

Le canon est le ténor du théâtre de la guerre et au temps où nous vivons on s'occupe tellement de ténors de toute sorte qu'il nous faut en parler.

Lucien Huard (Les canons, procédés de fabrication)

Introduction

Des domaines qui ont bénéficié des progrès lors de la décennie 1850 – 1860, l'artillerie de marine est peut-être l'un de ceux qui en a le plus profité. Certes, les recherches visant à toujours tirer plus loin et plus précisément des projectiles plus destructeurs avaient commencé avant ces dates. Mais la guerre de Crimée a contribué à accélérer les expériences. En dix ans, l'artillerie aura progressé bien plus qu'en plusieurs siècles. Pour se donner une idée, il suffit de regarder les ordonnances concernant les fabrications des canons. Au moment de l'entrée en guerre contre la Russie, c'est celle du 24 avril 1837 qui est appliquée pour la fabrication ces bouches à feu. Les progrès sont tels que le 9 février 1859, une autre doit la remplacer. Mais à peine est-elle éditée qu'une instruction vient apporter des compléments (concernant le fretage des pièces), elle-même complétée par une autre instruction le 6 juin 1860. Finalement celle du 5 novembre 1860 remplace les deux précédentes. Par la suite il faudra attendre les conséquences de la guerre de 1870 pour voir de nouveau, une valse des règlements.

Vocabulaire

Avant d'entamer ce chapitre, il apparaît nécessaire de préciser certaines données.

Glossaire :

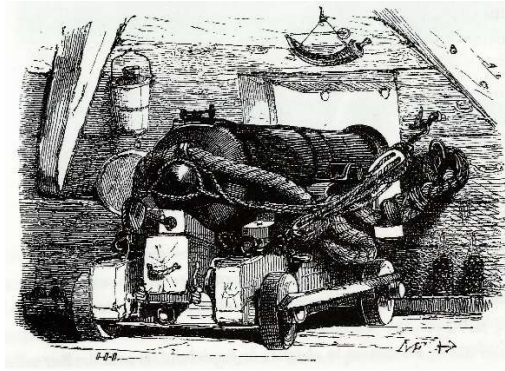
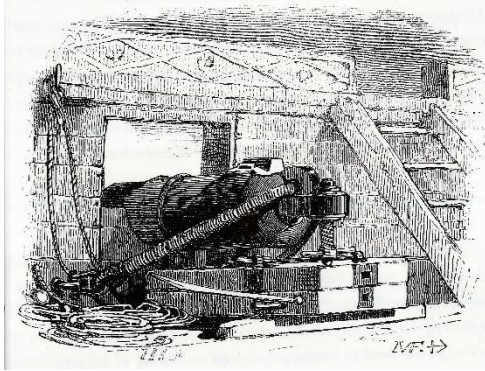
Ame, ou le vide intérieur, cylindre terminé dans le canon en fonte par un hémisphère, et dans celui en bronze par un fond plan dont la projection est raccordée à la génératrice de la surface convexe de l'âme par un arc de cercle d'un petit rayon.

Bouche : extrémité ouverte de l'âme

Bouton : Partie sphérique qui termine le canon. Le bouton sert à manœuvrer le canon et à attacher des cordages

Brague : Cordage de gros diamètre servant à contenir le recul du canon. La brague est fixée par ses deux bouts dans un anneau rivé à la muraille de chaque côté du sabord.

Caronade : Pièce d'artillerie se caractérisant par un poids plus léger qu'un canon classique. Les premières de ce genre furent coulées à Caron en Ecosse en 1774, d'où leur nom. Elles se distinguent par une volée courte et une culasse ronde. Les caronades étaient destinées à tirer des boulets creux ou pleins. L'affût d'une caronade est simplement constitué de deux plateaux en bois coulissant l'un sur l'autre afin d'absorber le recul lors d'un tir.



Une caronade (à gauche) et un canon (à droite). On distingue dans les deux cas, la brague servant à contenir le recul (gravures de Léon Morel Fatio)

Collet : Partie amincie qui lie le bouton au cul de lampe

Ciel : différence entre le diamètre du boulet et le calibre du canon. Le ciel est nécessaire à l'artilleur pour charger la pièce par la bouche, permettant de chasser l'air emprisonné entre la culasse et le boulet. En revanche, le ciel amoindrit les effets des gaz issus de la combustion de la gargousse lors du tir.

Culasse : partie massive qui termine le canon en arrière

Cul de lampe : Raccordement entre le corps de la bouche à feu et le collet du bouton.

Gargousse : enveloppe contenant de la poudre destinée à la propulsion du projectile. Après 1850, les enveloppes des gargousses sont en soie, remplaçant le papier.

Lumière : fin canal cylindrique percé dans le fût du canon, tout à l'arrière de celui-ci permettant à l'artilleur d'allumer la gargousse.

Pas d'hélice : notion propre aux canons rayés. Le pas d'hélice est la distance théorique parcourue par l'obus en une rotation complète. Plus le pas est court, plus la vitesse de rotation est grande. Pas d'hélice et angle de rotation de la rayure dans l'âme du canon sont donc des notions similaires.

Renforts : Le premier renfort comprend la partie de la bouche à feu à l'endroit qui correspond à l'emplacement de la charge et du boulet.

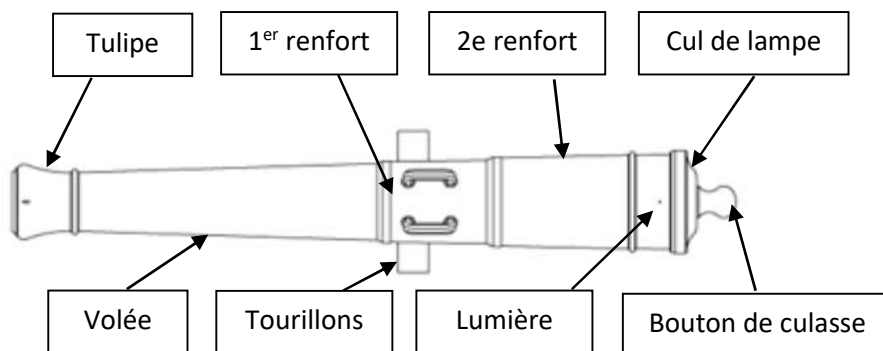
Le second renfort comprend la partie où sont placés les anses et les tourillons.

Tourillon : Au nombre de deux par canon, les tourillons sont les axes servant à poser le canon sur son affût. Ils servent à régler la hausse

Tranche de bouche : Plan qui termine le canon par où sort le projectile.

Valet d'étoupe : agglomérat d'étoupe disposée entre la gargousse et le projectile.

Volée : Partie allongée du canon en avant du second renfort.



Acier puddlé et fer puddlé, pour en finir avec les confusions

Le fer est un élément pur, il est décrit dans le tableau périodique des éléments de Mendeliev sous la dénomination Fe. Seule une matière constituée uniquement d'atomes de fer devrait pouvoir porter ce nom. Le mélange de fer pur et d'un ou plusieurs autres éléments s'appelle un alliage. La fonte est un mélange de fer et de carbone où ce dernier élément est présent à plus de 2%. L'acier est un mélange principalement constitué de fer et de carbone, à un taux inférieur à celui de la fonte.

Or il apparaît que cette appellation n'a pas été respectée tout au long de l'histoire, loin de là ! En fait les dénominations se sont enchevêtrées au fur et à mesure des innovations

Le puddlage fut mis au point en Angleterre à la fin du 18^e siècle. Cette opération consistait à débarrasser la fonte liquide de ses scories et de son carbone par brassage (to puddle= brasser). Aussi, pour bien montrer la pureté du produit obtenu, il fut utilisé le terme de « *fer puddlé* ». Or le résultat du puddlage reste de l'acier car il contient toujours un certain taux de carbone, même s'il est inférieur à celui de la fonte.

En 1850, l'utilisation de fours à réverbères permit d'aller plus loin dans l'opération de puddlage. Des industriels¹ comme Schneider ou Pétilin-Gaudet obtinrent alors des matériaux plus solides et le terme « *d'acier puddlé* » fut alors utilisé pour mettre en avant les propriétés mécaniques. Ce vocable désignait alors des « *fers puddlés* » appauvris en carbone, à un taux inférieur à 0,94%. En effet, étant plus cher, ces « aciers puddlés » devaient correspondre à des besoins nouveaux. A cette époque on avait donc :

- de « l'acier puddlé » avec un taux de carbone inférieur à 0,94%
- du « fer puddlé » avec un taux de carbone compris entre 0,94% et 2%
- de la fonte de fer avec un taux de carbone supérieur à 2%

On voit donc que tout produit issu du puddlage contenant du carbone, devrait s'appeler de « *l'acier* ».

En 1876, à l'occasion de l'exposition universelle de Philadelphie, une délégation internationale se pencha sur ces appellations. Ce fut une occasion manquée car les produits issus du puddlage prirent tous le nom de « *fer puddlé* ».

¹ Il fallait alors avoir la possibilité de contrôler le taux de carbone en cours de production et seules de grandes entreprises pouvaient se permettre l'utilisation de telles techniques.

Il en est encore ainsi de nos jours.

Cependant les écrits de l'époque (entre 1850 et 1876) parlent souvent « d'acier puddlé ». Ces écrits ont d'ailleurs eux-mêmes été relayés par des historiens allant jusqu'à présenter ce qui s'appelait alors de « *l'acier puddlé* » comme un matériau nouveau. Il ne s'agissait en fait que de « *fer puddlé* » appauvri en carbone, obtenu grâce à des procédés qui eux, étaient nouveaux.

Notons que durant la décennie 1860 – 1870, aux aciers furent ajoutés certains autres métaux, comme du tungstène.

L'état de l'artillerie de Marine lors de l'entrée en guerre.

L'héritage du passé :

En 1786, une ordonnance du ministère de la Marine impose le système Gribeauval comme devant servir de base à la fabrication des canons. Cette disposition tendait alors à obliger les différents fondeurs à uniformiser les types de fabrication. En effet, les fondeurs avaient jusqu'alors, des principes de fabrication personnelles, et les qualités des produits finaux pouvaient varier en fonction des sites de fabrication. Déjà adopté en 1865 par l'Artillerie, cette disposition avait permis de placer l'artillerie française comme la première d'Europe. D'une manière plus générale, le système Gribeauval était destiné à standardiser les fabrications de l'artillerie. Ainsi, les poudrières et les forges sont régies par des prescriptions et l'armée veille au strict respect de celles-ci dans les manufactures.

Par là même, les artilleurs de viennent eux-mêmes des savants et ingénieurs. Dans son « *Traité du mouvement des projectiles, appliqué aux bouches à feu* », Jean Louis Lombard² « *L'artilleur devenu lui-même chimiste, physicien, mécanicien, géomètre, n'a plus besoin de recourir à des secours étrangers, depuis qu'instruit dans les utiles établissements, dont la France a donné l'exemple à toute l'Europe, il s'est occupé pendant la paix à acquérir des connaissances en tout genre, et en perfectionnant son art, à se mettre en état de rendre les services les plus signalés, qui le font regarder, à juste titre, comme le plus ferme soutien de l'Etat* ».

