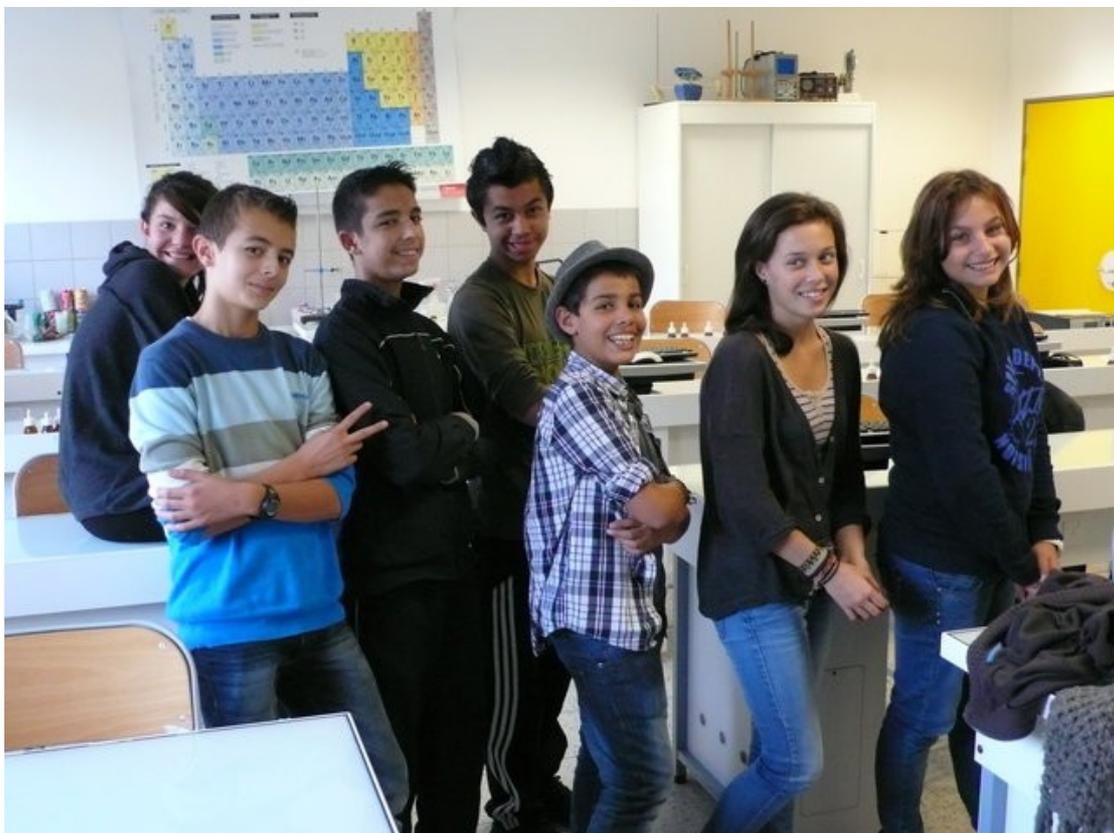


# E.S.P.A.C.E

Engin Spatial Propulsé à Air Comprimé et Eau



**2012 – 2013**

**Les élèves** : Marion Cano, Maeva Dubois, Laurie Féliciani, Alan Michel, Grégory Mulot, Dylan Gutyerez, Hugo Delattre

**Intervenants** : M.Mancini, M.Hennemann, M. Lledo

## Résumé de l'enseignant

L'atelier sciences a été proposé aux élèves en début d'année scolaire. Il a débuté fin septembre. Sept élèves en classe de 3e et 4e ont été sélectionnés sur lettre de motivation. L'atelier se déroule sur la pause méridienne. Elèves et enseignants déjeunent ensemble puis commencent l'atelier. Il est encadré par deux enseignants, un de physique chimie, un de SVT.

L'objet est de réaliser un engin capable de propulser 50 g à 50 m de hauteur. Il s'agit d'aborder des notions de physiques (principe d'action réaction, aérodynamisme,...), d'utiliser les mathématiques (estimation de la hauteur, calcul de la vitesse) et la technologie (choix de solutions techniques, utilisation de machines à commandes numériques, de la vidéo...)... pour mener à bien ce projet.

