Fondation pour la culture scientifique et technique

RECTORAT DE L'ACADEMIE DE CLERMONT-FERRAND

Sciences à l'École

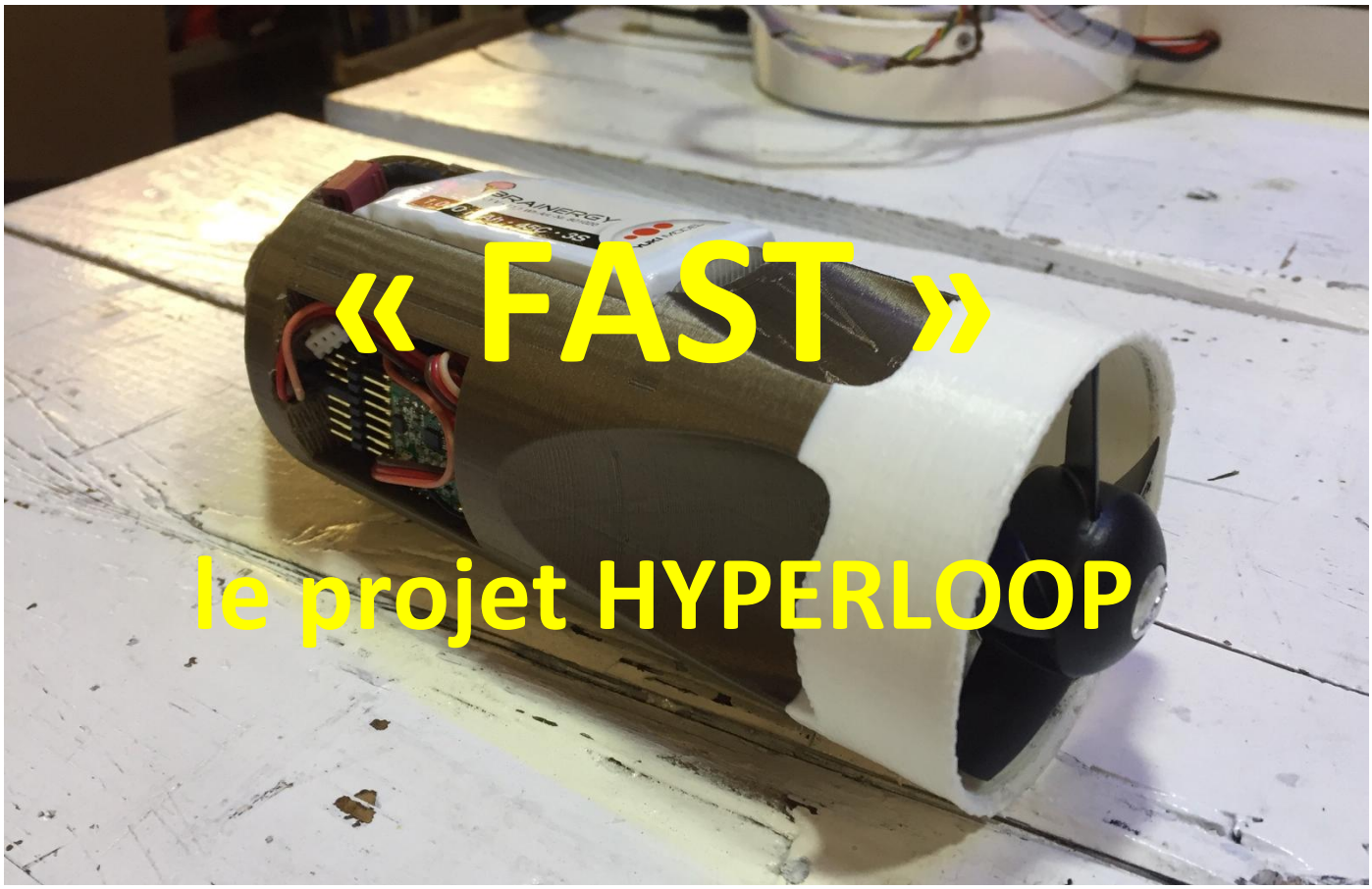
www.sciencesalecole.org

arkima développement web 3D

HelicoRacing

COMPTE-RENDU

PROJET CGÉNIAL 2017



« FAST »

le projet HYPERLOOP

COLLÈGE IRÈNE ET FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE À AUBIÈRE

PUY-DE-DÔME CONSEIL GÉNÉRAL

COLLÈGE JOLIOT CURIE

L'alchimie maths-sciences-anglais fonctionnant bien, nous présenterons nos travaux en anglais. Le nom de notre projet en est d'ailleurs la preuve : FHHST qui devient **FAST !**

FAST = FHHST (Frictionless Hyper High Speed Train)