Outre l'uniformisation de l'artillerie, le système Gribeauval introduisait la notion de hausse, permettant de tirer sous des angles supérieurs en fonction de la distance du but. La portée des canons était alors de 800 à 1000 mètres.

En 1812, un décret impérial, suivi de la décision ministérielle de 1829, puis de l'ordonnance royale de 1837 fixent la composition des bâtiments de la flotte³.

En 1825, le service des colonies passe au Département de la Guerre⁴. Le service de l'artillerie de Marine se limite à la gestion des forges et fonderies, des batteries des ports militaires et à l'instruction des canonniers.

Ainsi vidée de sa consistance, l'artillerie de Marine manque de passer sous la coupe du Département de la Guerre. Dans les faits, seules les troupes de Marine sont définitivement versées au Département de la Guerre. L'artillerie de Marine reste sous la direction de la Marine.

² Jean Louis Lombard (1722-1794) a rédigé les premières tables de tir adoptées pour le système Gribeauval. Il fut le professeur d'artillerie de Bonaparte à Auxonne

³ Archives de Vincennes, série AA1

⁴ Le Département de la Guerre dirige ce que l'on appelle désormais l'Armée de Terre. Il était dissocié de la gestion de la Marine

En 1829, le ministère de la Marine décide de la création d'une commission d'expériences d'artillerie. La mission en est confiée au chef de bataillon Michel. Le site retenu pour procéder aux expériences est Gâvre, près de Lorient. Les premiers tirs ont lieu en 1830. Parallèlement, le service de l'artillerie des colonies revient dans le giron de la Marine.

L'expédition de 1829 à Madagascar fait appel à une compagnie d'artilleurs de Marine pour mater une rébellion. En 1831, un détachement est envoyé au Sénégal pour lutter contre les tribus Mandingues.

En 1839 et 1840, des détachements d'artillerie de Marine participent à la campagne du Mexique.

En 1844 et 1846, c'est au tour des populations de l'île de Tahiti de se révolter. Là encore, des compagnies d'artillerie de Marine sont envoyées. Elles ne rentreront qu'en avril 1847.

Toujours en 1844, le Maroc se révolte et des compagnies d'artillerie de Marine s'illustrent, notamment à la bataille de Mogador.

En 1846, Le ministre des colonies qualifie ces troupes de « troupes d'élite », quinze ans après avoir failli disparaître.

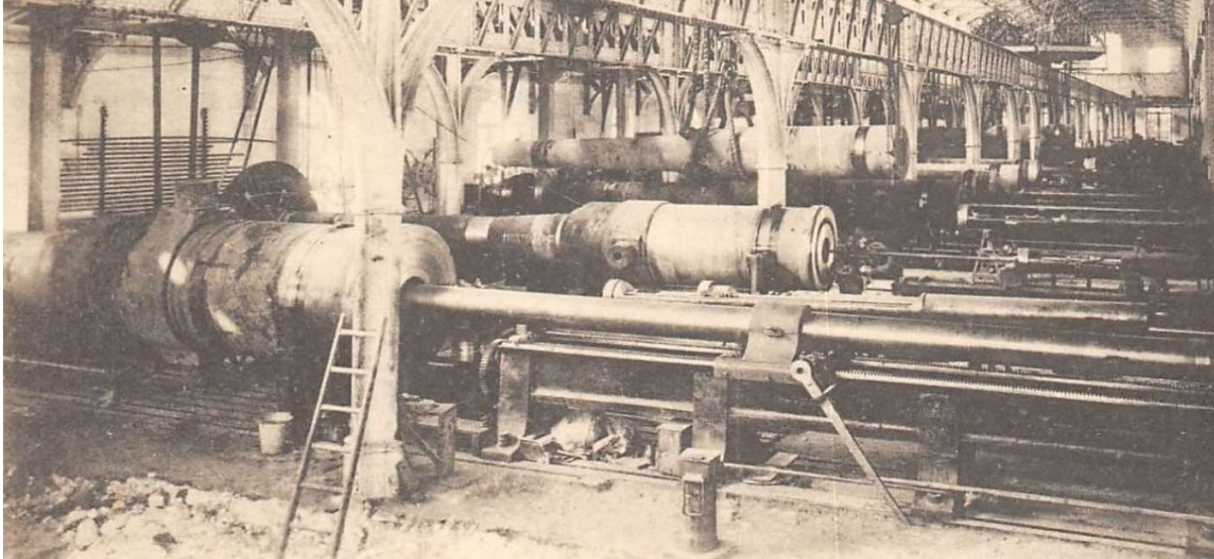
En 1847, une ordonnance crée un état-major de l'arme et des officiers affectés à l'inspection générale du matériel, au service des forges, fonderies et directions.

En 1849, des compagnies furent envoyées de nouveau au Sénégal pour lutter contre le Grand Bassam. Puis ce fut à Nossi-Bé que des hommes furent envoyés pour mater la révolte des Sakalaves.

Les besoins en artillerie étaient donc double : il fallait sursoir aux besoins des troupes projetées sur des théâtres d'opération lointains et moderniser l'artillerie de bord des vaisseaux. Il n'est donc pas étonnant qu'à cette époque, la commission de Gâvre ait acquis une certaine importance pour mener les recherches liées à cette arme.

Les fonderies

Principalement situées à proximité des sites d'extraction du minerai de fer, les fonderies en service pour la Marine sont celles de Ruelle, Nevers, Indret et Saint Gervais. Elles sont placées en régie et ne fonctionnent que pour les commandes de l'armée, que ce soit pour la Marine ou pour la Guerre.



Principe de forage des pièces à Ruelle. Si la photographie date du début du 20^e siècle, elle illustre le procédé de forage des pièces pleines (Collection privée)

La commission de Gâvre, entre 1840 et 1855 du canon lisse au canon de marine rayé.

L'aérodynamique

Le premier fut le comportement aérodynamique des projectiles tirés par des canons lisses. Des expérimentations ont démontré que l'air s'écoulait plus facilement au-dessus de celui-ci qu'en dessous, en raison de la proximité du sol. La conséquence est d'assurer une certaine portance au boulet. Or du fait de l'élasticité de l'eau, cet effet est moindre. En cela, la commission ne faisait que répondre à une question posée depuis 1610 par le Duc de Sully : « *Quel des deux faits son tir plus loin, d'un canon tiré en terre sur l'eau, ou celui tiré de l'eau sur terre ?* ».

En outre, l'ingénieur Hélié⁵, en charge des travaux de la commission, remarque que les projectiles sont soumis, en plus de la résistance de l'air, et à la pesanteur, à une troisième force, qu'il appelle force déviatrice. Il la suppose proportionnelle à la vitesse de translation du mobile, et inversement proportionnelle à son diamètre et à sa densité.

Il propose même la formule de calcul de cette déviation $K=h/(ad)$ où :

H est une constante qui dépend de l'état moyen des projectiles et de l'atmosphère, a est le diamètre du projectile et d sa densité.

Selon Félix Hélié, « *La déviation est le résultat de plusieurs causes que l'on ne peut écarter complètement :*

- 1- *La vitesse initiale éprouve des variations*
- 2- *La direction que suit le centre de gravité du mobile, en sortant de la bouche à feu, ne se confond pas en général avec elle de la tangente à la trajectoire, ces deux lignes comprennent un petit angle qui constitue l'écart angulaire initial*

⁵ Félix Hélié (1785 – 1895) fut officier d'artillerie et professeur de sciences appliquées à l'École de la marine à Lorient. Il fut surtout membre et secrétaire de la commission d'expériences d'artillerie de Gâvre. Spécialiste de balistique, il fut l'auteur de plusieurs études

3- *La résistance de l'air, par la suite de la rotation dont le mobile est toujours animé, donne naissance à une force déviatrice.* »⁶

Cette troisième raison forge, chez l'ingénieur responsable de la commission de Gâvre, l'idée que les canons rayés n'offrent pas d'avantage à l'artillerie.

Cette hypothèse de force déviatrice sera abandonnée en 1865.

Félix Hélie a pour habitude de déterminer des équations mathématiques depuis les expériences faites sur le polygone de Gavre. En cela, l'ingénieur fonde une nouvelle science, la balistique expérimentale, utilisant les principes d'interpolation mathématique.

Il explique sa démarche : *"Toutes les questions relatives au tir de projectiles et à leurs effets destructeurs sont du ressort de la Balistique. Les principes de la Mécanique rationnelle ne suffisent point pour les résoudre, les forces et les résistances qui se trouvent en jeu ne peuvent être appréciées que par l'observation"*.

En cela, il s'oppose à l'école d'artillerie de Metz et de Guillaume Piobert⁷ qui ne veut partir que de bases théoriques pour déployer d'autres équations avant de vérifier ces travaux par l'expérimentation. C'est le cas par exemple de l'étude du mouvement des gaz lors d'une explosion de poudre. Guillaume Piobert, avait en effet jeté les bases d'une science nouvelle, la balistique intérieure. Il avait étudié les phénomènes de la combustion de la poudre en vase clos et dans les armes, et déterminé la tension des gaz pour les positions successives des projectiles. Il avait montré l'influence de la densité de chargement et l'avantage de l'emploi des gargousses allongées, pour diminuer la pression dans l'âme.⁸ Le successeur de Guillaume Piobert, Isidore Didion⁹, explique « *Les expériences servent essentiellement à fournir certaines données indispensables dans les applications, et à vérifier l'exactitude des formules* ».

Ce que pense Félix Hélie des travaux de l'école de Metz est sans appel. Il dit : « *Les recherches qualifiées du nom de théoriques sont toutes fondées sur des hypothèses en désaccord avec les faits observés et dont le seul mérite est de rendre les questions plus ou moins accessibles au calcul. Ce n'est pas en substituant à la réalité un état de choses purement imaginaire qu'on peut espérer de faire avancer la science de l'artillerie. Force est de recourir aux formules empiriques...* »¹⁰

Le résultat est que pour les mêmes phénomènes, ces deux modes de réflexion proposent des solutions mathématiques différentes. C'est le cas de la formule de la résistance de l'air sur un projectile, où Félix Hélie propose une solution basée sur une équation de degré 3 s'appuyant sur des constantes déterminées expérimentalement, alors que Guillaume Piobert avance une solution beaucoup plus simple.

⁶ Cité dans « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard

⁷ Guillaume Piobert (1793 – 1871) Chef d'escadron d'artillerie et membre de l'académie royale de Metz et de la Commission des principes de tir

⁸ Gallica : « Organisation et historique de l'artillerie », P ; Farsac – Mars 1912

⁹ Isidore Didion (1798 – 1878) Officier et mathématicien, il devient professeur à l'école d'application de l'artillerie de Metz. Il étudie la balistique, et les statistiques. Il propose d'uniformiser les unités de mesure. On lui doit le m pour mètre et les multiples et exposants comme cm, m², ainsi que la barre oblique des km/h et des m/s.

¹⁰ Ces deux citations sont extraites de « *Problème de l'efficacité du tir à l'école d'artillerie de Metz* » par Bernard Bru

Les pendules balistiques

Afin de déterminer la vitesse exacte d'un projectile en sortie de canon, il est imaginé un système de pendule

La notice de la Commission de Gâvre décrit le système comme suit : « Deux pendules sont placés à une petite distance l'un de l'autre, leurs axes de rotation sont horizontaux et parallèles. A l'un d'eux, est fixé le canon ; le recul provenant de l'explosion, fait connaître la quantité de mouvement communiquée au système.

