

Etude et optimisation d'armes médiévales

Ce sujet a suscité chez moi un intérêt particulier par l'aspect manuel et mécanique du projet. J'apprécie énormément le bricolage et l'époque du Moyen-Âge m'a fait énormément rêver dans ma jeunesse et l'idée de pouvoir y appliquer les connaissances acquises en prépa m'a attiré.

Mon sujet s'inscrit dans le thème car il aborde l'étude mécanique des différents aspects du trébuchet, en rapport avec les transformations énergétiques, puis par la transition entre armes mécaniques et armes chimiques avec son remplacement par le canon à poudre.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- DAVID- -KURAZ Yann
- HERNOUX Hugo

Positionnement thématique (ÉTAPE 2) :

- PHYSIQUE (Mécanique)
- INFORMATIQUE (Informatique pratique)
- PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)

Mots-clés (ÉTAPE 2)

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>trébuchet</i>	<i>trebuchet</i>
<i>effet magnus</i>	<i>Magnus effect</i>
<i>canon</i>	<i>cannon</i>
<i>trajectoire</i>	<i>trajectory</i>
<i>pendule</i>	<i>pendulum</i>

Bibliographie commentée

Arme apparue en Chine puis arrivée au XIIème siècle en Europe [1], le trébuchet représente l'apogée des armes de guerre à contrepoids en surpassant - et de loin - son prédécesseur, la catapulte [5]. Il ne sera pourtant utilisé que dans une courte période de l'Histoire avec l'arrivée au XIVème siècle de l'une des toutes premières armes à explosion : le canon [2,10].

Un trébuchet possède une portée de 200 mètres avec des projectiles de plus de 145 kilogrammes [5,1]. Malheureusement, il n'a qu'une cadence de tir d'un à deux tirs par heure [1]. Quant au canon, les tout premiers tiraient des boulets de pierre d'environ 25 kilogrammes à des distances de 100 mètres et une cadence de 10 coups par heure. Mais très vite, par leur développement, ils ont atteint les 600 mètres et plus. Cependant, ces premiers canons explosaient quasiment tous après seulement une dizaine de coups ce qui les rendait très dangereux pour leurs propres utilisateurs [10].

De plus, le trébuchet n'était déplaçable qu'en pièces détachées, ce qui nécessitait un convoi imposant et requérait un montage coûteux en temps. Enfin, le tout devait être encadré par des "engineers" qui étaient des spécialistes de l'arme [1]. Tout ceci en pleine guerre représentait ainsi un vrai défi. Alors que le canon, lui, était une arme aisément maniable et déplaçable avec des chevaux [10].

Il y a ainsi un important fossé technique séparant le canon du trébuchet pouvant expliquer sa disparition rapide.

Malgré tout, si l'on s'en tient aux premiers canons, l'arme qu'est le trébuchet se démarque par son excellente précision et sa robustesse dans le temps.

Grâce à un pendule double constitué d'un bras en bois et d'une corde, mis en mouvement par de lourds contrepoids, le trébuchet envoie d'imposants projectiles. Ces projectiles décrivent alors des paraboles avec des largeurs et hauteurs modifiables par de nombreux paramètres tels que les différents angles entre les constituants du trébuchet [8].

De plus, ces derniers subissent des frottements non négligeables. On doit également parler de l'effet Magnus : phénomène de mécanique des fluides qui, par une dépression due à la rotation de l'objet étudié, engendre une force pouvant se diriger vers le haut et ainsi modifier la trajectoire en augmentant la portée du lancer [3,4,6]. Cette dernière conséquence améliore notamment la sécurité de l'arme et de ses manutentionnaires face à l'ennemi. De plus, un autre facteur peut optimiser l'effet Magnus : la forme du projectile. Les balles de golf en sont un parfait exemple et leurs alvéoles ont pour unique but d'optimiser au maximum l'effet et ainsi avoir de meilleures trajectoires [6]. Dans l'étude, l'effet qui nous intéressera sera le "backspin", soit la rotation du projectile vers l'arrière orientant ainsi la "force" vers le haut [3,4]. Cependant, il faut noter que l'effet de rotation n'est pas évident à transmettre au projectile et s'il n'est pas assez important, il devient rapidement négligeable [6].

D'autre part, la structure du trébuchet est quasiment entièrement constituée de bois, un matériau possédant tout à la fois une importante résistance et une impressionnante élasticité permettant de supporter des contrepoids de plus de deux tonnes en statique comme en dynamique [7]. Il est ainsi nécessaire que la structure du trébuchet soit très résistante car elle est soumise à des chocs et contraintes très élevés.

