



Projet Hermès - Eirspace

# Compte-rendu



# Sommaire

<b>Objectifs du projet</b>	<b>3</b>
<b>Conception</b>	<b>3</b>
Mécanique	3
Électronique embarquée	4
Temporisation	5
Expérience embarquée	5
<b>Lancement</b>	<b>5</b>
Résultats du vol	5
Résultats de l'expérience embarquée	6
<b>Ressenti de l'équipe au C'Space 2017</b>	<b>7</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>7</b>
<b>Annexes</b>	<b>8</b>

## - Remerciements -

Les membres du projet Hermès tiennent à remercier particulièrement :

- **Tous les partenaires** de l'association Eirspace pour leur soutien technique et financier
- La société **Art Pub Sérigraphie** pour nous avoir fourni gratuitement les vignettes apposées sur Hermès
- La société **Bâches de l'Océan** pour son soutien technique
- Mr. **Laurent MÉNARD** pour le logo du projet
- L'**ENSEIRB-MATMECA** de Talence, nous fournissant des locaux ainsi que du matériel de pointe
- Le **CNES** ainsi que **Planète Sciences**, pour l'organisation d'un évènement aussi exceptionnel que le C'Space. Un grand merci aux bénévoles également.

Nous tenions enfin à remercier **les membres du projet Déméter**, qui nous ont apporté une aide cruciale, sans quoi Hermès n'aurait très certainement pas volé cette année.

## Objectifs du projet

Le but premier du projet Hermès était de permettre une stabilisation du roulis (mouvement de rotation selon l'axe longitudinal) d'une mini-fusée à l'aide d'une roue d'inertie. Malheureusement, l'avancement de l'électronique embarquée étant beaucoup trop faible à notre arrivée au C'Space, l'expérience n'a pu voir le jour. L'objectif fut alors ramené à de simples mesures d'accélération.

## Conception

### Mécanique

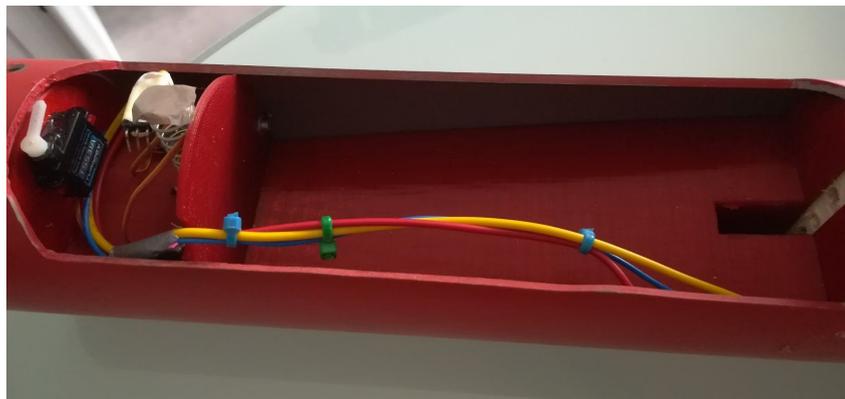
Le tube constituant le fuselage est en P.V.C., permettant une bonne adéquation entre résistance mécanique et légèreté. Le choix de ce matériau se justifie également par le gain de temps que cela impliquait. L'usinage se fait sans trop de difficultés, contrairement aux matériaux moins souples, et le P.V.C. reste une matière peu chère. Nous verrons cependant que la résistance mécanique du P.V.C. comporte une certaine limite dont nous avons été témoin en récupérant la fusée après le vol.



*Hermès dans la tente préparation avant son lancement*

L'ogive a quant à elle été imprimée en 3D. L'usage de cette technique permet d'obtenir un profil relativement précis et affiné rapidement. Le matériau utilisé est du PLA (acide polylactique), dont la résistance mécanique est très limitée. Cependant, les contraintes appliquées sur l'ogive étant elles aussi relativement faibles (sans parler de l'atterrissage, qui peut provoquer des dégâts mais dont les conséquences sur la bonne tenue du vol sont nulles), l'utilisation du PLA ne pose pas de problème. Ce matériau étant de plus très léger, le choix du PLA pour l'ogive se justifiait amplement. En revanche, il est important de noter qu'un vol dans des conditions de pluie ou de très fortes températures aurait pu être compromis, le PLA étant sensible à l'humidité et aux températures dépassant les 50°C (au-delà, le matériau commence à ramollir). Le deuxième cas étant assez peu probable malgré la période estivale, le premier cas de figure pouvait quant à lui se présenter. Une couche de peinture a donc été ajoutée afin de protéger le PLA de l'humidité.