Le projectile se loge dans l'autre pendule, et sa vitesse se déduit du recul de ce dernier »¹¹

Cet outil, combiné avec des calculs mathématiques de Hélie visant à estimer les influences du vent du projectile, ont permis de déterminer les vitesses des projectiles pour des calibres allant du 50 au 12, et ce, avec des boulets creux ou pleins.¹²

Ces recherches permettent surtout d'établir une modélisation mathématique des vitesses de projectiles. Attention cependant, ces modalisations sont obtenues de manière tout à fait empirique, sur la base d'expériences in situ, et le rapport de la commission sur ce point reste prudent : « Plus tard, sans doute, d'autres bouches à feu seront soumises à des épreuves particulières. Si ces nouveaux essais ne confirment pas les principes dont on a fait usage, ils feront connaître ceux qu'il convient de leur substituer ou les modifications qu'il est à propos d'y apporter ».



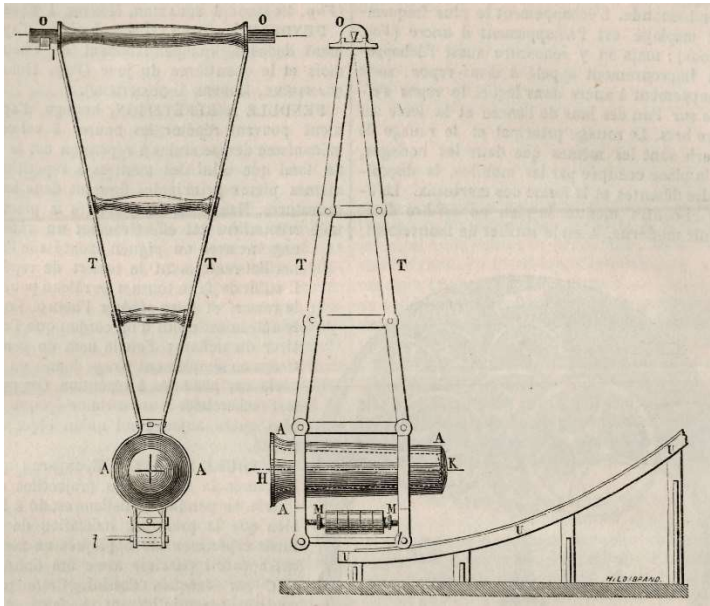
Pendule balistique de la fonderie de Ruelle, près d'Angoulême (extrait de « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard). La suspension est ici assurée par des poutres métalliques. Pour celui de Lorient, il s'agissait de cordes en soie

Le creuset récepteur du boulet, dont la déviation sert à déduire la vitesse du boulet, s'appelle le « canon-pendule »¹³.

¹¹ SHD Lorient : Notice introductive au rapport de la Commission de Gâvre

¹² Le département de la guerre (armée de terre) appelait un boulet creux un « obus ». La Marine tenait à conserver l'appellation de boulet creux

¹³ H. Sonnet, dictionnaire des mathématiques appliquées



Principe de pendule balistique et du moyen utilisé pour mesurer l'angle de déviation du canon pendule « A » sur la rampe « E » ; « O » est l'axe de rotation du système (source : H. Sonnet, Dictionnaire des mathématiques appliquées)

Encore faut-il associer mathématiquement l'angle de déviation avec la vitesse du boulet.

Le principe à appliquer est celui du transfert de quantité de mouvement où, basiquement, au moment où le boulet touche le fond du canon-pendule, $mv = m'v'$, où m est la masse du boulet et v sa vitesse. m' est l'addition de la masse du pendule et du boulet et v' la vitesse de l'ensemble au premier instant de rotation du canon pendule. Par la suite, il s'agit donc d'un transfert d'énergie cinétique en énergie mécanique, selon une équation dérivée du temps où l'énergie cinétique finit par être nulle.

Or le boulet, entrant dans le canon pendule, perd de sa vitesse, ce qui fausse la mesure. Cette perte de vitesse est due aux forces de réaction du milieu dans lequel se fait la pénétration.

Cette force évolue en fonction du temps où le choc s'effectue et a été décrite selon l'équation suivante :

$$mu - mv = \int_0^{\theta} F dt$$

où θ désigne la durée du choc, F la force de réaction, m la masse du projectile, v la vitesse avant le choc, et u sa vitesse après le choc.

En définitive, la vitesse du projectile est alors décrite, par type de calibre, et, pour un boulet de 24, l'équation est alors la suivante :

$$v = \frac{2 \sin(\alpha/2) \sqrt{g(PL + p\rho)(PL + p\rho^2)}}{p\rho}$$

avec :

- v : vitesse du projectile
- α : déviation du canon pendule
- g : constante de 9.81
- P : poids du canon pendule
- p : poids du projectile
- ρ : distance entre l'axe du canon pendule et l'axe de rotation

- L : distance entre le centre de gravité (avant l'impact) du pendule et l'axe de rotation

Ce dernier paramètre tient compte du centre de gravité du canon pendule, mais aussi de son support. On comprend donc pourquoi Félix Hélie avait demandé que le support du canon pendule du polygone de tir de Gavre soit non pas en acier, mais en corde de soie. C'était un excellent moyen d'amener le centre de gravité du pendule au centre de gravité du canon pendule. Le ministère avait vivement protesté contre cette idée, pour des raisons de coût mais avait fini par obtempérer.

Pénétration et perforation des projectiles.

Dès le 22 juin 1829, la commission de Gâvre a reçu pour ordre de « *Compléter les données déjà obtenues sur l'étendue des portées, l'exactitude du tir, la vitesse initiale des projectiles pleins et creux et les effets qu'ils peuvent produire sur les murailles des bâtiments de guerre* ». ¹⁴

Pour ce dernier point, des essais de destruction de coque en bois, furent entrepris, avec des calibres différents. Le bois étant reconnu comme capable d'encaisser certains chocs, il fut là encore, émis une modélisation mathématique, pour chiffrer la pénétration d'un projectile :

$$Z = 2,30ad \text{ LOG } (1 + V^2 / 10^5)$$

Où a est le diamètre du projectile, d sa densité, et v sa vitesse au moment du choc. Cette formule a été proposée en 1844.

On détermina aussi que la destruction d'une muraille en bois par un canon de calibre 30 demandait 44 boulets, alors que pour un calibre 50, 35 suffisaient et pour un calibre 60, il n'en fallait que 25.

Fort de ces résultats, le Prince de Joinville demande en 1844, d'étudier le meilleur obstacle capable d'arrêter un boulet de calibre 30 lancé à une vitesse de 450 mètres par seconde.

A cela, il fallu ajouter une autre requête, arrivée le 3 juillet 1845, qui prescrivait de rechercher le meilleur moyen de mettre les machines des bâtiments à l'abri des atteintes de projectiles.

Les essais portèrent sur des assemblages de feuilles de tôle, de couches de bois, d'intervalles vides ou remplis de charbon. La commission rendi son rapport le 4 novembre 1845 en préconisant l'emploi de deux feuilles de tôle de 12 millimètres et d'une épaisseur de charbon de 2m50, ou bien 12 feuilles de tôles de 12 millimètres ou encore d'une muraille de chêne de 60 centimètres, suivie de quatre feuilles de tôles de 12 millimètres et deux intervalles de 20 centimètres remplis de charbon.

La commission alla même jusqu'à tester une arme ancienne et abandonnée depuis longtemps : l'éperon. Pour cela, un caisson de 50 tonnes avait été construit et placé sur une pente enduite de suif. Celui-ci était alors lâché de sorte d'atteindre une muraille à la vitesse de 6 mètres par seconde. Un projet de navire à éperon fut alors présenté, il finalement, il fut remis à plus tard.

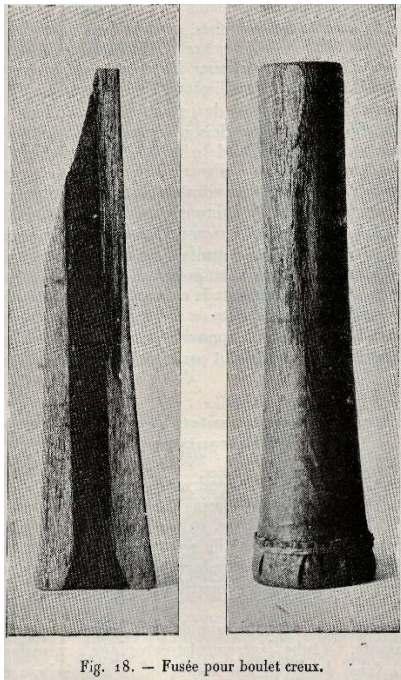
Boulets creux, boulets percutants, fusées et mécanismes

Les boulets creux étaient en fait chargés d'un explosif qu'il fallait parvenir à allumer au moment de l'impact.

Les fusées pour boulets creux, étaient des tubes de bois dont une extrémité était enfoncée dans l'œil du boulet. Chargé de poudre noire, son allumage était normalement assuré par la charge propulsive.

¹⁴ Cité dans « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard

Ce mode de fonctionnement était assez aléatoire et même si ce système était en dotation dans la marine depuis la fin des guerres napoléoniennes, le principal projectile utilisé restait le boulet plein, plus sûr.



Fusée d'artillerie (extrait de « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard)

En 1841, la Commission de Gâvre a pour objectif d'améliorer de système de mise à feu. Les résultats sont décevants. Le rapport détaille que « *le dixième environ des fusées échappe à l'inflammation et, parmi celles qui s'enflamment, il s'en trouve un certain nombre dont la combustion s'est arrêtée.* »

La solution était donc un système capable de déclencher l'explosion au moment du choc avec la cible.

Déjà, un certain Colonel Jure avait déjà mis au point un système placé à l'intérieur du boulet. Celui-ci consistait en un détonateur suspendu qui allait percuter la paroi intérieure du boulet au moment de l'impact. L'amorce qui y était adjointe déclenchait l'explosion.

Les expériences menées à Gâvre ont montré que » ce dispositif ne pouvait fonctionner que lorsqu'il se retrouvait le plus près possible de la cible.

Il fallait donc mettre au point un autre système. Le Lieutenant de Vaisseau Billette mis au point en 1834 un autre système basé sur un principe de quatre palpeurs pouvant déclencher une amorce. Le système fut testé en 1837. Le principe était complexe et l'officier tenait absolument à conserver ce secret pour lui, allant jusqu'à finaliser, en personne, les dernières étapes du montage de ce détonateur. Celui-ci était d'ailleurs assemblé dans un atelier de Lorient où aucun ouvrier ne connaissait l'ensemble du montage à y effectuer. Il fallait que la pièce soit d'une importance cruciale pour que la Marine accepte cet état de fait.

En 1839, le système fut adopté à bord des navires, avec des recommandations d'utilisation de la part de la commission de Gâvre.

