

Etude et optimisation des trajectoires d'une fusée hydropneumatique.

Ayant déjà fait des fusées à eau, je me suis demandé d'où provenait leur comportement dans les airs. De plus, il s'agit d'un jeu destiné à tous âges dont le fonctionnement regorge de notions scientifiques que je trouve passionnantes, c'est pourquoi j'ai décidé d'en faire le thème de mon TIPE.

En premier lieu, il s'agit d'un jeu ludique, l'objectif, en fait, étant premièrement de s'amuser. De plus, il existe des compétitions dédiées au lancement de fusées à eau regroupant plusieurs épreuves avec différents objectifs, ce qui fait ainsi rentrer ce sujet dans le thème de l'année.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

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

<i>trajectoire</i>	<i>trajectory</i>
<i>fusée</i>	<i>rocket</i>
<i>optimisation</i>	<i>optimisation</i>
<i>interprétation</i>	<i>interpretation</i>
<i>expérimentation</i>	<i>trial</i>

Bibliographie commentée

Les fusées à eau ont un fonctionnement pouvant paraître simple aux premiers abords mais qui se révèle en réalité des plus complexe. En effet, ces fusées voient leurs trajectoires soumises à différents paramètres et ce, durant différentes phases : par exemple, lors de sa propulsion, les forces que subit celle-ci ne sont pas les mêmes que lors de la phase de vol ; ce qui pousse ainsi à se demander quelles différentes approches scientifiques sont nécessaires afin de les étudier. C'est alors en 2007 que la NPL (National Physical Laboratory) expliqua la majorité du fonctionnement de ce type de fusée par une approche de vulgarisation puis de calcul visant à le rendre compréhensible par beaucoup [1].

En réalité, la trajectoire des ces engins hydropneumatiques dépend principalement des deux phases citées précédemment : celle de poussée et celle de vol ; constituant ainsi deux sujets d'études distincts même si étroitement liés.

C'est dans ce contexte que différentes études sont apparues, permettant de mieux comprendre et de mieux contrôler les phénomènes physiques derrière ces phases. Dans le cas de la deuxième (vol), la recherche se focalise principalement sur des applications des principes fondamentaux de la dynamique en prenant essentiellement en compte l'impact que peut avoir la force de gravitation émise par la Terre et des paramètres aérodynamiques tel que la force de traînée [2].

La poussée, quand à elle, a fait que les chercheurs ont du, en plus de s'intéresser aux concepts nécessaires durant le vol, prendre en compte des notions thermodynamiques. Comme le montre les publications à ce sujet, cette phase se sépare en deux moments : l'éjection du liquide contenu dans la bouteille puis l'expansion du gaz sous pression dans celle-ci, qui, si ils ne sont pas pris en compte, peuvent amener à des résultats incohérents [1/2/3].

Certains phénomènes extérieurs peuvent aussi être pris en compte même si cela nécessite une modélisation complexe de ceux-ci comme il est possible de le voir dans l'étude d'Olivier Flamand au sujet de l'impact que peut avoir le vent sur des systèmes dynamiques [4].

D' impacts majeurs sur la trajectoire de la fusée sont apportés par les conditions initiales de décollage telles que la proportion de liquide, la nature de celui-ci, la pression du gaz dans la bouteille ou encore les dimensions de celle-ci, nécessitant ainsi une certaine optimalité et un certain équilibre [1/3]. Cela s'illustre particulièrement lors de simulations de vol car en effet, les progrès numériques ont aussi facilité les recherches à ce sujet grâce à des algorithmes rendant les calculs plus aisés et une possibilité de modéliser informatiquement et donc aussi de simuler la trajectoire de différents lancements [1/2].

C'est ainsi ces études et cet intérêt pour les fusées à eau qui ont mené à la création d'une multitude de compétitions dans différents pays [5/6] mettant en œuvre lors de plusieurs épreuves la capacité des candidats à faire correspondre la trajectoire de leur création à leurs attentes, posant ainsi une problématique d'optimisation de celle-ci et faisant par la même occasion de ces épreuves des sujets d'étude à part entière.

Problématique retenue

Le mouvement des fusées à eau étant soumis à de nombreux paramètres, comment les prendre en compte et les optimiser afin d'obtenir une trajectoire proche de celle voulu ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Etude théorique des phénomènes physiques ayant lieu lors du vol d'une fusée à eau en fonction de différents paramètres pris en compte ou négligés.

- Interprétation des résultats précédents afin de comprendre quels paramètres entre réellement en jeu et quels sont leurs impacts.
- Conception d'un programme informatique prenant en entrée les données de la trajectoire voulu et visant à donner des paramètres initiaux de décollage.
- Expérimentation pratique ou numérique (simulation) tout au long du projet si possible afin de vérifier les résultats des différents objectifs.
- Application des résultats aux épreuves de compétitions.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1]** MICHAEL DE PODESTA / NPL WATER ROCKET HELPERS TEAM : A guide to building and understanding the physics of Water Rockets : https://www.npl.co.uk/skills-learning/outreach/water-rockets/wr_booklet_print.pdf
- [2]** DEAN WHEELER : Equations et calculs de trajectoires : <http://www.et.byu.edu/~wheeler/benchtop/>
- [3]** FRANCO NORMANI : Analyse physique d'une fusée à eau : <https://www.real-world-physics-problems.com/water-rocket-physics.html>
- [4]** OLIVIER FLAMAND : ACTIONS DU VENT SUR LES OUVRAGES EFFETS DYNAMIQUES : <https://aiv.asso.fr/wp-content/uploads/2022/04/Cours-Flamand.pdf>
- [5]** PLANÈTE SCIENCES : Premier exemple de "compétition" : <https://www.planete-sciences.org/espace/Rocketry-Challenge/Presentation#Missions-et-reglement-2024>
- [6]** SIMPLY SCIENCE : Deuxième exemple de "compétition" : <https://www.simplyscience.ch/fr/jeunes/agenda/championnat-de-fusees-a-eau-jeunes#:~:text=But%20du%20championnat,'aide%20d'une%20pompe>.