**INTRO**

1/Ce TIPE traite l'optimisation du propulseur électromagnétique, c'est un système qui permet d'accélérer des masses métalliques, des applications sont la mise en orbite de satellites, le transport ou encore le militaire.

**EXPERIMENTATIONS**

2/Je me suis servi de ce modèle pour la construction du lanceur, on convertir l'énergie électrique du secteur avec un pont de diode, les condensateurs se chargent lisser cette tension et se charge à travers une résistance de charge (400J).

-La dernière étape est de faire décharger les condensateurs dans un circuit RLC, la self comprend un noyau mobile qui se déplace, le but étant de le faire partir avec la plus grande vitesse possible.

3/La maquette comprend ce circuit RLC mais aussi des éléments de sécurité comme un transformateur d'isolement et plusieurs disjoncteurs différentiels

-Les résistances en bas a droite servent à réguler et contrôler la charge des condensateurs ils ont chacun un radiateur à ailettes pour dissiper la chaleur, au total 600ohm.

4/Pour pouvoir contrôler la capacité et la tension de tir j'ai du mettre en oeuvre un circuit de commutation rudimentaire, en fermant les interrupteur devant les flèches rouge les dipôles sont en parallèle, et en série si on ferme ceux devant la flèche jaune

-Pour maximiser la vitesse de sortie il faut charger en parallèle et décharge en série. Mais on peut aussi faire varier la capacité sur une large palette avec ce circuit.

5/Pour permettre la précision du positionnement il a fallu construire un support de projectile avec un vernier de lecture pour relever la rentrée du cylindre métallique dans la bobine, la self varie de 1 à 150 mH en fonction de la position du projectile.

6/Le rendement est défini comme l'énergie cinétique du projectile divisée par l'énergie stockée dans les condensateurs

-Pour quantifier le rendement il faut mesurer la vitesse de sortie, pour ce faire j'ai a d'abord essayé la méthode évidente par caméra rapide, relever les positions avec regavi ou avimeca et dériver numériquement, dans mon cas la caméra filmait à 240 image/s, à cette allure les images étaient trop floues et le relevé dérivait mal

7/J'ai donc tenté un relevé audio, en mettant le micro au centre de l'essai, on relève le bruit du contacteur au départ puis le son du choc du projectile, l'écart temporel des deux mesures nous permet de déduire la vitesse du projectile si on a la distance du tir.

**THEORIE**

Pour optimiser les paramètres du tir il a fallu mettre en place un modèle de simulation

8/En appliquant les équations de maxwell on trouve le champ magnétique et ensuite l'action de celui ci sur le projectile.

-Finalement on obtient une équation différentielle du mouvement non linéaire régie par l'intensité traversant la bobine et sa dérivée

9/L'inductance varie selon la position du projectile car celui ci est en acier, un modèle simple est de considérer les parties acier et air séparées et de les adjoindre en série.

-On a plutôt choisi de mesurer l'inductance avec le noyau dans plusieurs configuration pour extrapoler à l'aide regressi un modèle de la self.

10/On résout donc en premier lieu l'équation électrique pour tirer l'intensité, c'est un circuit RLC série à inductance variable.

Ce schéma bloc n'a pas d'entrée, la condition de démarrage est la tension initiale du condensateur.

11/ Une fois l'intensité trouvée on peut résoudre numériquement l'équation du mouvement. Avec la position on trouve l'inductance pour obtenir finalement un système totalement bouclé. Le relevé de la vitesse finale nous permettra de calculer le taux de transfert d'énergie.

-On voit que l'accélération change de signe avec I, I' et g(z), g(z) est la fonction qui fait que le projectile est toujours attiré vers le centre de la bobine.

12/ En observant la courbe d'intensité on place donc les point où I et I' changent de signe, c'est en ces points que l'accélération change de signe, mais celle ci change aussi de signe lorsque la balle franchi le centre de la bobine, donc en synchronisant bien la position et l'intensité on peut maximiser le temps d'accélération positive comme sur le bandeau inférieur

13/ Sur cette courbe de vitesse, au point 1 la balle franchit le milieu de la self, et les point 2, 3 et 4 sont les changement d'intensité, donc ici l'intensité est bien en retard sur la position, on voit donc que les temps de décélération sont très longs.

**OPTIMISATION**

14/ Pour palier ce phénomène on augmente la capacité du circuit, donc le temps de décharge des condensateurs diminue, c'est une des synchronisation possible du circuit qui augmente l'énergie transmise au projectile car les creux de vitesses sont aplanis. On constate une augmentation du rendement de 6% par rapport au tir désynchronisé.

-Une autre synchronisation possible aurait été de tenir le projectile et de faire un lâcher en différé par rapport à l'intensité

15/On montre que l'on peut maximiser celui ci en déplaçant le projectile à l'entrée de la bobine, la configuration la plus efficace est lorsque celui ci est entré le moins possible, pour un gain de 3% de rendement, sur cette courbe on a fait l'expérience et comparé à la théorie pour voir que les deux concordait, c'est le cas en ordre de grandeur, l'erreur relative est très correcte

16/ Une dernière optimisation est faite sur la forme, on a constaté qu'un cylindre creux avait moins de volume pour accueillir les courants induit qu'un cylindre plein. De plus un projectile effilé était meilleur qu'un cylindre a longueur égale.

**BILAN**

- On a donc pu effectivement augmenter le rendement du projectile de manière significative et ces optimisations sont valable pour les lanceurs de plus grande envergure d'après le modèle, cependant à plus grande échelle il faudrait prendre en compte l'effet de peau.

- je n'ai pas étudié l'utilisation d'un blindage magnétique pour le projectile car le modèle utilisé pour le champ magnétique en présence d'acier est trop basique (modèle linéaire)

- Lors de ce projet j'ai pu confirmer la présence d'une force due à l'inhomogénéité du champ magnétique, c'est quelque chose qui n'est pas étudié dans le cadre du programme de PT.

- La construction de la maquette m'a aussi permis de faire un peu d'électronique de puissance et je me suis formé à la résolution d'équation différentielle sur python et simulink