FAST

I. SOMMAIRE

	Page de garde	p 1
I.	Sommaire	p 2
II.	Mise en œuvre	p 3
III.	Le projet HYPERLOOP	p 4
IV.	Notre problématique	p 5
V.	Quelle technologie choisir ?	p 6
VI.	Les partenariats	p 7
VII.	Quelques étapes importantes du projet	p 8
VIII.	Nos résultats aujourd'hui	p 11
IX.	Les évolutions envisagées d'ici à fin Mai	p 13
X.	Conclusion	p 13

II. Mise en œuvre :

Lors de la fin d'année scolaire 2015-2016, nous nous sommes réunis pour essayer de trouver un sujet tournant autour de la **mobilité**. Ce thème très actuel est un enjeu majeur de notre société : en effet, les moyens de locomotions actuels sont polluants ou énergivores ou lents. Beaucoup d'idées ont été proposées, Gaspard, membre de l'équipe C.Génial, nous a parlé de **l'Hyperloop**, un projet américain qui constitue une alternative à tout ce que nous connaissons déjà. C'est donc ce sujet qui a été retenu.

Le groupe CGénial 2017 s'est formé en Juin 2016 puis en Septembre. Pour des questions d'emploi du temps, ce « club science » a été programmé le Vendredi de 12h30 à 13h30. Les encadrants sont : Mmes Brustel (Mathématiques) et Portanier-Cordelet (Anglais) et M. Pétiniot (Sciences Physiques).

Tout le monde se retrouve donc pour une heure (qui est bien trop courte.. !) pour travailler. Plusieurs Mercredis ont été nécessaires pour avancer le projet

Au final, 13 élèves inscrits : **8 filles et 5 garçons**.

De gauche à droite : Matias, Clémence, Caroline, Félix, Gaspard, Mélina, Fanny, Raphaël, Ellia, Madeline, Jérémy, Clémence et Thelma.

Les premières séances ont servi à définir le contour de notre projet : découvrir le projet américain choisir notre problématique, mettre en place des partenariats pour nous aider…

Nous avons fait des choix :

- ☐ Prendre des **photos et vidéos** sur chaque séance ;
- ☐ Réaliser un hyperloop miniature pour illustrer le **principe de fonctionnement** ;
- ☐ Présenter nos travaux en **anglais** car il s'agit d'un projet impulsé par Elon Musk, un américain.

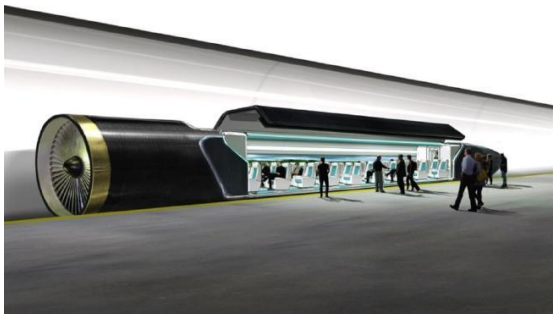
Nous travaillons sur chaque séance en groupe mais pas toujours sur le même objectif. Chacun peut ainsi effectuer des tâches de nature différente au fil des semaines.»

III. Le projet HYPERLOOP

L'Hyperloop est un nouveau moyen de transport imaginé par ElonMusk, qui a aussi créé PayPal. Il est le PDG de Space X et de Tesla. Ce milliardaire, très jeune est connu pour impulser des projets de très grande envergure.

L'idée directrice est la vitesse. L'Hyperloop doit atteindre **1200 km/h**. Ainsi, il faudrait moins d'une heure pour traverser la France !

ElonMusk a simplement donné l'idée. Désormais, tout le monde est autorisé à reprendre le projet. De fait, les étudiants d'UCLA ont décidé de travailler sur le projet. Le projet est soutenu par la SNCF puisqu'elle a décidé de donner 82 millions de dollars à la compagnie américaine Hyperloop One qui veut remporter ce défi.



Leur idée est une capsule qui se déplace dans un tube sous basse-pression. Cette capsule est composée d'une hélice, d'un moteur et de batteries. Elle ne subira aucun frottement extérieur autre que celui de l'air. C'est de ce dernier dont elle se servira pour avancer, puisque la turbine aspire cet air sur l'avant afin de se propulser et afin de se soulever puisqu'elle le rejettera au niveau des tuyères situés sur le bord de la capsule.

Une autre société Hyperloop Transportation Technologies a décidé de s'implanter à Toulouse en France. Elle a misé sur la technologie magnétique. Elle s'installera sur une ancienne base militaire qui servira de piste d'essai d'environ 1 kilomètre. Voici une nouvelle preuve que le projet Hyperloop n'est pas considéré comme irréalisable par tout le monde et qu'il prend de l'ampleur internationale.