Chaque séance est consignée régulièrement par les élèves dans un journal de bord. C'est ce bulletin de service (BS) qui vous est présenté dans ce dossier. Les élèves élaborent ou suivent des protocoles, expérimentent et utilisent les résultats pour faire des choix technologiques.

Le projet est encore en phase de développement, les premiers essais de lancement ont débutés. Les élèves doivent maintenant décorer la fusée, effectuer les mesures des performances en déterminant l'altitude maximale atteinte et la vitesse de la fusée.

A la demande des élèves, des séances supplémentaires ont lieu avec certains lors de permanences en fonction des disponibilités des enseignants.

La démarche mise en œuvre suit le plan suivant :

1. De quoi se compose une fusée ? Les différents éléments d'une fusée et leur rôle
    - a. Rôle des ailerons et de la coiffe  
Lancement des fusées en carton et enregistrement vidéos des trajectoires des fusées.  
Réalisation des chronophotographies des fusées
    - b. Quelle doit être la forme de la coiffe?  
Fabrication d'une soufflerie rudimentaire et mesures
  2. Comment se propulsent les fusées ? Quel est le principe des moteurs à réaction?  
Les différents modes de propulsion testés (air, eau, élastique...)
    - a. le ballon fusée
    - b. le moteur à réaction à eau
    - c. la fusée élastique
    - d. la fusée aspirineChoix d'une fusée à eau
  3. Fabrication de la base de lancement et de la fusée  
Recherches du fonctionnement des fusées à eau  
Base de lancement et premiers essais  
Comment récupérer la fusée ?  
Fabrication des ailerons
  4. Comment mesurer les performances de la fusée ?  
Méthode par visée et calcul mathématique  
Méthode vidéo  
Méthode avec altimètre dans la fusée
  5. Conclusion
- Ce qui reste à faire :  
Mesurer les performances  
Améliorer la fusée si l'objectif n'est pas atteint  
Décorer la fusée

## **BS : Jour 1 - vendredi 21 sept**

### **Quel projet allons-nous réaliser ?**

Après avoir partagé nos idées, les propositions étaient les suivantes :

- hélicoptère
- avion
- fusée

Nous avons finalement choisi la fusée car ce projet n'a pas encore été réalisé dans notre collège et les autres nous semblaient trop compliqués.

On se lance le défi de pouvoir propulser un objet de 50g sur une hauteur de 50m.

### **De quoi se compose une fusée ?**

Une fusée se compose d'une coiffe ou d'une ogive, d'un corps et d'ailerons. Pour déterminer le rôle de chaque partie de la fusée on a réalisé des minis fusées en papier.

Nous avons consacré toute notre séance à la création des fusées.

Nous avons fait les lancements des fusées à l'aide de pailles dans lesquelles on souffle ; l'air passe dans la paille et propulse les fusées.

Hypothèses : Nous avons émis des hypothèses sur le rôle de chaque élément :

- 1 : les ailerons d'une fusée servent à la stabilité de la fusée,
- 2 : la coiffe augmente l'aérodynamisme de la fusée.

Vérifications : Nos premiers tests semblent valider nos hypothèses.



## **BS : Jour 2 - vendredi 28 septembre**

### **Fabrications et recherches du fonctionnement des fusées**

Pour mieux visualiser la trajectoire des fusées et déterminer le rôle des éléments, nous les avons construites en papiers cartonnés, l'air passera dans un tuyau qui propulsera les fusées. Nous filmerons les trajectoires pour pouvoir analyser les vidéos.

Le support de lancement des fusées envoie de l'air grâce à une bouteille vide. Un rapporteur permet de vérifier l'angle de lancement des fusées.

Les fusées sont construites différemment pour voir si l'une d'entre elles vol le mieux, avec ou sans ailerons puis en fonction de la place des ailerons.

Nous avons six fusées :

| N°1        | N°2            | N°3                  | N°4                      | N°5                        | n°6                              |
|------------|----------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| corps seul | corps + coiffe | Corps + ailerons bas | Corps + ailerons en haut | Corps + ailerons au milieu | Corps + ailerons en bas + coiffe |



### **BS : jour 3 - vendredi 5 octobre 2012**

#### **Lancement des fusées en carton et enregistrement vidéos des trajectoires des fusées.**

Aujourd'hui nous sommes descendus dans la cour pour lancer nos fusées créées au cours précédent. Nous avons filmés les lancements pour pouvoir observer la trajectoire des fusées. Malgré le vent et les différentes structures de nos fusées elles ont plus ou moins bien volés.