En 1847, le Capitaine de Vaisseau mourut, emportant son secret dans sa tombe. Le Capitaine d'artillerie Bourguignon reçut la mission d'étudier et de tester une pièce similaire. Selon la note qu'il

avait reçue, il devait « *suppléer feu M. le capitaine de vaisseau Billette dans le travail qu'il s'était spécialement réservé.* »

En Juin 1848, la commission de Gâvre émit un avis favorable à la suite de l'examen des travaux du Capitaine. Les projectiles à percussion furent adoptés définitivement dans la Marine, et leur fabrication fut protégée.

L'existence des obus percutants est conservée secrète et une dépêche du 18 février 1852 place les mécanismes sous la responsabilité directe et personnelle des directeurs d'artillerie.

Quant à l'efficacité de ces nouveaux projectiles, la Commission de Gâvre déduisit de ses expériences en 1848, que le tir de quatre boulets percutants équivalait au tir de cinq boulets pleins, à condition de ne pas tirer à plus de 700 mètres de distance.

L'artillerie rayée :

L'idée d'une rayure dans le canon d'une arme ne date pas du 19^e siècle. En 1615, un premier canon est créé, mais les imperfections de fabrications sont telles, que ses résultats sont peu probants. L'idée d'alors, n'était pas de fournir une meilleure aérodynamique au projectile, mais simplement de recueillir les résidus de poudre non brûlés.

Il faudra attendre les avancées de l'industrie. Ce sont elles qui vont permettre d'apporter la précision de réalisation nécessaire à ce type d'arme.

C'est un officier, Treuille de Beaulieu¹⁵, qui imagine un porte-outil, permettant de créer des rayures dans les canons.

Avant d'évoquer les essais menés sur les canons rayés, il convient de revenir quelques années en arrières, pour comprendre comme le polygone de Gâvre a vu arriver un nouveau venu, Henri Delvigne¹⁶.

Dès 1826, alors officier dans l'infanterie de la garde royale, Henri Delvigne propose un fusil à canon rayé. De nombreux essais sont menés et le projet est rejeté. La révolution de juillet de 1830 le poussa à la démission de l'armée, et il consacra alors son énergie à innover dans le rayage des armes et dans la forme cylindro-conique des balles¹⁷. Il multiplia les propositions de fusils, en 1836, 1839, 1840 puis en 1841. A chaque fois, les comités d'artillerie furent sollicités et des essais sur les terrains de guerre tels que l'Algérie ou le Sénégal furent menés. Les conclusions furent rarement au rendez-vous, même si ces recherches furent à l'origine du fameux fusil MINIE.

Mais sur le moment, les essais de projectiles oblongs n'avaient pas donné de résultats probants. L'objectif devait donc désormais de tester sur des armes de gros calibre, ce qui avait fait merveille sur des armes d'épaule.

¹⁵ Hector Amédée Thésée Treuille de Beaulieu (1809 – 1886) fit carrière dans l'artillerie, où il gravit les échelons. Ses inventions lui valent d'être détaché à la manufacture d'armes de Châtellerauld en 1840. Il participa à l'élaboration du fusil Chassepot et sa notoriété lui valut d'être cité par Jules Verne dans son roman « De la Terre à la Lune ». Sa notoriété fut essentiellement due à ses recherches sur les canons à chargement par la culasse.

¹⁶ Henri Gustave Delvigne (1800 – 1876) fut fait chevalier de la Légion d'Honneur en 1830 puis Officier du même ordre en 1866. Il finit par mettre au point un pistolet à barillet qui fut adopté par l'armée, le Chamelot-Delvigne.

¹⁷ INPI, 1BA8498 « confection des balles obus », 1BA9526, « système d'armement pour la cavalerie »

Henri Delvigne avait réussi à démontrer, sur le champ de tir de Vincennes, les avantages des canons rayés. « *La justesse et la portée de la nouvelle arme étaient bien supérieures à celle des canons lisses, et il devenait évident qu'une batterie de canons lisses ne pourrait plus ouvrir le feu devant l'infanterie armée de carabines, qu'un bâtiment serait privé de son équipage par le feu de petites armes avant d'avoir pu faire usage de ses gros canons* ». ¹⁸

Cela dit, les scepticismes étaient nombreux. Le Maréchal Soult¹⁹, s'appuyant sur les conseils de la Commission d'artillerie de Metz, avait déjà rejeté les propositions de Henri Delvigne. Sa réponse était claire : « *L'idée d'introduire dans l'artillerie des projectiles plus ou moins éloignés de la forme sphérique, n'est pas nouvelle. Antérieurement à 1744 et depuis, on a successivement essayé des projectiles de forme oblongue, d'autres de forme ronde d'un côté et ayant la face opposée creusée en cône, d'autres enfin de forme cylindro-conique, sans qu'aucun de ces essais ait donné des résultats avantageux. On a proposé également et à plusieurs reprises des bouches à feu rayées, notamment en 1812 et en 1841, toujours sans succès* ».

En ajoutant à cela, la remarque que les fusils rayés allaient permettre aux armées de pouvoir se passer de canons, tout était rassemblé pour que le Comité d'Artillerie cherche à se débarrasser d'un inventeur embarrassant. En 1842, Henri Delvigne se voit donc fermer les portes de l'armée de terre.

Mais c'était sans compter sur des appuis au sein de l'assemblée. Ainsi, une fronde de 47 députés fut à l'origine de deux pétitions demandant à reprendre les essais des inventions d'Henri Delvigne.

Afin de ne pas froisser les susceptibilités ni du Ministre de la Guerre, ni celle du Comité de l'Artillerie, il fut proposé que les essais de canons rayés fussent menés par la Marine, dépendant d'un autre ministère.

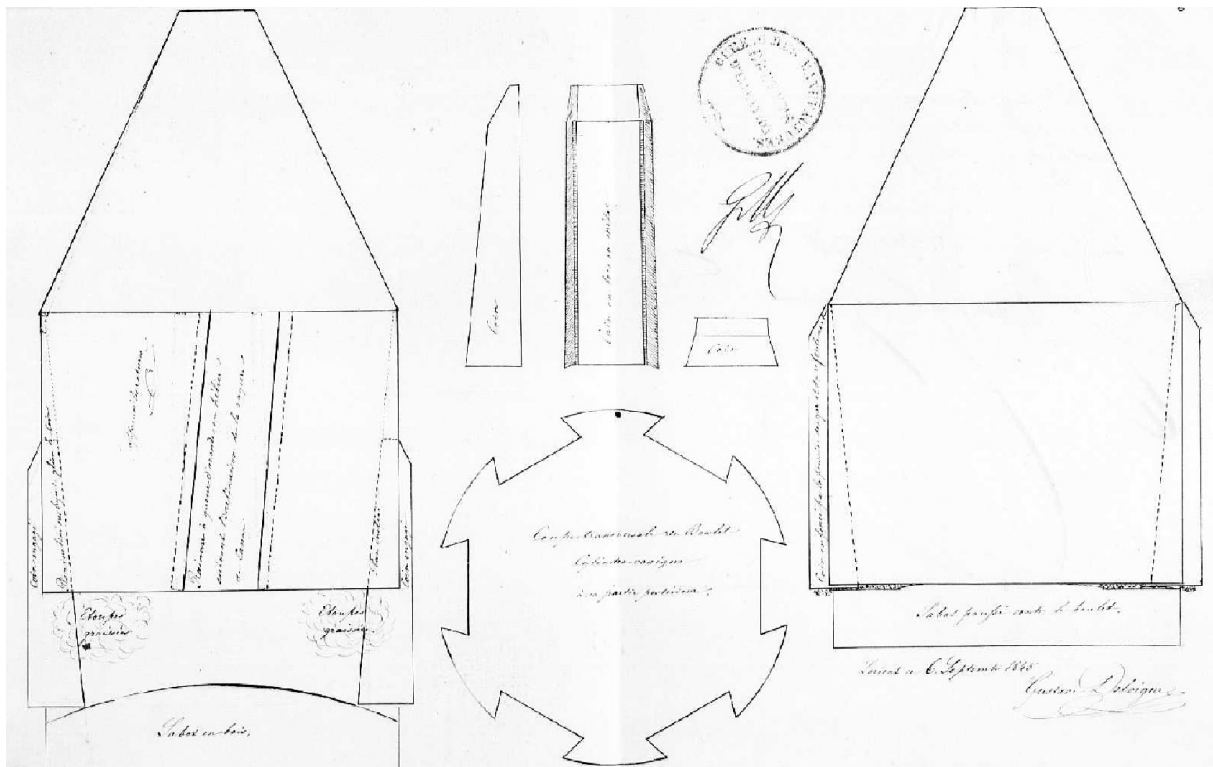
La réponse faite aux députés frondeurs stipule : « *M. le ministre de la Marine, dont l'attention a été éveillée par les résultats des épreuves de canons, a accueilli favorablement la proposition que M. Delvigne lui a faite, avec l'appui de M. le prince de Joinville, de faire l'essai de l'application de son système à l'artillerie de marine, surtout pour la défense des côtes.* » ²⁰

Le 22 juillet 1845, une dépêche du Ministre de la Marine stipule : « *Monsieur Delvigne a proposé d'appliquer aux bouches à feu en fonte de fer de la Marine le système dont il est l'auteur, ainsi que l'emploi des projectiles cylindro-coniques que comporte le système, et qui ont donné des résultats si remarquables avec les armes à feu portatives* ». L'ordre de procéder à des essais sur la base d'une caronade de 12, d'un calibre de 6 et rayée pour la circonstance, termine la lettre.

¹⁸ Cité dans « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard

¹⁹ Jean-de-Dieu Soult (1769 – 1851) Maréchal d'Empire à la suite de ses exploits pendant la campagne d'Italie, il a un rôle décisif lors de la bataille d'Austerlitz. Rayé de la liste des maréchaux en 1815, il retrouve son titre en 1819 après s'être déclaré royaliste ; en 1848, il se déclare républicain et n'aura pas le temps de s'afficher Bonapartiste, puisqu'il décède quelques jours avant le coup d'état de Louis-Napoléon Bonaparte

²⁰ Source GALLICA : « *Observations sur la réponse faite le 17 avril 1845, par M. le Maréchal ministre de la guerre, à deux pétitions signées par quarante-sept membres de la chambre des députés en faveur de M. Delvigne* »



Obus proposé par Delvigne lors du dépôt de brevet qu'il fit en 1845 (source INPI brevet numéro 1BB2226)

Comme on a pu le voir précédemment, Hélie, qui était rapporteur de la Commission de Gâvres, ne croyait pas en ces essais. Ce fut donc Henri Delvigne en personne qui, en 1845, dû en assumer l'initiative. De plus, au 151^e tir, la pièce éclata et dut être remplacée. Fort heureusement, cet incident ne remit pas le programme d'essais en cause

La pièce servant à l'essais était donc une caronade de calibre 6 dont les caractéristiques étaient les suivantes :

Diamètre intérieur : 97mm

Epaisseur de la culasse : 150mm

Longueur d'âme : 853 mm

Six rayures en hélice : distance de l'origine au fond de l'âme : 40mm

Pas de gauche à droite : 5 mètres

Section des rayures (de forme quasi rectangulaire) :

Largeur à l'entrée 20 mm

Largeur au fond ; 18 mm

Profondeur : 5mm

Les projectiles étaient en bois de houx, munis des ailettes s'insérant dans les rainures du canon. Chaque projectile pesait précisément 5kg630.