IV. Notre problématique.

La question que nous nous posions était de savoir comment nous pourrions créer un Hyperloop en taille réduite.

Ce challenge était d'autant plus intéressant que l'Hyperloop n'en est vraiment qu'à l'état de projet. Il pourrait d'ailleurs ne jamais voir le jour.. !

La question était difficile et nous avions plusieurs idées : Faire léviter le module à l'aide d'aimants ou grâce à un souffle d'air….
Une de nos camarades, Fanny, nous a apporté un ballon de foot lévitant grâce à un coussin d'air (voir ci-contre).

Nous avons donc estimé que cette méthode était envisageable.

L'idée a germé et nous avons finalement opté pour un mobile propulsé par l'air à l'aide d'une hélice pour des raisons évidentes : tout d'abord car l'air pulsé pourrait faire soulever notre mobile (et donc quasiment annuler les frottements) mais également le propulser.
(De plus, il y a deux ans le groupe de C.Génial 2015 de notre collège avait travaillé sur le sujet de la lévitation électromagnétique.)

Notre problématique est donc devenue :

Sommes-nous capables de déplacer un objet dans un tube, uniquement grâce à l'effet d'une hélice en rotation ?

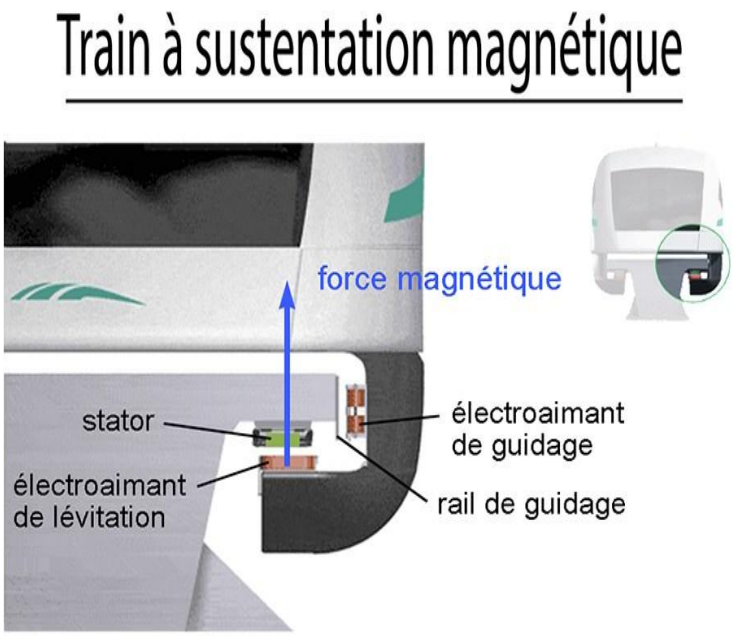
Notre projet répond aussi à une problématique **sociétale** qui est de se déplacer confortablement, à une très grande vitesse, tout en respectant **l'environnement**. En effet, limiter les frottements, c'est **diminuer la consommation de l'énergie** nécessaire pour se déplacer.

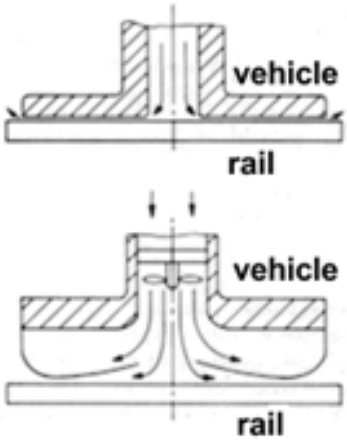
V. Quelle technologie choisir ?

Avant de commencer notre projet nous devions choisir de quelle manière fonctionnerait le mobile, comment il pourrait avancer en lévitant.

Deux choix se présentaient à nous :

- Le premier était de soulever le mobile par **force magnétique**, c'est à dire placer des aimants sur un rail et sur le mobile. Les aimants se repousseraient par force magnétique, et permettraient la lévitation du mobile sans contact avec le tuyau. Mais nous n'avons pas choisi cette possibilité à cause du coût élevé des aimants. De plus, le projet CGénial du collège en 2015 portait déjà sur ce thème.





- Le deuxième choix était d'utiliser un principe de palet autoporteur, faire léviter notre mobile par courant d'air aspiré par une hélice placée à l'avant. Cette méthode consiste à faire léviter le mobile dans le tuyau pour annuler les frottements avec le tube, pour augmenter la vitesse et créer un système économe en énergie. Nous avons choisi cette méthode car elle nous tentait beaucoup : Parvenir à déplacer un objet juste grâce à une hélice en rotation nous a très vite intrigué.