Après plusieurs propositions, aujourd'hui nous avons trouvé le nom de notre projet et de notre fusée : ce sera E.S.P.A.C.E : Engin Spatial Proulé à Air Comprimé et à Eau

### **BS: jour 4 - vendredi 12 octobre**

#### **Réalisation des chronophotographies des fusées**

La chronophotographie nous a permis de voir précisément la trajectoire de notre fusée grâce aux vidéos des vols des fusées.

Nous avons récupéré les vidéos, nous les avons coupé puis nous avons utilisé le logiciel avimeca pour tracer les trajectoires des vols fusées.

Nous avons travaillé chaque image de la vidéo et nous avons pointé chaque position des fusées.

## BS : jour 5 - vendredi 19 octobre

Pour superposer sur une même image les différentes positions de la fusée, nous avons utilisé un logiciel de traitement d'images. Ce travail fut long et répétitif.

Nous remarquons que nos hypothèses sont validées :

- les fusées stables sont la 3 et la 6 qui ont les ailerons en bas et celle qui va le plus loin est la 6 car elle possède une coiffe pointue et des ailerons en bas.
- les autres fusées pivotent et tournent sur elle-même pendant le vol, elles ne sont pas stables.
- la coiffe permet à la fusée d'aller plus loin, nous voyons que la fusée 6 a parcouru la plus grande longueur de plus de 12 m.

**Conclusion : la fusée devra avoir des ailerons en bas pour assurer la stabilité de la fusée et une coiffe pour aller plus haut.**

Voici les six chronophotographies :



Fusée 2 : corps + coiffe



Fusée 3 : corps + ailerons en bas



Fusée 4 : corps + ailerons en haut



Fusée 5 : corps + ailerons au milieu



Fusée 6 : corps + coiffe + ailerons en bas



**BS : jour 6 - 23 novembre**

**Quelle doit être la forme de la coiffe ?**

Protocole : On réalise un test qui va nous permettre de mesurer la résistance à l'air de différentes coiffes :

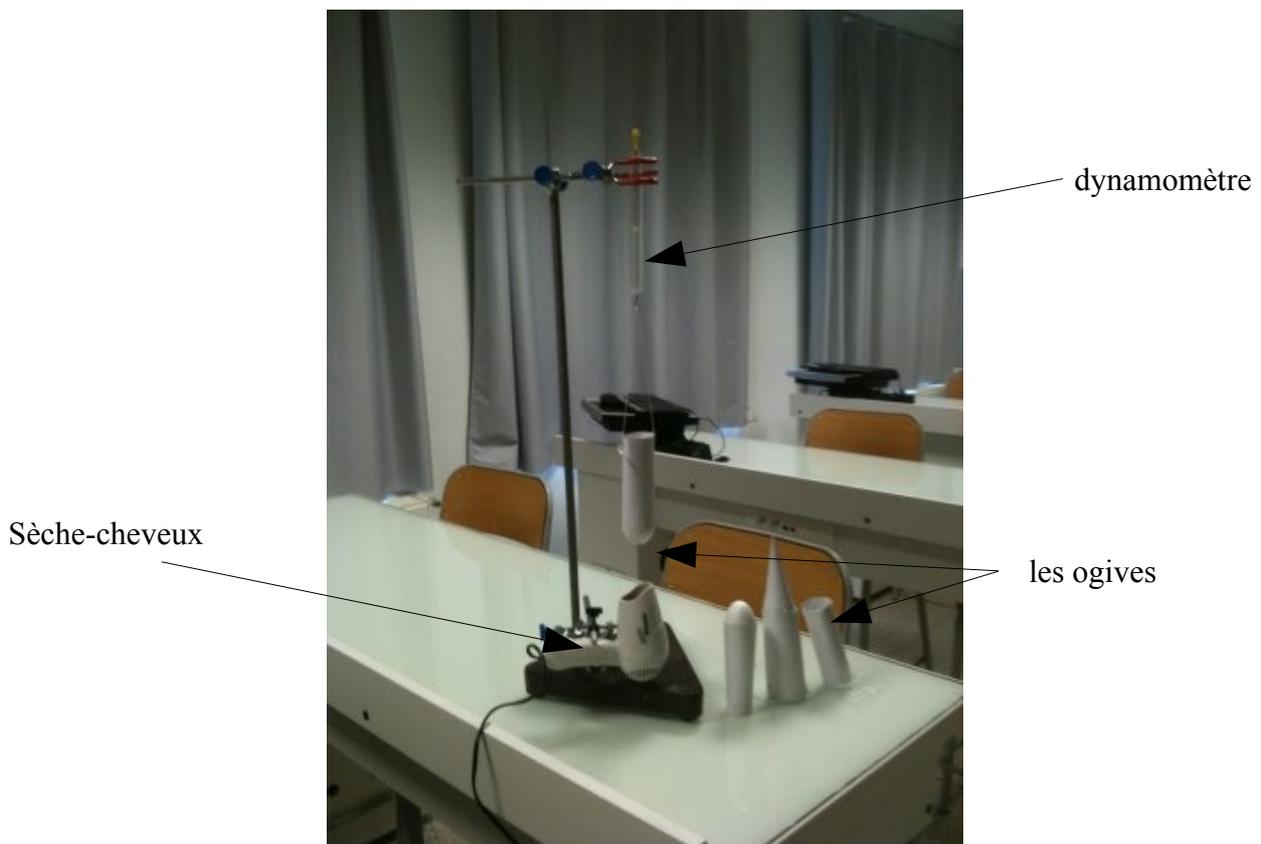
- sphère
- parabole (œuf)
- plate (sans coiffe)
- cône.