L'emplacement du parachute est aménagé en haut du tube, juste au-dessous de l'ogive. Au lieu de simplement disposer le parachute directement dans le tube, une structure imprimée en 3D y est installée. Son rôle est de pousser le parachute hors du tube lors de l'ouverture de la trappe. Un servomoteur est disposé en haut de la structure, un ressort étant installé quelques centimètres plus bas. Lorsque le servomoteur permet l'ouverture de la trappe, le ressort la repousse vers l'extérieur et le parachute sort sans difficulté. En-dessous de ce système se trouve une plaque de bois de 1,5 mm d'épaisseur permettant de lier solidement le parachute à la fusée. Cette plaque est fixée au tube à l'aide de 4 vis. Étant donné les contraintes associées à la décélération lors du déploiement du parachute, il aurait été peu sécurisé pour la structure imprimée en 3D d'y lier directement le parachute, d'où l'utilisation d'une plaque beaucoup plus solide.



*Structure parachute et système d'éjection*

La structure interne portant les circuits est également imprimée en 3D. Le caractère pratique de cette technique est à souligner, celle-ci permettant de développer une structure propre et efficace. Il s'agit de deux pièces identiques auxquelles sont fixés le circuit d'alimentation comportant les interrupteurs et indicateurs lumineux, et 3 tiges filetées. Ces pièces sont ensuite fixées au tube à l'aide d'un système vis/écrou. Sont fixées sur les tiges filetées le reste des circuits électriques (temporisation et expérience). La question de la résistance mécanique est encore une fois à poser. La majeure partie des contraintes exercées sur ces pièces viendront de la réaction sur les vis lors de l'accélération (les pièces

s'appuient sur les vis pour contrer leur inertie). S'ajoute à cela l'inertie des circuits transportés qui implique également une contrainte sur les pièces porteuses. Mais il est clair qu'au vu des masses faibles mises en jeu (les pièces ainsi que les circuits sont très légers), les inerties associées à ces masses le sont également. D'où une utilisation du PLA justifiée.

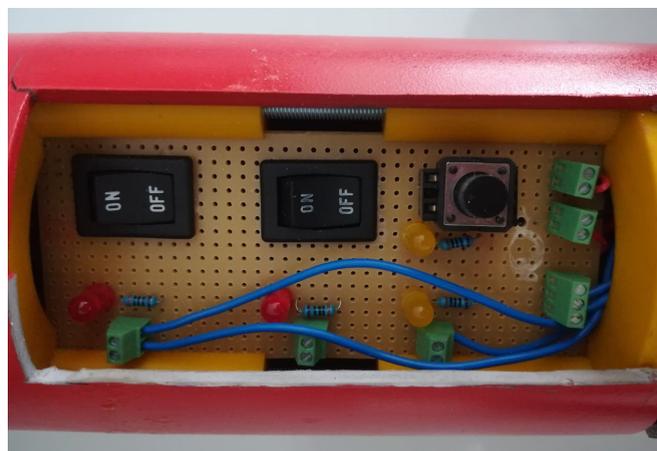
La structure comportant les ailerons et le maintien au tube est celle qui posait le plus de questions. La partie supérieure de chaque ailerons est solidement fixée sur deux bagues en PLA permettant de fixer le tout au tube. Ceci permet notamment de limiter les vibrations. La partie inférieure des ailerons s'insère dans l'unité de maintien du propulseur en contreplaqué. Ce système évite les vibrations de trop grande amplitude ainsi que les efforts de flexion sur les ailerons : ceux-ci étant fixés sur toute la longueur, il n'y aura pas d'effet de couple entre le vent relatif et les fixations. En revanche, l'unité propulseur comportera une certaine faiblesse supplémentaire. Elle est fixée au tube à l'aide de 4 vis à bois au niveau de la plaque de poussée. Le matériau constituant les ailerons est du PCB, qu'il est aisé de travailler et léger.