Des essais furent menés avec une caronade similaire non rayée. Les résultats tombent rapidement. La caronade rayée montre une portée de 1938 mètres avec une déviation latérale de 7m60, alors que sans rayure, la portée est de 1638 mètres pour une déviation latérale de 38 mètres.

Le principe étant démontré, il fallait ensuite approfondir la recherche. Quelles devaient être les formes de rayures qui devaient être employées ? Quelle devait être la charge propulsive ?

Un problème se posa cependant avec l'éclatement des canons. Le chemisage des projectiles était source de gonflement et opposait donc une résistance à l'avancement dans le canon, source d'éclatement de la pièce. L'autre source d'éclatement était l'arc-boutement du projectile. La forme des obus devait donc être revue de façon à éviter ce phénomène.

En 1850, le système n'est toujours pas au point. On constate de trop nombreux éclatements de pièces sans être en mesure de fournir des explications précises. Faute de mieux, Henri Delvigne imagine une pièce à canon court mais qui se révèle imprécise et sans grande portée. Il demande de nouveaux essais au ministre de la Marine, sans succès. Devant le peu d'avancées faites depuis le début des essais, le ministre décide de confier les recherches à la seule Artillerie de Marine. En gros, les recherches sur les canons rayés continuent, mais sans son inventeur. Il faut dire que le préfet maritime se montre peu confiant. Il écrit au ministre « *l'inventeur n'a aucune idée arrêtée sur les moyens à employer pour atteindre le but qu'il propose* »²¹.

En novembre 1855, Henri Delvigne reçut une « récompense exceptionnelle » à l'occasion de l'exposition universelle de Paris » pour les perfectionnements qu'il a apporté aux projectiles des armes à feu »²². Cette distinction fut accompagnée d'une somme non moins exceptionnelle de 10 000 francs. Une fortune pour l'époque

Ainsi, d'autres essais furent menés. Mais le problème des éclatements des pièces était toujours sans réponse. En 1851, un canon éclate au 10^e tir, et un autre au 33^e tir.

Les recherches portent désormais sur les formes des rayures à adopter, ainsi que le pas d'hélice à donner à ces rayures, et le poids du projectile.

Des essais sur une seule rayure au lieu de deux sont menés. La rayure est de forme parabolique afin de limiter le frottement dans le canon. De manière à réduire les dépenses, on utilise de vieilles pièces qui sont rayées directement à Lorient. Mais celles-ci éclatent toujours aussi rapidement, certaines seulement au bout de 4 coups. On détermine cependant, que le pas d'hélice à adopter est de 5 mètres²³.

Tout le tout pour le tout, on recommence les essais, avec des canons neufs, une forme de rayure parabolique appelée forme « *Hudelist* » et en plaçant un valet d'étoupe entre la charge propulsive et le projectile. Enfin, les canons tiennent et enregistrent jusqu'à 600 tirs avant d'éclater.

Début 1854, la guerre est déclarée avec la Russie. Rapidement, les besoins en artillerie se font sentir. Les événements montrent que la Marine doit fournir un important soutien d'artillerie et donc d'être partie prenante au siège de Sébastopol.

Les premières attaques menées en octobre 1854 sur la ville montrent que l'artillerie navale doit être améliorée. Les vaisseaux comme le Ville de Paris ont subi d'importants dommages sans infliger de

²¹ Lettre du 1^{er} février 1850 du préfet maritime au ministre de la Marine, accompagnant la demande de Henri Delvigne de continuer les essais.

²² Journal des Débats Politiques et Littéraires du 16 novembre 1855

²³ Pas d'hélice : voir le glossaire

grosses pertes chez l'ennemi. Il devient donc primordial de pouvoir tirer d'une distance permettant de se protéger des tirs ennemis.

Déjà, les projets des batteries flottantes sont lancés et avec eux naît l'idée de placer des obusiers de calibre 22 modèle 1841, forés au calibre 30, rayés et à projectiles creux. Leur blindage leur permettrait de mieux résister aux impacts des munitions ennemies.

Or déjà, l'expérience des premiers tirs sur les fortifications montrent que les boulets creux ne répondent pas aux besoins de destruction attendus. Ils se brisent trop rapidement et sont moins efficaces que les boulets pleins. Les batteries flottantes seront donc armées de canons lisses de calibre 50²⁴.

Mais les dernières expériences sur le canon rayé sont prometteuses et de nouvelles expériences sont menées avec des projectiles ogivo-cylindriques pleins que l'on tire sur des murs construits pour l'occasion.

Les essais sont concluants et le Préfet Maritime de Lorient propose au Ministre de la Marine, en Février 1855, l'envoi sur le front de Crimée, de pièces de calibre 16 et 13 centimètres rayés.

Parallèlement, un mécanisme percutant (mécanisme Pellé) est testé sur des projectiles ogivo-cylindriques.

Les scepticismes ont cependant la vie dure au ministère et il est demandé, en réponse à cette proposition de procéder à de nouveaux essais.

Les échanges sur ces essais sont quotidiens entre Lorient et Paris et se font par la voie du télégraphe électrique

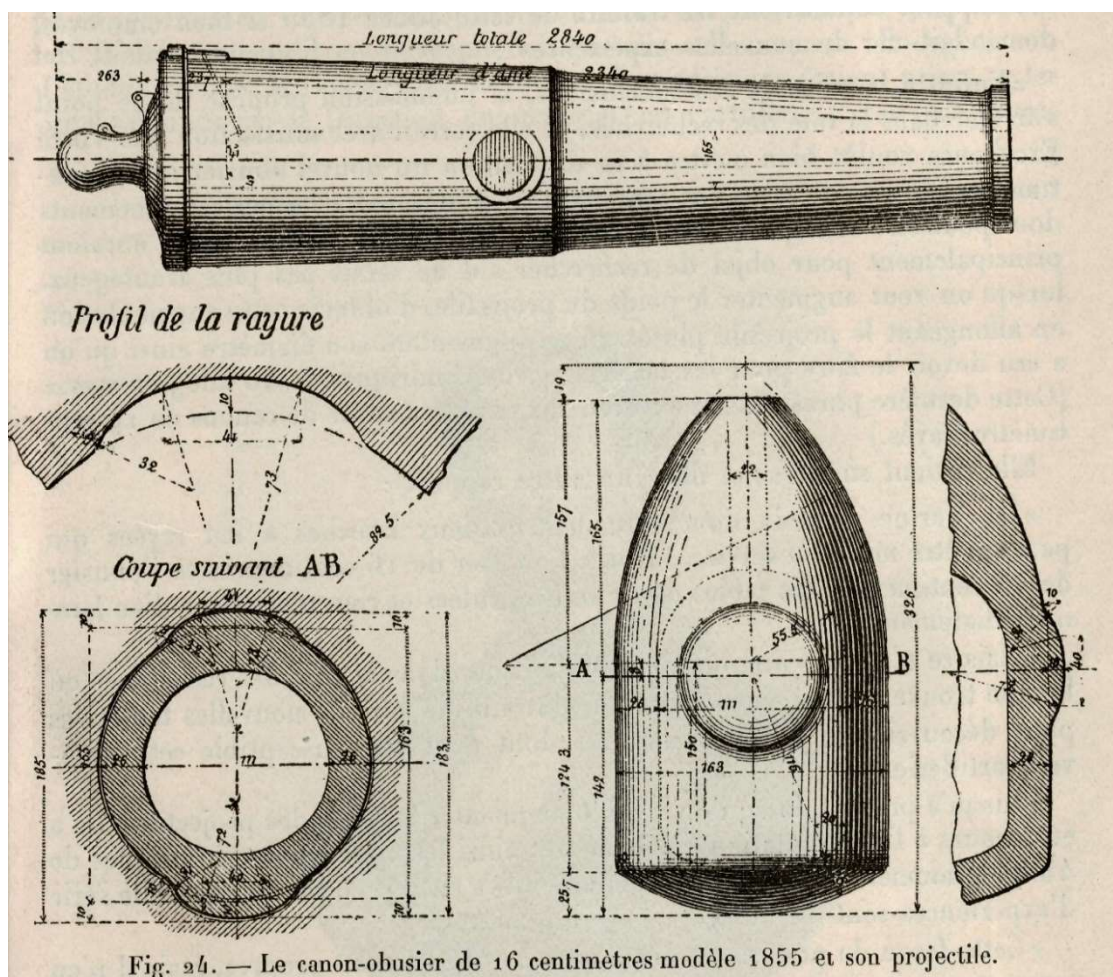
De nouvelles pièces sont donc rayées en mai 1855 et en juin, un canon de calibre 16 est annoncé comme ayant tiré plus de mille boulets sans éclater.

Le 4 juillet 1855, le Ministre demande la fabrication de 20 obusiers de 22 modèle 1841, foré au calibre 30 et rayés, ainsi que 500 projectiles pour chacun de ces canons. Le 11 juillet, le Ministre précise « *Hâtez par tous les moyens possibles la rayure des canons-obusiers de 30 et la fabrication de leurs projectiles, celle de leur affut et de leurs munitions. Je voudrais en disposer très prochainement* ».

Le 31 juillet, les deux premiers obusiers sont prêts et le 22 août, le Préfet suggère au ministre « *qu'il puisse être promptement fait usage, sur une grande échelle, des canons rayés dont la puissance paraît devoir dépasser celle de toutes les bouches à feu employées jusqu'à présent* »

Le 19 septembre, 10 canons rayés de calibre 16 modèle 1855 sont expédiés en Crimée.

²⁴ Le canon lisse de calibre 50 avait été proposé par le Prince de Joinville en 1850.



Le canon calibre 16cm modèle 1855 qui fut envoyé en Crimée sans qu'il fût utilisé. On peut noter l'évolution de la rayure entre ce modèle et celui proposé par Delvigne lors du dépôt de brevet dix ans plus tôt (extrait de « Historique de la commission d'expériences de Gâvre » par M.L. Patard)

Entre Février et Aout 1855, la commission de Gâvre avait donc réussi le tour de force de mettre au point un nouveau type de canon, de le doter de munitions explosives, et de rédiger les règlements pour sa fabrication et son utilisation.

Les obus étaient des projectiles de 26kg, doté d'une charge explosive de 3,5kg de poudre. Ils avaient une vitesse de 347 mètres par seconde.

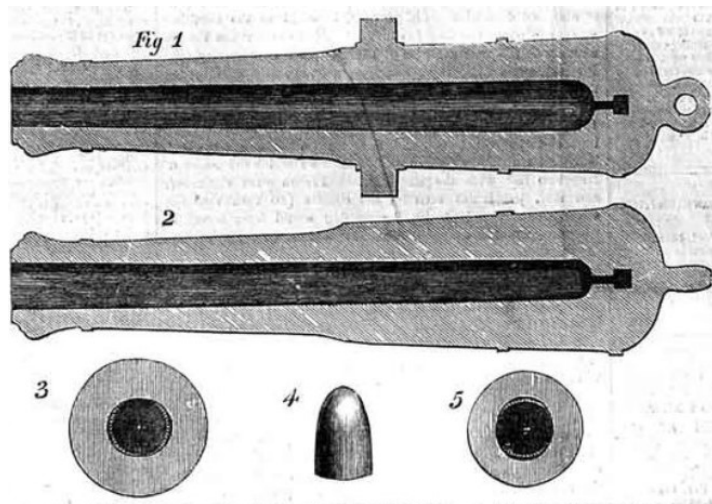
En dépit des efforts de la Commission de Gâvre, ces armes arrivèrent trop tard pour être utilisées en Crimée. C'est en Cochinchine où les artilleurs purent pour la première fois, mesurer leur efficacité.