On suspend une coiffe à un dynamomètre et à l'aide d'un sèche cheveux on envoie de l'air pour simuler le vol de la fusée. On mesure le poids de l'ogive dans l'air.

Observations et résultats : La coiffe retenue est celle qui a une plus faible résistance à l'air :

| Forme de la coiffe | Poids initial | Poids dans le souffle | La résistance |
|--------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Cône               | 0,25 N        | 0,10 N                | 0,15 N        |
| Plat               | 0,25 N        | 0 N                   | 0,25 N        |
| <b>Œuf</b>         | <b>0,25 N</b> | <b>0,15 N</b>         | <b>0,1 N</b>  |
| Sphère             | 0,25 N        | 0,05 N                | 0,2 N         |

**Conclusion : la coiffe la plus aérodynamique est la coiffe en forme d'œuf, nous devons en mettre une sur notre fusée.**



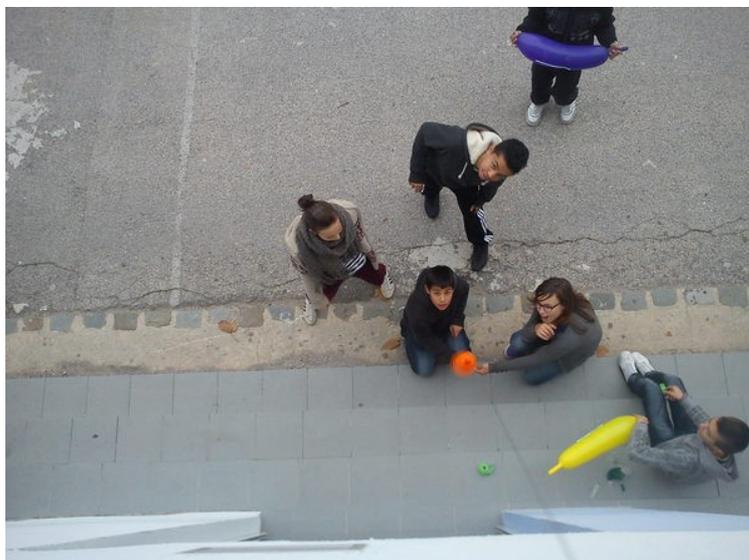
**BS : jour 7 - 30 novembre**

**Comment se propulsent les fusées ? Quel est le principe des moteurs à réaction ?**

Nous avons imaginé différents moyens de propulsion. Nous allons testé des ballons fusées, des fusées élastiques et des fusées à aspirine.

**Ballon fusée**

Nous avons lancé des ballons fusée : cette expérience consiste à prendre un ballon de baudruche (pas rond plutôt en longueur) nous l'avons gonfler, puis coller une paille dessus pour l'acheminer le plus haut possible à l'aide d'un fil accroché au barreau d'une fenêtre au 1er étage, le ballon est guidé par la ficelle et la paille, il monte grâce a l'air expulsé du ballon c'est de principe de l'action réaction.