## Électronique embarquée

L'électronique embarquée se compose de deux systèmes principaux :

- la temporisation, permettant l'ouverture automatique de la trappe parachute,
- l'expérience embarquée, dont l'objectif est de relever les données d'accélération en translation et rotation.

Le tout est alimenté par deux piles 9V, une par système précédemment décrit. Un panneau de contrôle permet de conditionner l'alimentation de ces systèmes à l'aide de deux interrupteurs. Des leds témoignent de leur bon fonctionnement et un bouton poussoir permet d'ouvrir et fermer la trappe manuellement.



*Panneau de contrôle*

## Temporisation

Après une tentative de développement d'une temporisation analogique, l'équipe a été contrainte de passer sur un système Arduino. Le principe a été maintes et maintes fois repris : un jack court-circuité est relié à une carte Arduino nano, ainsi qu'un servomoteur contrôlant l'ouverture de la trappe. Le programme implémenté en contrôle le fonctionnement. Lorsque l'Arduino est alimenté, le servomoteur entre en position "fermée", la trappe est donc fermée. L'allumage d'une led permet de témoigner de la bonne position du servomoteur : lorsqu'elle est éteinte, la trappe est ouverte, et inversement. Même principe pour l'insertion du jack : une led s'allume lorsque qu'il est branché, et s'éteint lorsqu'il est arraché. Une fois le jack débranché, l'Arduino délaie l'ouverture de la trappe d'une durée de 6,5 secondes. A la fin de cette séquence, le servomoteur entre en position "ouverte", la trappe s'ouvre et la parachute est éjecté.

## Expérience embarquée

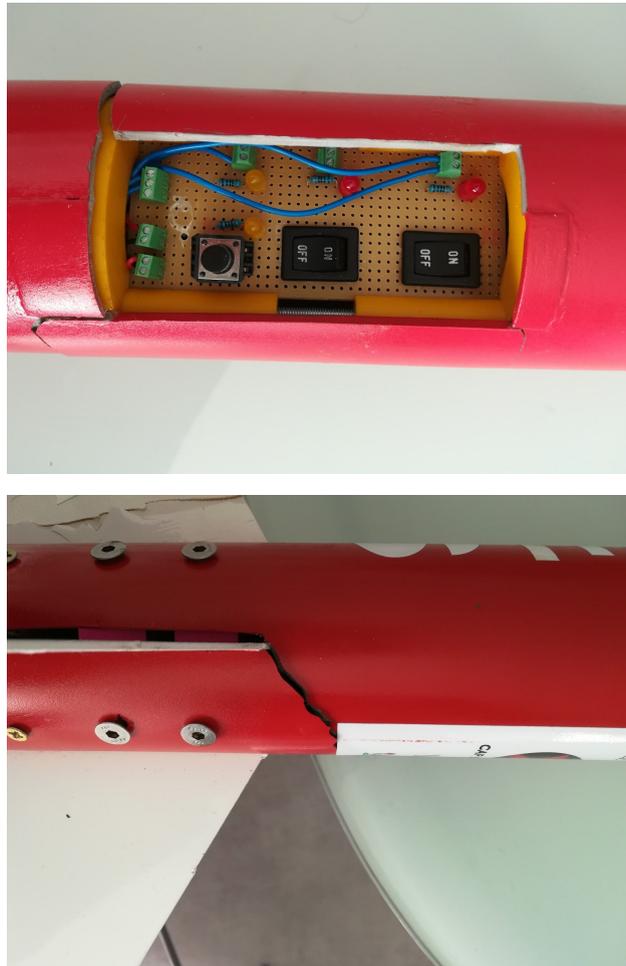
Afin d'effectuer et de sauvegarder les mesures effectuées en vol, un autre système Arduino a été utilisé. Un accéléromètre MPU6050 spécialement conçu pour les cartes Arduino est installé. Celui-ci est disposé le plus possible vers le centre du tube, son axe longitudinal (axe Z) devant confondre avec celui de la fusée. Il est donc posé à plat sur la carte expérience et relié à un Arduino Nano. Dès qu'il est alimenté, l'Arduino collecte des données et les renvoie sur un lecteur de carte micro SD où elles seront consignées dans un fichier texte. Un système de déclenchement n'a pu être développé, faute de temps. L'alimentation est contrôlée par un interrupteur, et une led s'allume lors de la mise sous tension du système expérience embarquée.