VI. Le(s) partenariat(s) :

Premièrement, nous avons rencontré notre premier partenaire, l'association **Astu'sciences** représenté par **M. Frédéric Macé** à la fin de notre année de 4ème. Par la suite, les élèves ayant intégré le projet, ont pu le revoir durant une visite à la salle Georges Conchon de Clermont-Ferrand, le 13 octobre 2016 pour une séance de courts-métrages sur le thème de la mobilité. Il nous a apporté son aide en nous a permis de toucher une subvention de 300€ *de l'Association « Passion Recherche » du CNRS*. Ceci nous a permis d'acheter du matériel et de débuter notre réalisation. Il nous a également permis de visiter **l'Institut Pascal** le 30 janvier 2017. Ce partenariat a sans doute été important pour nous.

Dans un second temps, le directeur de l'entreprise **Arkima** spécialisée dans le développement web 3D, **M. Samy Lange**, est venu nous rendre visite pour nous présenter un logiciel de création en trois dimensions nommé Blender. Il nous a montré les fonctionnalités de ce logiciel qui pouvait nous aider sur notre projet.

Ensuite, nous avons contacté la personne qui tient « **HélicoRacing** », une boutique de modélisme située à Nohanent, près de Clermont-Ferrand : Monsieur **Jérôme Derue**. Il nous a aidés à trouver

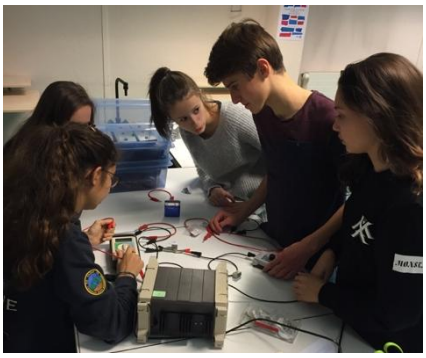
les pièces adaptées à notre projet et nous a également imprimé plusieurs modèles 3D car nous ne disposons pas d'imprimante au collège.

En effet, lors de nos expérimentations nous avons modifié les contraintes que notre système nous imposait et plusieurs mobiles ont été réalisés. Nous avons espéré le rencontrer quelques temps plus tard au collège pour des explications approfondies mais son emploi du temps est incompatible au nôtre.

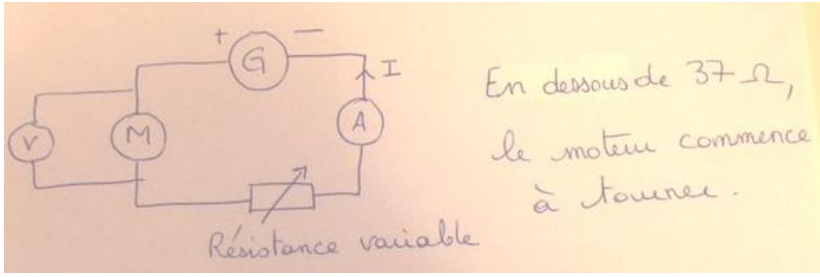
Enfin, nous avons eu la possibilité de nous faire aider du « **Bivouac** » un booster de start-ups du bassin Clermontois. Malheureusement, nous n'avons plus eu de nouvelles assez rapidement.

VII. Quelques étapes importantes du projet

A. Comment faire varier la vitesse de rotation d'une hélice ?

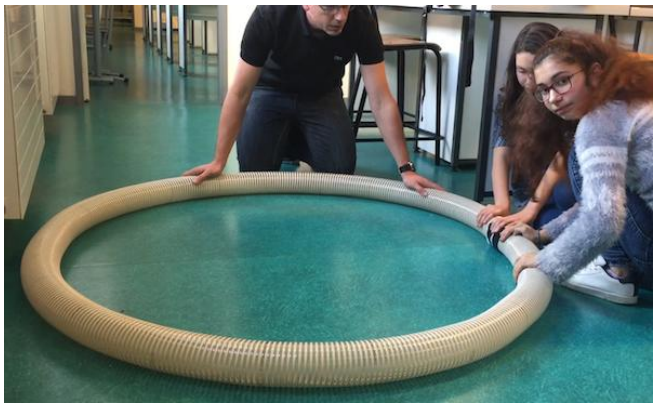


L'étude du système électrique qui permet à un récepteur de recevoir une tension variable : Avec une résistance variable, la tension du moteur change et sa vitesse de rotation aussi.



B. Où trouver le matériel ?

Le tube qui permet au mobile de circuler devait être en plastique souple et transparent. (diamètre 80 mm). Ce n'est pas courant. Finalement, nous avons trouvé un tube souple pour l'évacuation des copeaux de sciure dans les scieries. Il est solide, souple, partiellement transparent et lisse à l'intérieur. (Il est aussi très cher !)