## BS jour 8 – 7 décembre

### Peut-on faire un moteur à réaction avec de l'eau

Hypothèse: On pense qu'un moteur à réaction peut fonctionner avec de l'eau.

Test (protocole) :

- prendre une bouteille d'eau en plastique vide.
  - faire des trous en bas aux extrémités, en face les uns des autres.
  - mettre des pailles dans les trous pour que l'eau rentre dans les trous et que celle-ci fasse tourner la bouteille.
- Réaliser cette expérience en alternant les nombres de trous (1,2,3 ou 4).

Observations:

- 1 trou, 1 paille : la paille ne tourne pas.
- 2 trous, 2 pailles : la bouteille tourne légèrement mais pas assez longtemps.
- 3 trous, 3 pailles : la bouteille tourne irrégulièrement.
- 4 trous, 4 pailles : la bouteille tourne régulièrement et suffisamment longtemps.

Conclusion:

La bouteille tourne lorsque l'on met de l'eau à l'intérieur. Le principe de l'action est que l'eau se vide dans un sens et la réaction est que la bouteille tourne dans l'autre sens. Ainsi le principe action et réaction est respecté.



## BS : jour 9 – 14 décembre

### Fusée à élastique

Nous avons fabriqué des fusées à élastiques avec le matériels suivants :

- gros élastique
- ficelle de 70 cm
- tube en mousse de 30 cm
- serre joint
- règles de 1m de long
- rapporteur de 180°
- ainsi que du scotch

Nous avons assemblé tout cela à l'aide de la vidéo vu en classe.

Nous avons mesuré l'angle de tir avec un rapporteur et la distance atteinte par la fusée avec un décimètre.

Nous avons atteints la plus grande distance avec un angle de 45°.

| angle    | 15 °  | 30°   | 45°   | 60°  | 75°  |
|----------|-------|-------|-------|------|------|
| longueur | 4,35m | 6,42m | 8,50m | 7,48 | 3,90 |



### BS : jour 10 – 21 décembre

#### **Fusée aspirine**

Nous avons mis un cachet d'aspirine dans un tube avec de l'eau. On mesure le volume d'eau, la hauteur atteinte et le temps d'éjection de la fusée.

| Quantité d'eau (en mL) | hauteur                    | Nombre de cachet | Temps après fermeture |
|------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|
| 10mL                   | 18 m                       | 1                | 6 sec                 |
| 20mL                   | 20cm                       | 1                | 8, 3 sec              |
| 30mL                   | 9cm                        | 1                | 7,63                  |
| 40mL                   | 0                          | 1                | 12                    |
| 10mL                   | 25cm                       | 2                | 8                     |
| 20mL                   | 0                          | 2                | 0                     |
| 5 mL                   | 25                         | 1                | 6                     |
| 5mL                    |                            | 1                | 8                     |
| 1 mL                   | 1 m                        | 1 et demi        | 1minute               |
| 1mL                    | 1 m                        | 1                | 7 sec                 |
| 1mL                    | Presque toucher le plafond | 1 demi           | 1 min                 |

Après plusieurs tests, nous avons remarqué que moins il y a d'eau et de cachet plus la fusée part haut. On pense que c'est parce que la quantité de gaz sera plus importante donc il y aura plus de pression donc la fusée part plus haut que si il y avait 10 ml ou 20 ml. Le démarrage de la fusée est très rapide.

#### **Conclusion :**

**Nos expériences et nos recherches nous orientent vers une fusée à eau.  
Nous devons construire une base de lancement.**

## **BS : jour 11 – 11 janvier**

### **Base de lancement**

Nous avons trouvé différentes bases sur internet. Nous avons construit une base en utilisant les dispositifs d'arrosages et des supports de chimie.

### **Premières fusées**

Nous avons construit différentes fusées à partir de bouteilles de boissons pétillantes qui résistent à la pression.

Nous avons construits des ailerons en cartons que nous avons scotchés.

## **BS : jour 12 – 18 janvier**

### **Premiers essais**

Nos essais nous permettent de voir que le système de lancement est fonctionnel mais il n'est pas très pratique ni très stable.

Mais les fusées manquent de stabilité car les ailerons se décollent à cause de l'eau.