## Lancement

### Résultats du vol

La fusée a effectué un vol nominal après 3 passages en qualification. La mise en rampe s'est effectuée sans difficulté et aucun dysfonctionnement n'a été observé dans les systèmes embarqués. Des dégâts assez conséquents ont cependant été observés sur le tube et les ailerons, dûs à une vitesse de descente trop élevée lors de l'atterrissage. On peut clairement constater que deux ailerons ont en premier temps percuté le sol, les écartant l'un de l'autre. Ceci a provoqué une cassure sur les pièces de maintien en PLA ainsi qu'une fissure sur le tube. La fusée s'est ensuite couchée, le choc entraînant d'autres dégâts sur le tube. On remarque que les fissures partent essentiellement des coins de la section rectangulaire permettant l'accès au panneau de contrôle. L'angle marqué entre chaque bord implique en effet une certaine faiblesse du matériau à cet endroit précis et favorise les

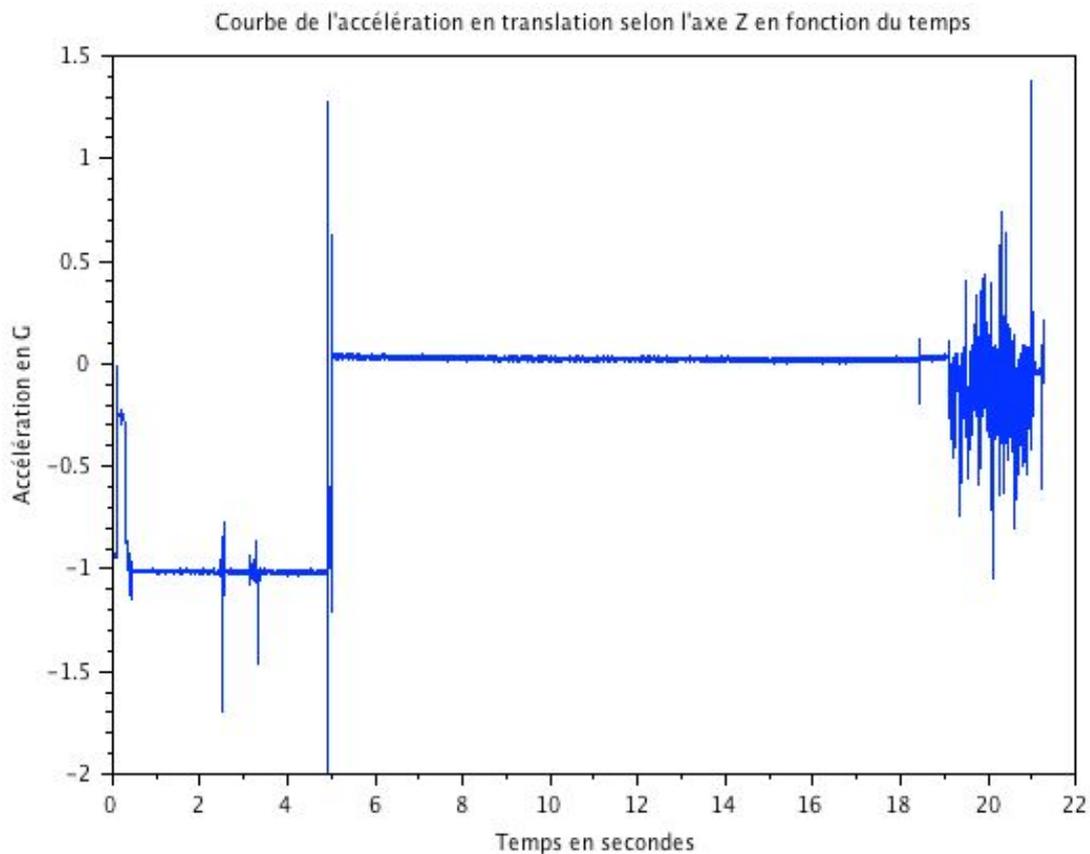
cassures. On peut s'en convaincre en constatant que la section de la trappe parachute n'a entraîné aucune fissure lors de l'atterrissage, comportant des bords plus arrondis.



