui servent à la confection des explosifs, ne manqueront pas non plus, puisqu'ils proviennent de la distillation du goudron de houille, très répandu en Allemagne, vu le développement de l'industrie du coke et du gaz.

* * *

Telles sont, brièvement résumées, quelques questions concernant ce sujet prodigieusement vaste des explosifs modernes.

Ceux-ci n'ont jamais atteint une aussi tragique importance, et jamais on ne les a étudiés avec autant d'intérêt. Il en résultera forcément plusieurs progrès scientifiques et industriels, tant au point de vue pyrotechnique qu'au point de vue métallurgique.

Lieutenant R. SENGLET.

Comment on viole les neutralités perpétuelles [1].

On peut discuter, et l'on discutera, la portée stratégique de l'attaque allemande par le Luxembourg et par la Belgique ; on discutera de même l'ampleur donnée au mouvement de l'aile droite ; on se demandera s'il n'eût pas mieux valu le retenir à l'est de la Meuse belge. Ce sont objets qu'il faut réserver à l'histoire documentée. En revanche, une chose est d'ores et déjà hors de contestation, la violation des neutralités luxembourgeoise et belge a été, de la part des Allemands, une lourde, une

[1] La majeure partie du présent article n'est pas inédite pour les lecteurs de la *Revue militaire suisse*. Il a paru utile néanmoins, et opportun, de réunir les fragments qui le comprend et qui ont été publiés en divers lieux et à des dates différentes. On obtiendra ainsi un exposé plus cohérent, qui se trouvera rapproché, dans le volume de 1915, des chroniques suisses consacrées à la question de la neutralité. Cet ensemble de commentaires constituera, à la fin de l'année, une documentation à laquelle les jeunes officiers pourront recourir, le cas échéant, pour leurs théories à leurs soldats. *(Réd.)*