La marine anglaise, de son côté, avait, elle aussi, mené des recherches sur la rotation des obus autour de leur axe. La solution qui avait été retenue l'entreprise Lancaster, était d'ovaliser l'obus et forme interne du canon. On ne peut donc pas parler de rayage du canon, mais les anglais utilisèrent le terme de « *oval cannon* ».

Au niveau de la culasse, une chambre munie d'une petite ouverture vers l'axe du canon avait été ménagée. Celle-ci était destinée à absorber la trop rapide montée de pression des gaz de propulsion ; il faut donc croire que les ingénieurs de Lancaster avaient eux aussi été confrontés à un problème

d'éclatement de pièce. La solution qu'ils avaient pu y apporter était d'une toute autre nature que celle des français.

Malheureusement, si le canon arriva quelques jours avant la fin du siège de Sébastopol, les quelques coups qui furent tirés avec ne permirent pas de tirer des conclusions sur l'efficacité de cette nouvelle arme.



Le « oval cannon » anglais envoyé à Sébastopol juste avant la fin du siège de la ville. On peut y voir, dans les coupes 3 et 5, la forme donnée au canon. Au niveau de la culasse, on distingue l'ouverture destinée à amortir la montée en pression des gaz de propulsion. (source : Illustrated London News)

Pourquoi un simple morceau d'étope a permis l'envoi de canons rayés en Crimée

On l'a vu, parmi les dispositions prises afin de résoudre le problème de l'éclatement des pièces, il y a eu l'emploi de valet d'étope. La question est donc de savoir comment les ingénieurs de Gâvre ont eu cette idée.

En 1847, des études furent menées sur les causes de destruction des canons en fonte de fer. Félix Hélie a pu décrire la manière dont, généralement, une rupture se produit :

Lors de l'explosion de la gargousse, la tension des gaz dans le canon est à son maximum alors que le boulet n'a pas encore parcouru de déplacement, du fait de son inertie. L'explosion de la gargousse est donc contenue entre des solides non déformables (l'âme du canon), et le boulet (qui, à cet instant n'a pas encore parcouru de déplacement).

Félix Hélie détermine qu'à chaque coup tiré, une déformation des molécules du canon se produit sans qu'il ne puisse y avoir de retour élastique de la matière. Il dit « *après chaque explosion, les molécules ne reprennent pas exactement les positions qu'elles avaient auparavant, et le diamètre de l'âme s'agrandit peu à peu* »²⁵

Là où la fragilité est la plus grande, c'est autour de la lumière du canon. Les fissures apparaissent donc à ce point puis se propagent soit vers la culasse de manière longitudinale soit de manière concentrique par rapport à l'axe du canon. Ces déformations ont été mises en évidence par tronçonnage des pièces explosées.

Des essais menés à la fois à la fonderie de Ruelle et à Gâvre ont montré que le fait de placer une pièce d'étope entre la gargousse et le projectile permettent d'amortir la tension des gaz au moment de leur explosion. Félix Hélie explique lui-même : « *Il résulte de ces faits que le valet mou en étope,*

²⁵ Traité de balistique expérimentale : exposé général des principales expériences d'artillerie exécutées à Gâvre de 1830 à 1864, par Félix Hélie

placé entre la gargousse et le projectile, assure la sécurité du tir, en cédant à l'action des gaz, il leur fournit un espace dans lequel ils se répandent, ce qui les empêche d'acquérir les tensions dangereuses qui déterminent les ruptures »

Voilà donc comment l'étau a permis la mise au point des premiers canons rayés.

Les opposants au canon rayé.

Il n'est pas d'innovation qui ne génère pas d'opposant ni de détracteurs. Le canon rayé n'échappa pas à la règle.

Le premier à en être victime fut Henri Delvigne lui-même. En 1850, il fut écarté des expériences de la Commission de Gâvre. Il faut y voir non seulement le résultat des hésitations et incertitudes quant aux solutions à trouver aux problèmes d'éclatement des pièces, mais aussi l'action de ses détracteurs. En effet, les propositions d'invention en termes d'amélioration de l'artillerie lisse étaient nombreuses, et une lutte d'influence était lancée afin que chacun puisse faire valider ses inventions auprès de la commission de Gâvre.

C'est ainsi que vers 1850, des plusieurs obus à gaz asphyxiants avaient été suggérés. Des projectiles oblongs et lisses, capables d'amener un incendie sur une cible ont été proposés (ils avaient été appelés alors « projectiles pyrogènes »). Il faut dire que le fait d'avoir l'attention de la Commission de Gâvre pour réaliser des essais sur des inventions est prometteur pour un industriel. Henri Delvigne lui-même avait profité de sa présence sur le polygone de tir pour tester un mode de chargement des canons ainsi qu'un lance-amarres²⁶

Après-guerre, les réticences sont encore vives en France, sur l'usage de la rayure des canons. Les frictions entre le ministère, encore favorable au canon lisse et la Commission de Gâvre partisane du canon rayé, sont telles qu'en 1857 les membres les plus énergiques la hiérarchie du polygone de Gâvre se voient mutés. Le Commandant Sapia, Rapporteur de la Commission est placé aux fonderies de Ruelle. Le sous-directeur de la Commission, le chef de Bataillon Virgile²⁷, devient adjoint à l'inspecteur général du Matériel.

Il est encore plus intéressant de constater que ces débats ont franchi la Manche lorsque le problème s'est posé chez nos alliés anglais. En effet, des expériences ont été menées entre 1859 et 1865 sur des canons analogues aux pièces d'artillerie françaises. Les tests ont été menés avec des pièces issues de différentes fabrications (Armstrong²⁸, Jeffery, Britten, Lancaster²⁹ et un « système français »³⁰) Les résultats ont été sans appel. Les canons rayés avaient prouvé leur efficacité.

Cependant, en 1865, le Commander Sharpe, dans le Journal de l'Institut Royal Uni se bornait à prouver que l'adoption de la rayure sur les canons était une régression. L'un des arguments avancés était l'impossibilité de réaliser des tirs par ricochet. L'autre argument était que la rotation des projectiles,

²⁶ INPI : brevets portant les numéros 1BB12683 et 1BB4948

²⁷ François Potin Samuel Virgile était d'origine guyanaise. Blessé au siège de Malakoff, il avait été nommé sous-directeur de la Commission de Gâvre à son retour. Fervent partisan des canons rayés, il s'en était trouvé écarté. EN 1865, il revint à Gâvre pour présider la commission et y étudier les différentes fontes utilisables pour les canons. Il fut l'auteur d'un traité sur la résistance des tubes métalliques.

²⁸ A noter que le canon Armstrong utilisé lors de ces essais était à chargement par la culasse

²⁹ L'entreprise Lancaster avait envoyé une pièce en Crimée, mais les résultats sur le terrain n'avaient pas permis de prouver l'avantage des rayures des canons

³⁰ Ce que les anglais avaient appelé le « système français » était en fait une copie plus ou moins exacte d'une pièce d'artillerie testée à Gâvre entre 1856 et 1863. Cette pièce avait été reproduite en se fiant à quelques renseignements peu précis.

selon cet officier, ne servaient qu'à compenser les défauts de rotondité des boulets. Sa démonstration visait donc à prouver qu'une fabrication plus minutieuse des boulets suffirait à égaler des performances des canons rayés. C'était bien sûr sans tenir compte des travaux de la Commission de Gâvre portant sur l'aérodynamisme des projectiles tournant

L'artillerie de Marine à l'épreuve de la guerre de Crimée

Sinope : la démonstration de l'artillerie à la Paixhans

La première grande bataille mettant en œuvre l'artillerie de marine, fut le désastre de Sinope. Le 30 novembre 1853, profitant de l'absence de grands vaisseaux turcs dans la rade, la flotte russe commandée par l'amiral Nakimov entra dans le port de Sinope et ouvrit le feu contre les frégates et corvettes ottomans stationnées. En une heure seulement, onze navires sont détruits et seule la Taif, une corvette vapeur de 12 canons put s'échapper pour rejoindre la flotte alliée.

Cet engagement est considéré comme la dernière bataille de la marine à voile. Elle met surtout en évidence l'efficacité de l'artillerie à la Paixhans. Les boulets explosifs russes ont pénétré sans mal les coques en bois des navires turcs et fait explosion une fois à l'intérieur.

L'amiral Nakimov raconte lui-même : « *Nos vaisseaux, s'étant immédiatement embossés, canonnèrent l'ennemi par un feu bien dirigé. En moins de cinq minutes, le vaisseau Grand-Duc-Constantin rasa la batterie qui se trouvait sous son feu ; la frégate ennemie qui se trouvait mouillée près de cette batterie, et à laquelle il envoyait principalement des bombes avec les canons à la Paixhans de sa batterie basse, sauta. Peu de temps après, le Ville-de-Paris³¹ fit sauter, par ses bombes encore, une frégate turque. »*

Côté turc, l'Ambassadeur français auprès de la Sublime Porte retrace quant à lui le témoignage des officiers turcs qui ont survécu à la bataille. Ces derniers ont pu observer le comportement de ces projectiles explosifs. Ils relatent le fait que les boulets ont d'abord propagé un incendie avant de produire une déflagration.³²

Côté turc, les canons sont de petit calibre et n'ont pas la sophistication de la flotte russe. Dans son rapport, Henri-Joseph Paixhans a peine à cacher son exaltation. Dans cette cuisante défaite alliée, son système a démontré sa supériorité avec éclat.

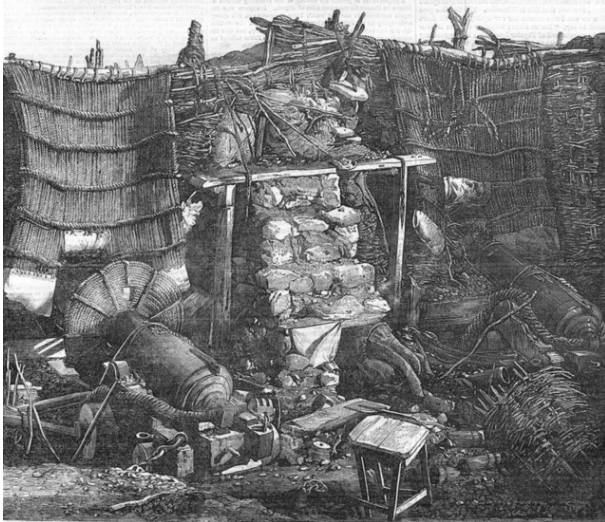
En conclusion de son rapport, il démontre la nécessité d'aller plus loin dans l'innovation, et notamment, de mener des recherches sur la portée et la précision des tirs. Il écrit : « *Avec une arme dont l'effet est très-destructeur, l'avantage sera évidemment pour celui qui saura donner à cette arme le plus de justesse et le plus de portée. Ainsi, soit dans nos armements actuels, soit dans la recherche des progrès à faire, c'est à ces deux conditions, qu'il importe surtout de satisfaire* ».