C’est ensuite dans une boutique de modélisme que nous avons fait nos achats : La nécessité d’avoir des pièces petites, légères et performantes nous a orienté vers la boutique HélicoRacing de M. Derue.

Notre matériel : une turbine de moins de 70mmm de diamètre, un moteur brushless pour l’entrainer, un variateur pour modifier sa vitesse de rotation, une batterie et un système de radio-commande (émetteur plus récepteur).

C. Un projet… en anglais !

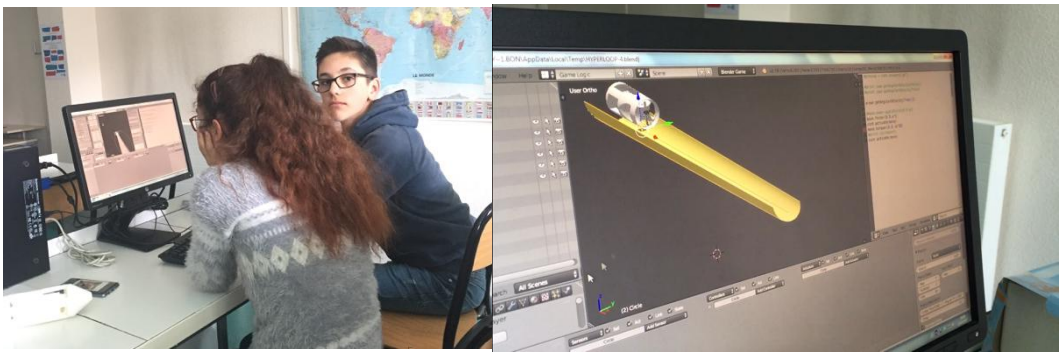
Pour parfaire notre connaissance du projet, plusieurs séances ont été basées sur des recherches et sur des études de documents. Nous l’avons fait en anglais.
Le projet de base étant américain, nous avons trouvé un grand nombre de documents sur le sujet. Nous nous sommes principalement concentrés sur des articles vidéo pour travailler le vocabulaire mais également l’accent.

D. Comment fonctionne une hélice ?

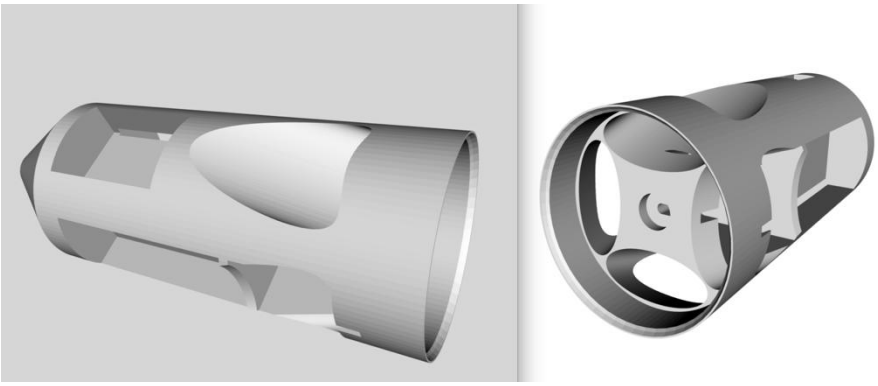
Une hélice, en tournant, aspire l’air qui est devant elle et le pousse vers l’arrière. Ce mécanisme provoque une baisse de la pression de l’air devant la turbine et une augmentation de pression à l’arrière.
Alors, comme les nuages qui vont des zones de fortes pressions vers les zones de pressions plus faibles, le véhicule équipé de la turbine va avancer.

E. Dessiner le mobile en 3D.

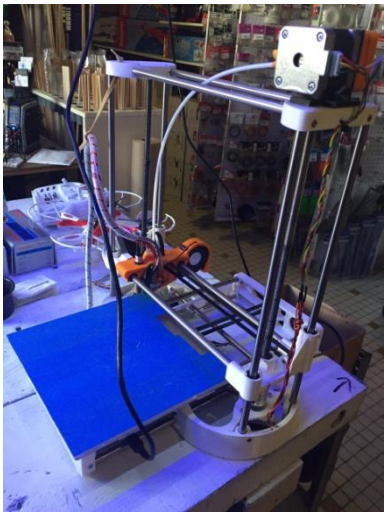
Nous avons établi un cahier des charges pour les dimensions et la forme de notre mobile. Il a fallu intégrer tous les éléments (turbine, moteur, batterie…) en restant sur des dimensions raisonnables.