Nous n'avons pas dépassé les 3 bars de pression dans les fusées. Les fusées n'ont pas dépassé le premier étage soit environ 4 à 5m.



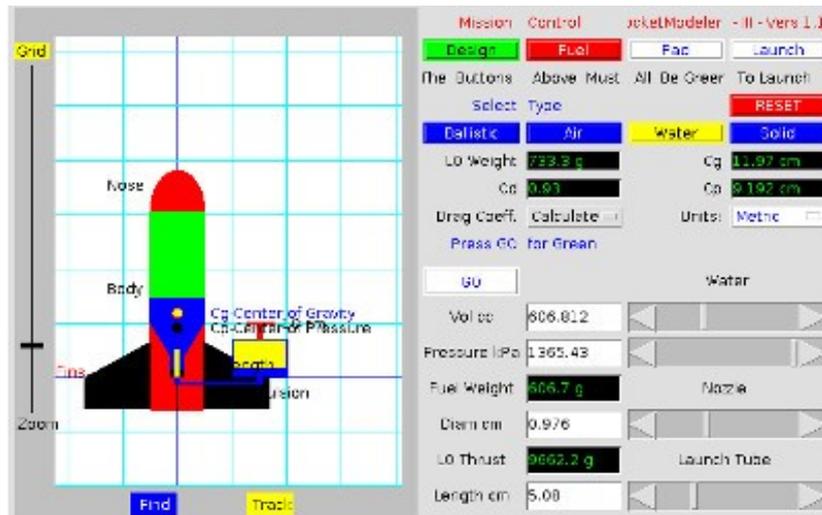
Nous avons demandé à M.Lledo, l'ouvrier professionnel du collège de nous construire une base de lancement plus pratique et plus stable à partir d'un modèle trouvé sur internet.

## **BS : jour 13 – 25 janvier**

### **Simulations**

Nous avons utilisés un logiciel de simulation qui nous permet de faire varier différents paramètres tels que le volume d'eau, la pression de l'air, la masse de la fusée, la taille et la forme des ailerons.

Les résultats montrent que pour atteindre 50 m il nous faut une pression d'environ 8 bars et que le meilleur résultats à lieu avec environ un tiers du volume d'eau de la fusée.



## BS : jour 12 – 1 février

### Comment récupérer la fusée ?

#### **Système d'ouverture du parachute dans la fusée**

On a créé un parachute, pour éviter les chocs à l'atterrissage de notre fusée. Ce parachute est placé dans la coiffe avec un système d'ouverture automatique actionné grâce au renversement du poids placé dans la coiffe, la coiffe va basculer ainsi le parachute se déploie, et la fusée atterrit en douceur

#### **Fabrication du parachute**

En premier nous avons pris un parapluie pour avoir la toile du parachute nous avons enlevé tout le système de parapluie proprement pour qu'il nous reste que la toile.

Nous avons par la suite fait un trou en son sommet pour faire circuler l'air un minimum.

Ensuite à chaque endroit où il y avait normalement une branche métallique nous avons fait un trou et mis du scotch pour solidifier la toile et attacher les suspentes.

Après avoir fait cela sur les 8 principaux sommets nous avons passé des ficelles longue d'environ 1 mètre puis nous avons fait des nœuds pour que les ficelles tiennent correctement.

Après avoir fait cela sur les 8 principaux sommets nous avons fait en sorte que les ficelles soit de la même longueur et que la toile n'ai pas de trous (autre que celui de base).

Après nous avons découpé un carton en forme de cercle d'environ 10cm de diamètre.

Puis nous avons fait 8 trous bien symétriques sur les bords du carton découpé, puis nous avons passé les ficelles dans chaque trou pour ne pas qu'elles ne mélanges et après avoir passé les ficelles nous avons fait un nœuds commun qui nous permet de monter ou de descendre le cercle en carton.