³¹ La Marine russe possédait un vaisseau de 1^{er} rang nommé *Ville de Paris*. Il ne s'agissait pas de rendre hommage à la capitale de la France, mais de rappeler l'entrée des troupes du Tsar dans la capitale en 1814. Il sera sabordé dans le port de Sébastopol en 1855. Ainsi des deux côtés, il y a un vaisseau de 1^{er} rang qui porte le même nom.

³² Source : le Moniteur Universel le 21 Février 1854. Peu après la bataille de Sinope, le général Paixhans avait rassemblé des témoignages afin de connaître les effets de ses inventions lors d'un engagement réel. Il mourut quelques mois plus tard

La portée de l'artillerie : les congrèves

Lors de la planification des opérations de la guerre, en 1854, il fut décidé que ce serait ma Marine qui fournirait les pièces de gros calibre et leurs servants pour l'artillerie nécessaire aux sièges qui pourraient survenir.



Canons français lors du siège de Sébastopol. On retrouve la même mise en batterie que sur un bateau, y compris la brague. (source : Illustrated London News, gravure réalisée sur la base d'une photographie de Roger Fenton)

L'artillerie de l'armée de terre se chargerait des pièces de plus petit calibre et des autres formes d'artillerie.

Face à similarité des artilleries, les alliés doivent trouver un moyen d'augmenter la portée des tirs. En 1847, le Maréchal de Marmont écrit déjà : « *Le gain de la bataille consiste à faire reculer l'ennemi ; il faut donc marcher à lui, traverser l'espace qui nous en sépare ; et pour le faire avec le moins de danger possible, on emploiera l'arme qui parcourt les distances le plus rapidement.* ». Disant cela, le Maréchal introduit une arme alors nouvelle, la fusée à la Congrève.

Une fusée dite « à la Congrève » doit son nom à celui qui a fait ressortir cette invention datant de l'antiquité grecque. L'anglais William Congrève avait en effet préconisé l'emploi de ces engins en 1802 dans le cadre des guerres napoléoniennes. Elles furent employées à Boulogne en 1806, à Copenhague en 1807 et à Flessingue en 1809.

Cette fusée est composée d'un cartouche, d'une armure et d'une baguette de direction.

- Le cartouche est le corps de la fusée et contient un dérivé de poudre permettant de fournir la propulsion au projectile
- L'armure est la charge explosive du projectile. Le feu y est communiqué de la même manière que les fusées utilisées pour retarder l'explosion d'un boulet de canon. C'est le feu de la charge de propulsion qui enflamme un combustible à combustion lente et qui finit par déclencher l'explosion attendue.
- La baguette de direction est simple tige séparant la charge de propulsion de l'explosive et donnant au projectile la longueur nécessaire pour sa stabilité.

Des recherches avaient été engagées par des ingénieurs français et en 1814, une première démonstration de ces engins avait suffi à convaincre le maréchal Davout.

La chute de l'Empire mit fin aux recherches, jusqu'en 1826 où l'anglais Robert Bedford proposa au ministère de la Guerre d'en confectionner pour le compte de l'artillerie.

De nombreuses recherches furent menées sur cet armement, entre 1826 et 1850, au polygone de Vincennes et à l'école d'artillerie de Metz. Deux modèles de ces projectiles furent admis pour le service, un modèle de 5 pour l'artillerie de campagne et un modèle de 7 pour l'artillerie de place.

L'avantage que l'on pouvait trouver à ces armes était de pouvoir être transporté et mis en œuvre facilement. En outre, les fusées disposaient d'une portée considérable, allant jusqu'à 3500 mètres, alors que les canons ne disposent que d'un rayon d'action ne dépassant pas 1000 mètres. Leur inconvénient était leur mauvaise précision et leur dangerosité. De nombreux accidents eurent lieu, résultant d'explosions accidentelles

Lorsque survient la guerre de Crimée, il fut admis que ce serait la marine qui fournirait les canons de gros calibres et les servants pour le siège de Sébastopol et ce, pour des problèmes de transport. Cependant, des fusées furent transportées en grand nombre et cet armement vient s'ajouter à l'artillerie de marine déployée au moment du siège.

En mai 1854, l'empereur demanda la mise au point de fusées pouvant disposer d'une portée de 5000 mètres, distance qui fut atteinte quelques mois plus tard seulement. En août 1854, des essais furent menés.

C'est en août de cette année, justement qu'est décidée l'attaque de Sébastopol. Autant dire que le temps presse pour l'armée. Si l'emploi de ces armes avait déjà été décidé lors des campagnes menées en Afrique, c'est en Crimée qu'elles furent testées pour la première fois, à l'occasion d'un conflit majeur. Les états-majors comptaient bien là-dessus pour qu'elles puissent remplacer les canons décidément bien difficiles à mettre en œuvre. D'une certaine manière donc, le bilan de leur utilisation sur le terrain allait décider l'avenir des recherches à mener sur l'artillerie classique.

Le 9 mars 1855, 48 fusées furent tirées sur un convoi de voitures russes. Il fallut attendre le 22, avec la capture de prisonniers, pour en connaître les effets. Seule une remise en bois avait été incendiée, ainsi que l'appartement du général Osten-Sacken.

Le 18 juin 1855, une fusée fit sauter une réserve de poudre contenant plusieurs milliers de bombes

Une autre atteignit une barque dans le port de Sébastopol, qui contenait 3 tonnes d'explosif, provoquant une déflagration et d'importantes pertes en hommes et en matériel

Là où elles eurent un effet marquant fut lors de la prise de Malakoff, le 8 septembre 1855 où là encore, elles permirent l'explosion d'une réserve de poudre destinée à des fourneaux de mine. En d'autres termes, le général Mac Mahon aurait été enseveli sans ce tir chanceux.

L'utilisation des fusées pendant ce conflit fut aussi marquée par des incidents. Le 17 juin, des artificiers inexpérimentés enfoncèrent les fusées trop fermement dans le sol, ce qui entraîna une explosion prématurée

Le bilan fut cependant mitigé. La précision de tir fut jugée trop mauvaise, et il fallait suppléer à cette imprécision, le nombre de tirs. Encore fallait-il que le but à atteindre soit suffisamment vaste. Les fusées sont sensibles au vent et les « *fuséens* » doivent tenir compte de ce paramètre sans pour autant disposer de mire, comme pour les artilleurs. On peut noter que le début de leur utilisation, en 1807 à Copenhague, les anglais avaient utilisé quarante mille de ces engins !

L'autre inconvénient fut la dangerosité de ces projectiles. De nombreux accidents mortels avait accompagné leur mise en œuvre et ce en dépit d'efforts menés pour réduire ces accidents. Il arrivait en effet que la charge propulsive se consumât plus rapidement que prévu, entraînant l'explosion de l'engin, ou que le cartouche se déchirât, avec des conséquences analogues. La principale cause de ces accidents était en général le manque de formation des servants de ces engins. Il se disait d'ailleurs que les fusées étaient plus dangereuses pour ceux qui les tiraient que pour l'ennemi.

Par la suite, ces fusées furent employées lors de l'expédition du Mexique où le tir de 20 d'entre elles seulement décida de leur abandon. En 1870, aucune ne fut tirée et il faudra d'autres conflits pour la voir reparaitre, sous un autre nom, la roquette.

En attendant, l'artillerie à canon rayée avait le champ libre.

Et après

En quelques années seulement, en dépit des oppositions, l'artillerie avait donc davantage progressé qu'en plusieurs siècles. Il fallait désormais affiner les recherches. Plusieurs axes devaient être étudiés.

Les projectiles

Il avait été déterminé que la résistance de l'air était proportionnelle au carré du diamètre de l'obus, ce qui amenait à déduire qu'il devenait inutile de ne penser qu'à augmenter le calibre des pièces. Or les besoins portant sur une recherche de projectiles les plus destructeur possibles, il fallait donc accroître la longueur des projectiles. Le poids du projectile s'en trouvait donc accru. Cependant, donnant une masse de projectile supérieure, l'action de recul s'en trouve augmenté, et avec elle on retrouvait le risque d'éclatement des pièces.

L'étope

Le valet d'étope avait permis d'aboutir à la mise au point du canon rayé lors de la guerre de Crimée. Or celui-ci avait l'inconvénient de se consumer trop rapidement. Il avait été objecté que lors d'un combat d'artillerie sous le vent, cette étope enflammée pourrait revenir sur le bâtiment. Il fut proposé de l'imbibber d'un mélange d'essence de térébenthine et ... d'urine humaine.³³ Une autre solution proposée fut de remplacer l'étope par de l'algue marine mais les performances de cette dernière idée étaient moindres que l'étope.

Les angles de rayures

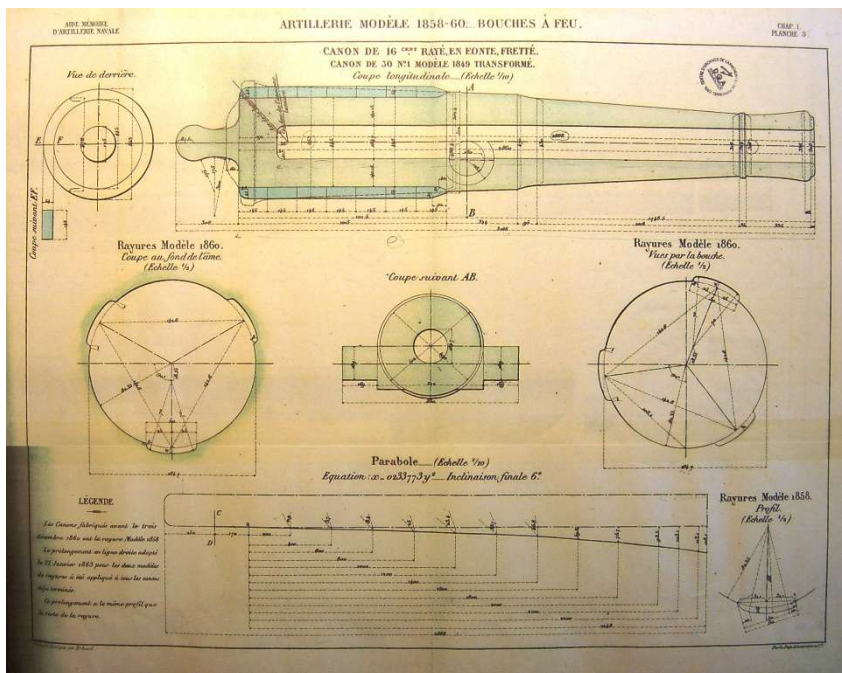
L'angle des rayures devait aussi être affiné. Un pas d'hélice de cinq mètres avait été une donnée arrêtée pour la fabrication du canon modèle 1855. Or il ne s'agissait là que d'une disposition prise dans l'urgence de la guerre. Elle avait pour objectif de donner une vitesse de rotation au projectile tout en évitant l'explosion de la pièce d'artillerie. La question allait se poser de pouvoir donner un pas d'hélice non constant dans le canon. Un pas court permettait de donner au projectile une plus grande vitesse de rotation avec les effets démontrés précédemment. Cependant, il avait été admis que cela fragilisait la pièce, augmentant les chances d'éclatement de celle-ci. Au contraire, un pas d'hélice trop grand diminuait les effets attendus du principe de rayure d'une pièce d'artillerie.