Avec le logiciel Blender, nous avons (avec une vraie aide de M. Derue) obtenu le mobile suivant :



Impression 3D

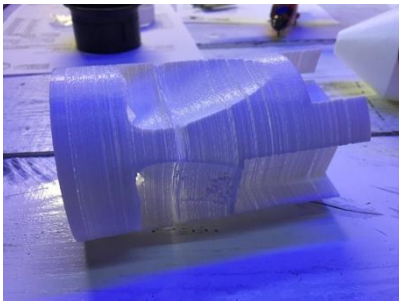


Nous avons eu besoin d'utiliser l'impression 3D pour confectionner notre mobile, mais nous n'avions pas d'imprimante 3D au collège. Là encore, nous avons contacté M. Derue.

Données : Le plastique PLA est plus léger que l'aluminium : d(aluminium)=2,7g/cm3 contre 1,25 g/cm3 pour la densité du PLA.

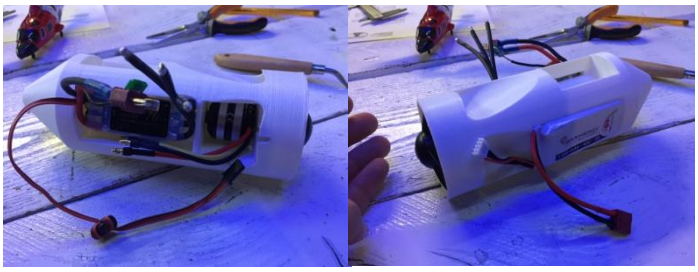
F. Les premiers essais

La mise en place du projet et les étapes précédentes ayant pris beaucoup de temps, nous avons pu tester notre premier mobile en Février.

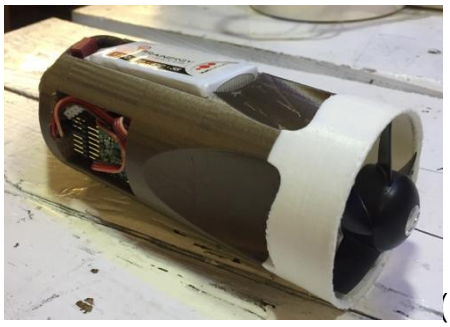


- **<u>1er mobile :</u>**Le résultat n'a pas été super : Tout d'abord, l'impression 3D n'a pas réussi car le plastique était de mauvaise qualité. Une fois ce problème réglé, des soucis de dimensions se sont révélés.

- **2ème mobile :** Le premier test dans le tube a été fait. Quand l'hélice tournait, le mobile n'avançait pas. A pleine puissance, il tentait d'avancer par à-coup, difficilement, et son principal mouvement était de tourner sur lui-même ! De plus, sa batterie débordait. Il y avait donc un nombre de frottements bien trop importants.



- **3ème mobile :** C'est le dernier né. Il est bien adapté pour tous ses composants. Il nous permet de réaliser des tests intéressants. Il mesure 15 cm de long, 7 cm de diamètre et pèse 350g.


(nos résultats dans le VII…)

VIII. Nos résultats aujourd'hui.

Aujourd'hui, nous disposons d'un mobile qui fonctionne avec une hélice qui peut atteindre une vitesse maximale de 45000 tours/min !!! Cela crée un souffle d'air impressionnant.
L'évacuation de l'air par les 4 tuyères placées sur les côtés permet de soulever le mobile.

Placé au sol et sans guidage, **notre mini-Hyperloop avance**. Sa trajectoire n'est pas complètement rectiligne mais il ne tourne pas sur lui-même. Nous avons évité cette situation car l'hélice représente un réel danger !

Une fois dans le tube en forme de cercle, le résultat est plus contrasté : le mobile avance peu et tourne beaucoup sur lui-même. Nous pensions que **l'effet gyroscopique** était responsable de ce phénomène mais ce sont principalement les **frottements** avec le tube qui sont trop importants (On pense que la capsule se soulève de manière inégale entre

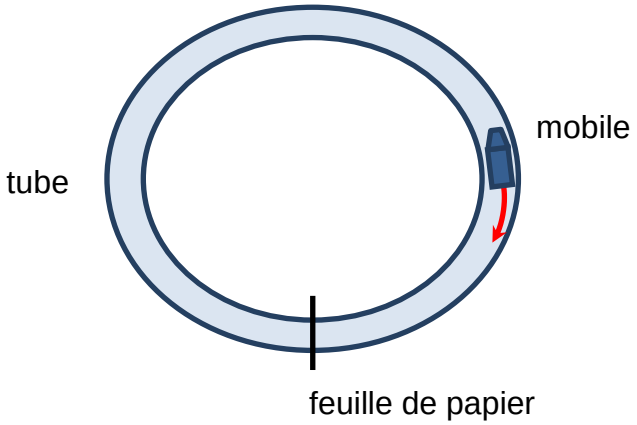
l'avant et l'arrière). L'effet gyroscopique est donc accentué.