#### **Test du parachute**

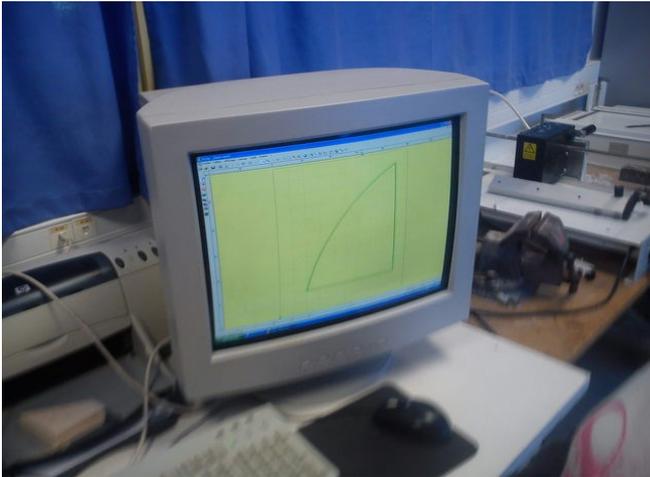
Nous avons fait des tests en lançant le parachute plié et lesté depuis le premier étage du collègue : le parachute s'ouvre correctement.

## BS : jour 12 – 15 février

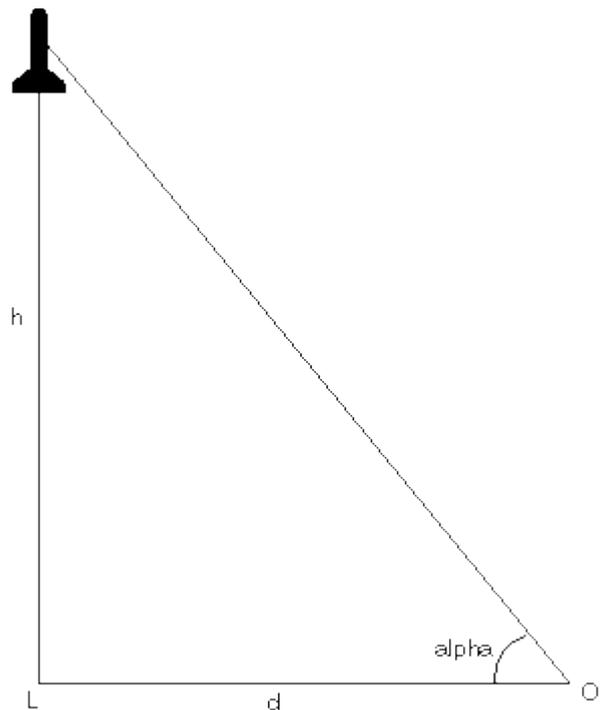
#### **Construction de la fusée**

Le corps est composé d'une bouteille d'un litre et demi. Nous avons scotché un morceau de bouteille pour réaliser une jupe qui tiendra les ailerons.

Nous avons utilisé la machine à commande numérique de la salle de techno pour découper des ailerons dans du balsa puis nous avons coller les ailerons.  
Nous avons fabriqué des ailerons en forme de trapèze et d'autres arrondis.



Nous avons testé la stabilité de notre fusée en l'attachant avec une ficelle au niveau de son centre de gravité et la faisant tourner autour de nous.  
Si la fusée reste horizontale alors elle est stable. La fusée avec des ailerons en forme de trapèze est stable.



### Comment mesurer les performances de notre fusée ?

Mesurer la hauteur et la vitesse de la fusée

#### 1ere solution :

nous allons essayé de mesurer la hauteur grâce à un système de visée et en mesurant l'angle atteint par la fusée. Un calcul que nous avons vu en mathématique va nous permettre de calculer la hauteur de la fusée.

Nous devons faire plusieurs mesures pour avoir une moyenne des résultats.

Connaissant la distance  $d$  à laquelle l'observateur se trouve du lanceur, on en déduit la hauteur  $h$  par la relation  $h = d \times \text{tg}(\alpha)$ .

2eme solution : nous envisageons également de filmer le vol de la fusée et d'utiliser le logiciel aviméca qui va nous permettre de mesurer la hauteur grâce à un mètre étalon que nous aurons mis à côté de la rampe de lancement.

3eme solution : nous envisageons de mettre dans la fusée un altimètre qui permet de nous donner une hauteur précise.

Pour connaître la vitesse, on va chronométrer le temps que met la fusée pour atteindre la hauteur maximale. On pourra aussi utiliser la vidéo.

### **BS : jour 13 – 16 février**

#### **Tests fusée + parachute**

Nous nous sommes donnés rendez-vous à la Renardière, là où une des premières fusées françaises a été lancée et après plusieurs essais et ajustement le parachute s'ouvre enfin.



Rendez-vous à la rentrée pour d'autres essais et les mesures.