Déjà, ces pas variables avaient été testées entre 1852 et 1854, mais n'avaient pas permis de résoudre le principal écueil rencontré alors : l'éclatement des pièces. Or il avait été admis, non sans réticence dans un premier temps, que lorsque l'inclinaison des rayures est nulle à l'origine, puis croit au fur et à

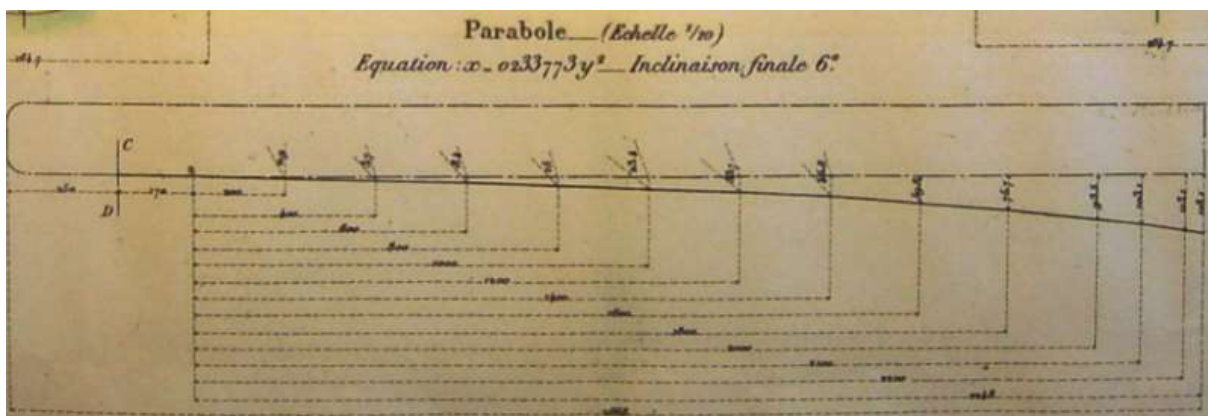
³³ L'essence de térébenthine ayant pour unique objectif de réduire les odeurs. Ce fut, à Gâvre, l'occasion de nombreuses plaisanteries parmi les ingénieurs.

mesure, leur action sur la vitesse de rotation du projectile est faible. Au fur et à mesure du parcours de l'obus dans le canon, le projectile subit une action de rotation autour de son axe de plus en plus fort. Or les gaz résultant de l'explosion de la charge de propulsion étant répandus dans un plus grand espace, leur pression s'en trouve diminuée et l'action sur le métal du canon s'en trouve réduite. C'était là la démonstration que des pas d'hélice non constant pouvaient permettre de résoudre le principal problème des canons rayés, l'explosion des pièces. Quant à la vitesse de rotation de l'obus, seul compte l'angle final de la rayure, au niveau de la tulipe.

Ainsi, en 1857, des essais sont pratiqués sur deux types de canon. Le principe de rayure est donc un pas d'hélice progressif, partant de zéro au niveau du cul de lampe et augmentant jusqu'à quelques centimètres de la tranche.



Exemple d'un canon conçu en 1858 à rayure à pas variable ; Le document, extrait de l'« Aide-mémoire de l'artillerie navale » montre la courbe parabolique de la rayure



Détail du document précédent présentant la rayure dite « parabolique ». L'équation $x=0,233773y^2$ donne l'évolution de l'angle de rayure en fonction de la distance parcourue dans le canon. L'inclinaison finale est de 6 degrés.

Le frettage : de la roue de wagon au canon

On l'a vu le principal problème lors de la mise au point des canons rayés était l'éclatement des pièces.

En cette fin de décennie, une solution se présente, et elle vient de la vallée du Gier.

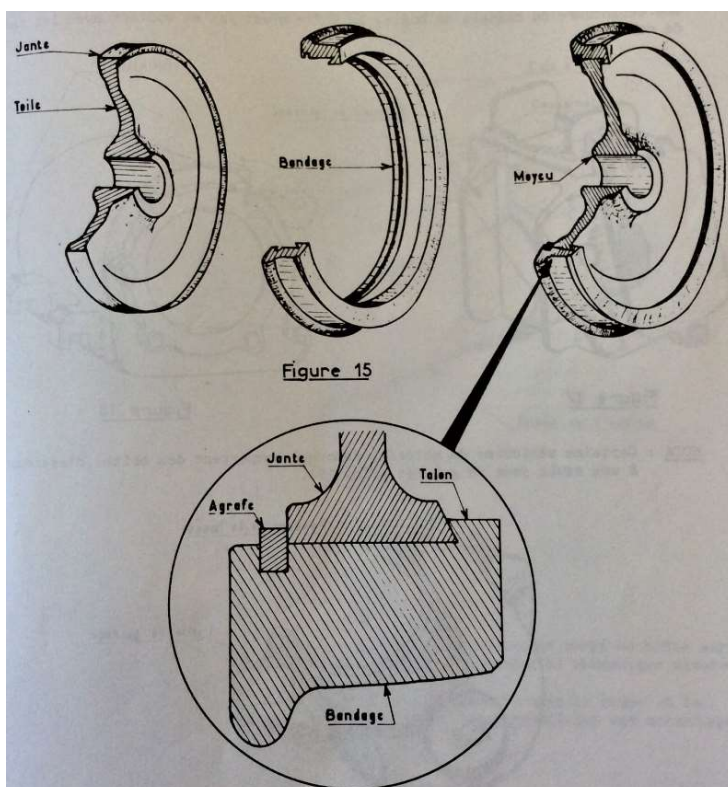
Pour comprendre, revenons en arrière.

En 1839, deux amis, Hippolyte Pétin et Jean Marie Gaudet, créent une entreprise sous le nom de « *Pétin-Gaudet* ». Hyppolite Pétin est un ingénieur prolifique issu de l'école des Arts et Métier. Jean-Marie Gaudet est un forgeron d'exception. De la réunion de ces deux hommes hors norme naît une entreprise prospère qui est à l'origine de nombreuses inventions. On dénombre, pas moins de 48 brevets entre la fondation de l'entreprise et l'année 1860. Ceux-ci portent surtout sur le forgeage du fer, avec la modernisation de marteaux pilons. En 1854, ils s'associent avec les frères Jackson pour former les « *Forges et Acieries de la Marine et des chemins de fer* ».

De ce mariage naîtra entre autres deux séries de brevets qui feront la réussite de l'entreprise.

La première série de brevets, dont le premier date de 1851, concerne le bandage des roues pour le chemin de fer ou la route.

Le brevet décrit le système ainsi : « *On sait que l'acier étant un métal beaucoup plus dur et plus homogène que le fer, il résiste bien plus que celui-ci au frottement et à l'usure. Par conséquent, pour le même travail, les mêmes charges ou les mêmes résistances à supporter, il est considérablement plus durable³⁴* ». Il est vrai qu'à l'époque une roue de wagon se décompose en deux parties distinctes, la toile et le bandage. Le bandage sert donc de table de roulement et assure un contact acier (de la roue) contre l'acier (du rail). Placé à chaud sur la toile de roue (voir schémas), il est y est maintenu avec des agrafes. Ce système ne sera remplacé par des roues monobloc que durant la seconde moitié du 20^e siècle.



Roue de chemin de fer à bandage
(collection privée)

Ainsi, l'entreprise acquiert un savoir-faire dans le fretage de l'acier.

³⁴ INPI, cote 1BB11017

L'autre série de brevets de cette même entreprise est l'amélioration des fours et des techniques pour la fabrication de l'acier puddlé³⁵. Le premier brevet date de 1856.

A priori éloignés du domaine de l'artillerie, les progrès effectués dans les évolutions des roues à bandages sont fondateurs pour les évolutions ultérieures des modes de fabrication des canons.

En effet, ce qu'il est possible de faire sur une roue de wagon pour la renforcer et éviter sa rupture, doit l'être aussi pour un canon afin de contraindre une éventuelle explosion de la pièce.

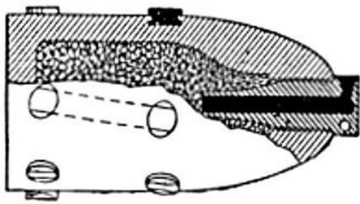
Avec l'expérience, un chef de pièce finit par savoir qu'un dégagement de fumeroles entre l'âme du canon et son frettage indique une rupture de la pièce. Il suffisait alors de déclarer la pièce inapte au tir. Auparavant ce genre d'incident se traduisait par des pertes humaines tragiques

L'évolution de la rayure des canons après 1860

Après 1860, la décision sera prise de ne pas persévérer dans la fabrication de canons à rayure dite « parabolique ». En effet, la Commission de Gêve avait déjà montré que l'air exerçait une force sur le projectile proportionnelle au diamètre de celui-ci. Donc, il y avait tout intérêt à concevoir des calibres les plus faibles possibles et d'imaginer un allongement des projectiles pour palier le fait que les diamètres ne pouvaient pas augmenter à la taille voulue.

Or plus l'obus est long, et plus il est difficile de lui donner une vitesse de rotation autour de son axe sans obtenir un problème dans la stabilisation. En effet, leur centre de gravité étant placé vers l'arrière, la pression aérodynamique dispose d'un plus grand bras de levier pour le faire basculer.

Donc, pour mieux stabiliser l'obus, il a été ajouté une deuxième série d'ailettes, obligeant ainsi à revenir à des rayures constantes dans le canon. En effet, la possibilité de concevoir des rayures à pas variables pouvait être réalisée du fait qu'il n'y avait qu'une seule rangée d'ailettes. Or avec deux rangées, il devient obligatoire d'avoir dans le fut du canon, un seul angle. D'ailleurs l'angle se retrouve dans le décalage des ailettes (voir dessins ci-dessous). C'est le système étudié par l'armée de terre depuis 1858, autrement appelé système « La Hitte ».



Sur ce dessin, on devine très bien l'angle formé par les série d'ailettes, donnant l'angle des rayures du canon.

Ce faisant, les artilleurs se retrouvaient confrontés au problème d'origine, à savoir l'éclatement des pièces. Il fallait donc palier ce problème en fabriquant de nouveaux modèles disposant de renforts plus conséquents, allant parfois jusqu'à donner des canons énormes en comparaison des diamètres d'obus.

³⁵ INPI, cote 1BB26261, 1BB33746



Obus découvert au Mont Faiere, quartier de Sainte Amélie, à Papeete. Il s'agit un obus d'un canon de calibre 24 modèle 1864. On y voit la double rangée d'ailettes, avec un décalage entre les ailettes correspondant à l'angle de rayure du canon (Photo transmise par l'inventeur archéologique du canon, Monsieur Robert Veccella)

Ci-dessous, le canon découvert au même endroit, après décapage.