Finalement, nous avons compris après plusieurs séries de tests que la boucle formée par le tube joue contre nous : en effet, le mobile crée une circulation d'air qui devient une opposition au déplacement de notre capsule.

Nous nous sommes finalement demandé si le circuit devait être en ligne droite ou bien circulaire. La réponse est qu'il doit être **fermé à son extrémité** pour permettre au mobile d'avancer.

Dans cette situation, notre Hyperloop est capable de se déplacer dans un **tube droit** (2 descentes de gouttière en PVC de 7,6cm de diamètre intérieur. Cela fait un déplacement de 4 m). Ceci ne correspond pas vraiment à l'idée que nous avions au départ : créer une maquette transparente pour voir le mobile se déplacer. De plus, à la sortie des tubes, le mobile va très vite et se comporte comme un projectile !

Pour garder cette idée de tube circulaire transparent, nous avons bouché une extrémité du tube, tout en conservant la boucle (voir schéma)



Au démarrage, le mobile prend de la vitesse et effectue un tour complet. La feuille de papier empêche l'air éjecté par la capsule de venir lui faire face ensuite.
L'Hyperloop atteint rapidement une vitesse assez importante (que nous cherchons à mesurer par chronophotographie).
Après **un tour très satisfaisant**, il traverse la feuille, ouvrant le circuit. On s'aperçoit alors du phénomène noté précédemment : le mobile ralentit et s'arrête au bout d'un demi-tour.

Nous ne cherchons pas à ouvrir le tube au passage de la capsule et à le fermer ensuite pour créer un mouvement permanent du mobile dans le tube : ce n'est pas notre objectif, ni le principe de l'Hyperloop (qui ne naviguera pas ans des circuits fermés aussi courts).

IX. Les évolutions envisagées d'ici à fin Mai.

Afin d'être prêts pour une éventuelle finale nationale, nous avons pour objectifs :

- De **mesurer la vitesse** maximale atteinte par le mobile. Nous pensons qu'elle doit être proche des 10m/s, ce qui, dans une classe, est déjà impressionnant sachant que le mobile se déplace en courbe, ce qui augmente les frottements sur les parois du tube.

- Nous allons mettre en place un système de chronophotographie qui permettra avec les logiciels « Avimeca » et « Regressi » de déterminer la valeur de la vitesse atteinte.

- Nous souhaitons aussi installer une DEL bleue sur les flancs du mobile. Toujours par chronophotographie, nous pourrons quantifier la rotation du tube sur lui-même pendant son déplacement. En effet, cet Hyperloop a vocation à transporter des passagers !

- Une fois l'étape précédente réalisée, nous limiterons cette rotation, soit en orientant les tuyères vers les côtés pour créer une contre-force, soit en installant une seconde hélice à l'arrière soit en créant un volet « anti-couple » à l'arrière du mobile (et en le commandant avec notre radio grâce à un servo-moteur).

- Enfin, nous pensons qu'alléger le mobile est encore possible et nous envisageons de gagner encore sur la masse de l'ensemble. (batterie plus légère, forme de l'arrière du mobile plus biseautée, évidement plus important de l'intérieur de notre impression 3D…)

X. Conclusion.

Nous nous sommes donc fixé, en début de projet, un objectif élevé. Nous voulions créer une maquette spectaculaire d'un train révolutionnaire qui n'existe pas encore. Nous avions des doutes sur notre capacité à réussir.

Plusieurs observateurs extérieurs se sont d'ailleurs montrés très sceptiques. Cela a renforcé notre motivation…