*Fissures provoquées par le choc avec le sol à l'atterrissage*

## Résultats de l'expérience embarquée

Des données d'accélération ont pu être collectées lors du vol. Les graphes de toutes les accélérations en fonction du temps sont consignés en annexe. Malheureusement, l'accéléromètre ayant été mal calibré, on peut seulement déduire de ces graphes la forme globale de l'accélération, sans valeur précise. Le cas le plus intéressant est celui de l'accélération suivant l'axe longitudinal de la fusée, sur lequel se trouve le vecteur accélération associé à la force fournie par le propulseur. On remarque un pic lors de la mise à feu et une importante décélération lors de l'ouverture parachute ainsi qu'à l'atterrissage. Il est clair cependant que les valeurs renvoyées par l'accéléromètre sont faussées, très certainement dûs à un mauvais calibrage, effectué par un code implémenté dans la carte Arduino. On remarque également que les instants correspondant à des pics d'accélération ne semblent pas cohérents avec le déroulé du vol, des données n'ont donc pas été enregistrées.



L'équipe reste quand même satisfaite d'avoir pu tester ce système, et compte bien corriger les dysfonctionnements à l'avenir, forte de cette première expérience.

## Ressenti de l'équipe au C'Space 2017

Le C'Space 2017 fut une aventure extraordinaire ! Vivre au quotidien avec des passionnés a rendu l'événement encore plus fort.

Cette expérience nous a fait comprendre que le travail en équipe n'est pas toujours évident. Sans qu'il y ait de réelles tensions au sein du groupe, une fois le travail réparti, il est difficile de s'assurer que chaque membre s'attèle sérieusement à la tâche à laquelle il est assigné. C'est ainsi que nous sommes arrivés au C'Space avec seulement la moitié de l'électronique de faite. Malgré tous nos efforts et l'aide des bénévoles, nous n'avons pas pu la terminer. Mais 3 membres de notre association ont décidé de prendre les choses en main et ont refait entièrement les circuits en une seule journée ! Sans eux, Hermès n'aurait pas été lancée.

L'évènement en lui même était bien organisé : des professionnels pour nous aider sur les stands, les salles des contrôles... Chacun a un rôle important sur la zone de

lancement et la rigueur des manipulations est assez impressionnante. Nous avons pris plaisir à mettre en rampe cette fusée tout en étant accompagnés d'un drone immortalisant les exploits de chaque projet !

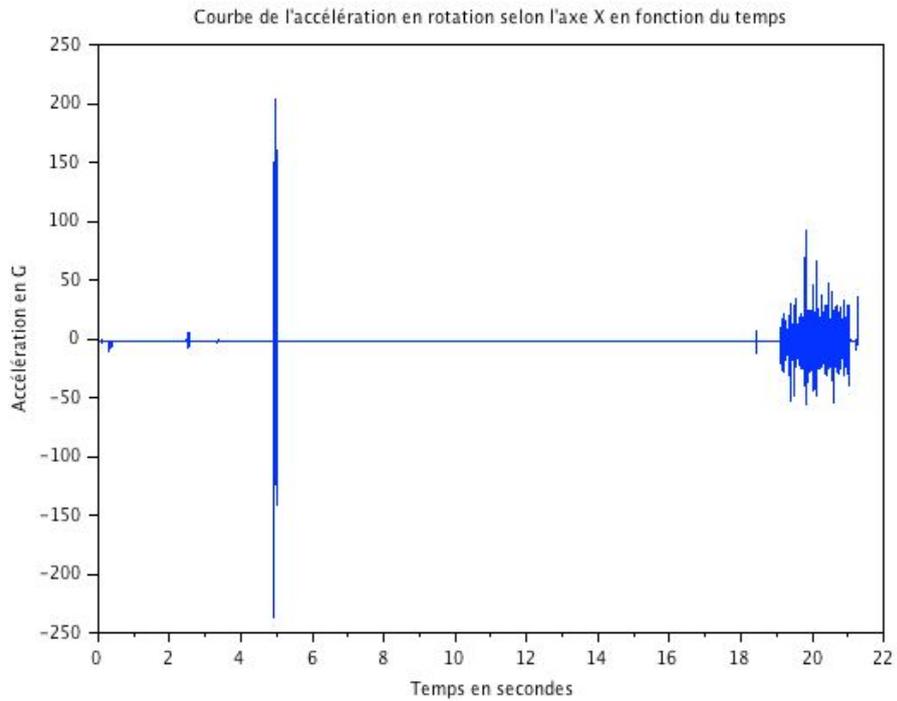
Le bâtiment des stands nous semble le plus emblématique de ce C'Space. On y voyait de jeunes passionnés de tous les âges s'atteler à la tâche. Et il n'y avait vraiment aucune compétition. On s'entraidait et se prêtait du matériel aussi souvent qu'on le pouvait.