Pour ce qui est du canon, même s'il peut à première vue sembler rudimentaire ou évident dans son fonctionnement, ce dernier ne l'est point. Il repose en effet sur les caractéristiques physiques et chimiques de la poudre, pouvant créer une grande puissance mécanique [9]. Celle-ci, lors de la réaction, va produire une grande quantité de gaz comprimés qui vont par la suite provoquer l'explosion. D'ailleurs, les innombrables guerres ont permis de fulgurantes avancées techniques de l'arme, dont la recette de la poudre qui a beaucoup évolué en termes de puissance de déflagration [9].

Problématique retenue

Comment le trébuchet, via sa précision, est devenu l'arme la plus crainte du Moyen-Âge et était-ce possible de le perfectionner davantage afin d'éviter son remplacement face au canon ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Construire une maquette de trébuchet fonctionnelle
- Comparer avec la puissance d'un canon de l'époque
- Utiliser l'outil informatique pour modéliser le trébuchet
- Trouver par le calcul des moyens d'optimiser le trébuchet ainsi que les rapports et proportions idéales
- Test de résistance des matériaux du trébuchet

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

[1] CHÂTEAU DU CALMONT D'OLT : Les machines à contrepoids articulés : <https://www.chateaucalmont.org/ch%C3%A2teau/le-saviez-vous/le-tr%C3%A9buchet/#:~:text=Le%20tr%C3%A9buchet,Europe%20autour%20du%2012e%20si%C3%A8cle>

[2] PATRICE BRET : Apparition des armes à feu : [https://www.universalis.fr/encyclopedie/apparition-des-armes-a-feu/#:~:text=En%20Chine%2C%20la%20poudre%20noire,Ans%20\(1337%2D1453\)](https://www.universalis.fr/encyclopedie/apparition-des-armes-a-feu/#:~:text=En%20Chine%2C%20la%20poudre%20noire,Ans%20(1337%2D1453))

[3] TRI BUI DINH : Thèse : "ETUDE EXPERIMENTALE DES ACTIONS HYDRODYNAMIQUES SUR UNE SPHERE EN TRANSLATION ET ROTATION DANS UNE GAMME DE NOMBRES DE REYNOLDS INTERMÉDIAIRES" : <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01776274v1>

- [4] ANCHAL SAREEN, KERRY HOURIGAN, MARK C. THOMPSON : Varying Magnus effect on a rotating sphere at intermediate Reynolds numbers : [https://www.sciencedirect-com.budistant.univ-nantes.fr/science/article/pii/S0142727X24002261](https://www.sciencedirect.com.budistant.univ-nantes.fr/science/article/pii/S0142727X24002261)
- [5] RENAUD BEYFFETTE : Les machines de guerre au Moyen-Âge : édition Ouest-France
- [6] BAPTISTE DARBOIS TEXIER : "Tartaglia, Zigzag & Flips" : les particules denses à haut Reynolds : https://hal.science/tel-01083862/file/These_Darbois_Texier.pdf
- [7] MATS DANIELSSON : What is the Physics behind a Counterweight Trebuchet : <https://www.comsol.com/blogs/what-is-the-physics-behind-a-counterweight-trebuchet>
- [8] DONALD B. SIANO : Trebuchet Mechanics : <https://www.yumpu.com/en/document/read/11357865/trebuchet-mechanics-the-algorithmic-beauty-of-the-trebuchet>
- [9] STANISLAS DE CHAWLOWSKI : Poudre noire : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/poudre-noire/>
- [10] JEAN MARIE BORGHINO : L'apparition de l'artillerie médiévale : <https://jeanmarieborghino.fr/lapparition-de-lartillerie-medievale/>

DOT

- [1] : premières tentatives début 2024
- [2] : Construction du premier trébuchet Juin 2024
- [3] : Utilisation d'un drone et d'un accéléromètre pour recueillir des données sur notre trébuchet Septembre Octobre 2024
- [4] : Codage d'algorithmes python pour exploiter nos expériences Janvier 2025
- [5] : séparation thématique du groupe Mars 2025
- [6] : Rupture du trébuchet et construction du second Avril Mai 2025
- [7] : Utilisation d'un canon au stand de tir Mai 2025
- [8] : Utilisation d'un drone et d'un accéléromètre pour recueillir des données sur notre second trébuchet et exploitation numérique Mai 2025