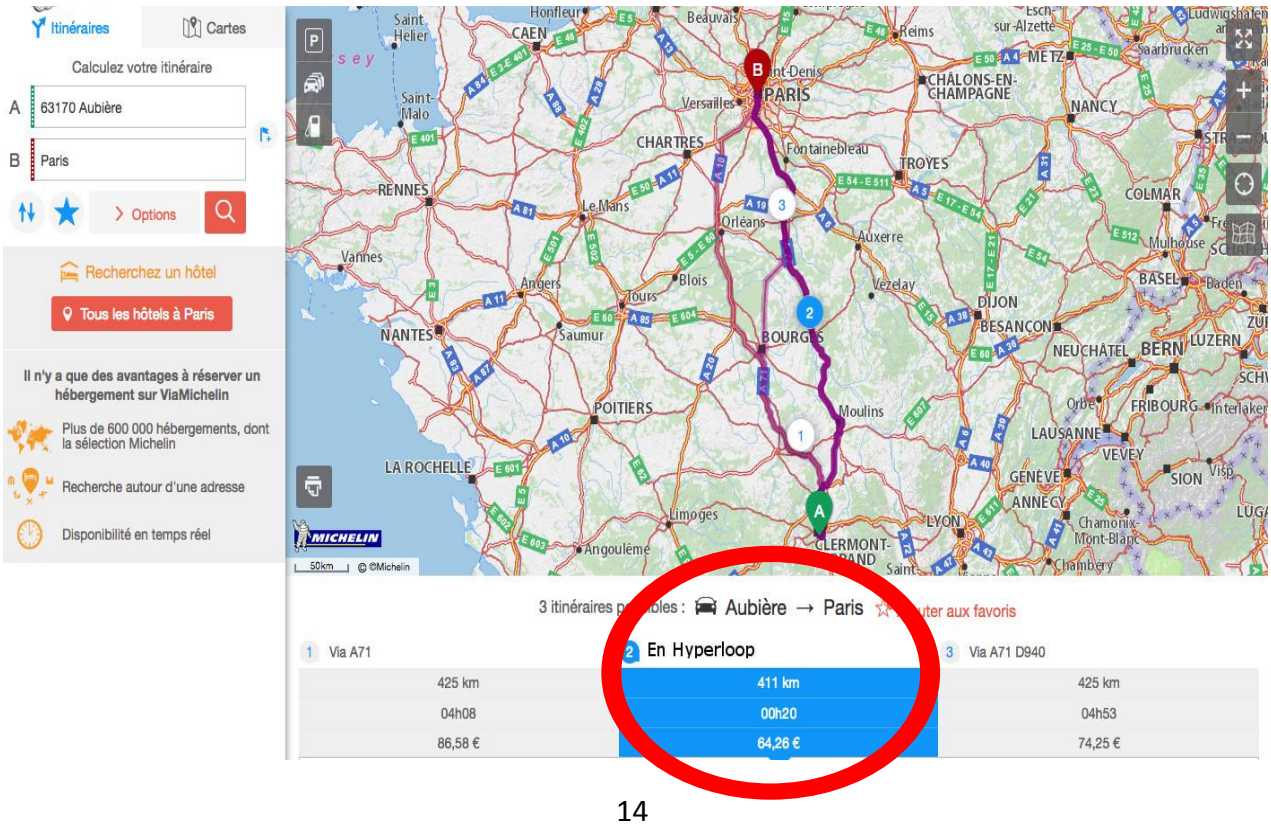
Malgré tout, **notre Hyperloop est capable de se déplacer dans son tube**. Nous avons créé une capsule capable de se déplacer uniquement sur l'action d'une hélice commandée à distance par une radio-commande. Nous pensons donc avoir répondu à notre problématique initiale. Nous avons compris pourquoi il se déplace et pourquoi, au bout d'un certain temps, son mouvement s'arrête.

Notre Hyperloop n'est pas encore parfait car nous gardons des frottements résiduels difficiles à compenser mais ce système conduira indéniablement vers une solution de transport **écologique** : limiter les frottements, c'est diminuer les pertes d'énergie. Cela revient donc à se déplacer très vite et en limitant la quantité d'énergie nécessaire. On peut donc se prendre à rêver d'un nouveau moyen de transport rapide et écologique. L'enjeu sociétal de ce nouveau type de train est donc évident !

Nous avons encore des objectifs à atteindre: améliorer la forme de notre engin, l'alléger encore, limiter voire annuler la rotation du mobile sur lui-même.

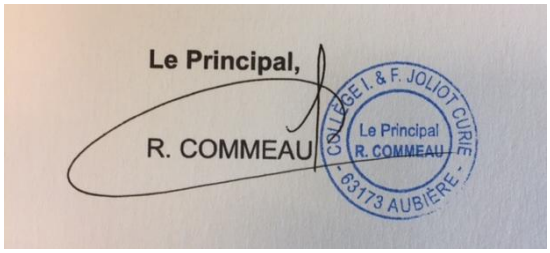
Evidemment, il n'est pas question encore de transporter des passagers mais nous pensons bien connaître les problèmes rencontrés par les ingénieurs qui conçoivent cet Hyperloop !

Nous espérons vraiment voir aboutir ce projet. Venir à la finale Nationale du concours en 20 minutes depuis Clermont, quelle expérience !



Depuis Septembre, nous travaillons dans la bonne humeur mais de manière sérieuse. Ce projet nous tient vraiment à cœur et nous souhaitons remercier M. Derue pour le temps qu'il nous consacre et M. Laffont pour les précieux conseils qu'il nous a donnés.

Les élèves du groupe sciences de Joliot-Curie



Vu le 22/03/2017