## Conclusion générale

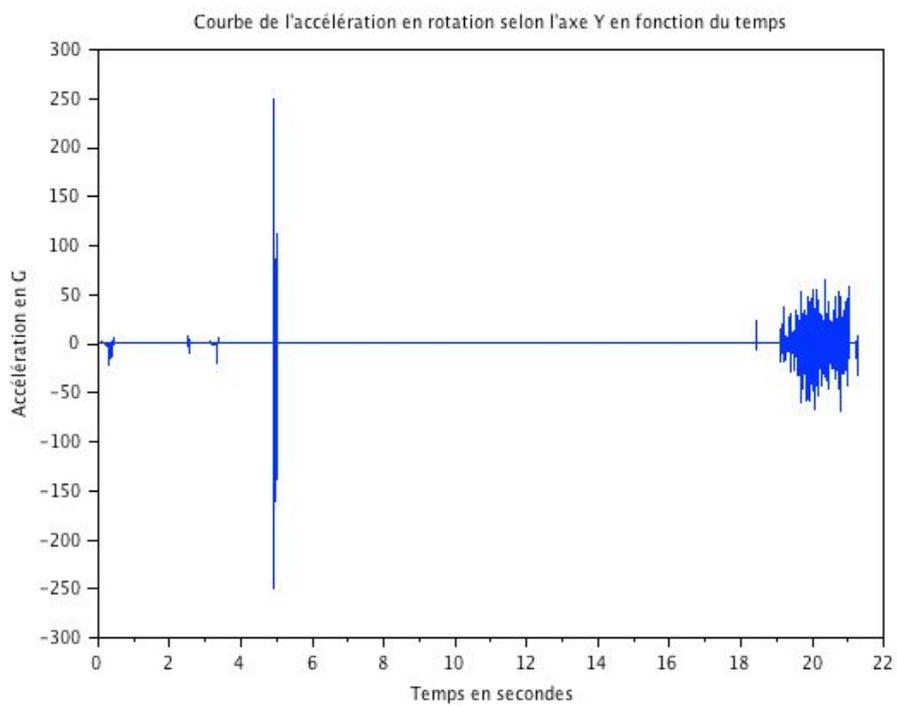
Le vol d'Hermès a été un succès malgré une expérimentation qui n'a pu être finalisée en accord avec les objectifs du projet. Cette campagne nous aura montré que rien n'est joué tant que les qualifications ne sont pas définitivement closes, la fusée ayant validé son passage en rampe in extremis. Les détails techniques ou les points théoriques abordés par les bénévoles afin de nous venir en aide ont été plus que bien accueillis et sont loins d'être oubliés. L'équipe reste donc sur une note très positive et compte bien tirer partie de l'expérience qu'elle a pu acquérir lors de cet évènement qu'est le C'Space, et ne peut qu'en bénéficier dans les projets à venir.

# Annexes

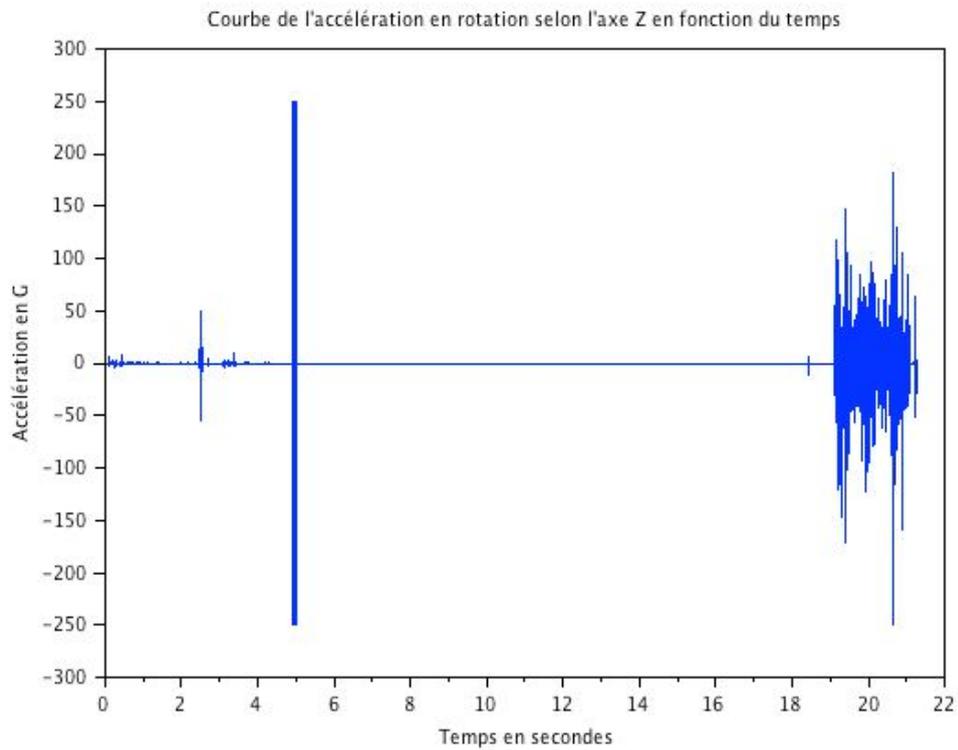
## Annexe 1



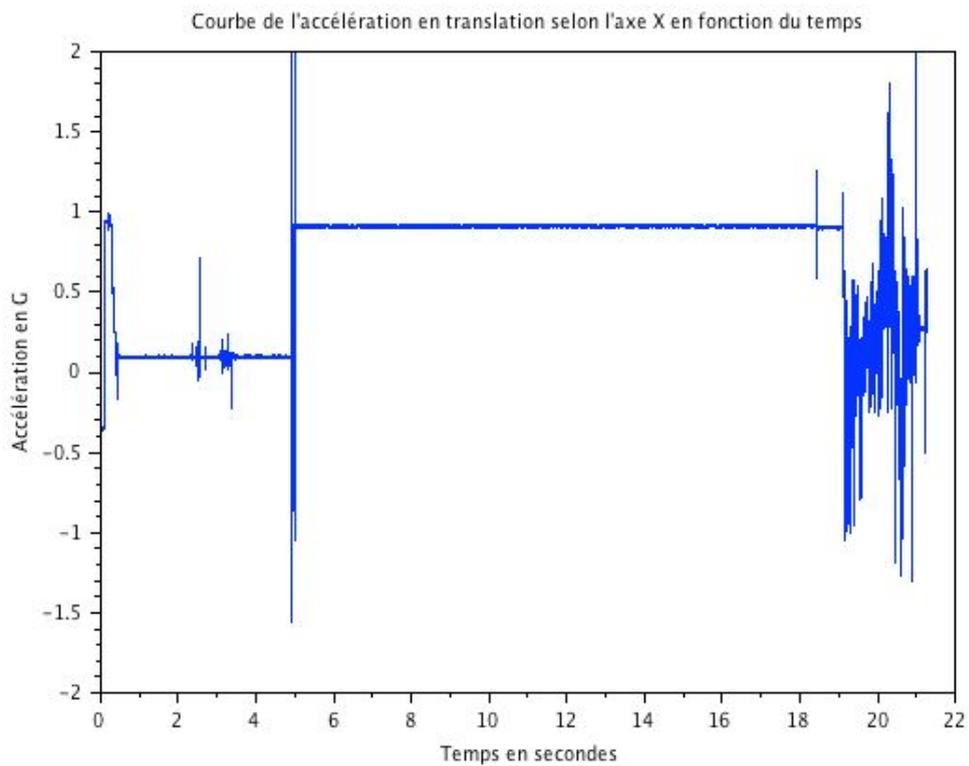
## Annexe 2



### Annexe 3



### Annexe 4



## Annexe 5

