

# Projet Démarche Scientifique (Boite noire) - groupe D

## Informations

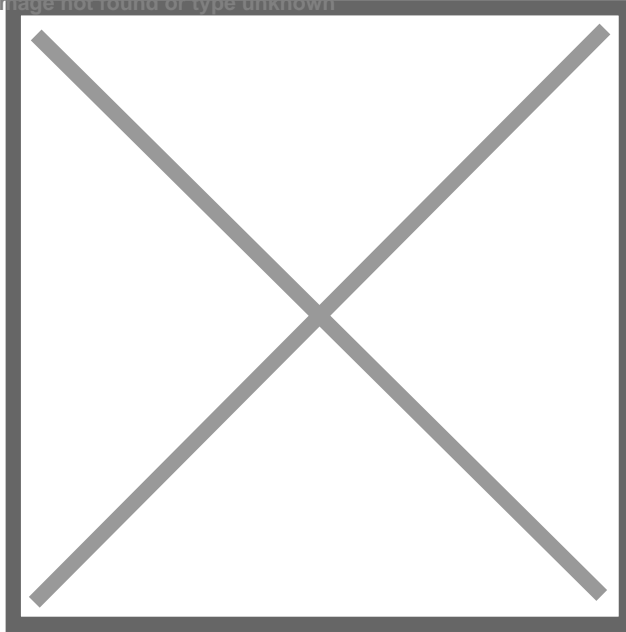
- Sassi Ben Halima - Antoine Grazziani - David Nlangu Vangu - Amar Ben Lounes - Antoine Guerrien - Basile Cortinovic
- [sassibenthalima1@gmail.com](mailto:sassibenthalima1@gmail.com) -
- CMI-Physique
- 17/11/2023 - 15/12/2023

## Contexte

Dans le Cours Master en Ingénierie, l'UE "démarche scientifique" nous propose d'étudier le contenu d'une boîte noire opaque. C'est ce que nous essaierons de faire durant ces séances au fablab !

## Rapport du projet démarche scientifique

Image not found or type unknown



## Sommaire :

I.

Conception

A.

Tempête de cerveau

B.

Restructuration

## II.

### Réalisations de nos expériences

#### A.

#### Résultats (avec incertitudes)

#### B.

#### Limites de nos expériences

## III.

### Retranscription

#### A.

#### Méta-analyse

#### B.

#### Voies d'améliorations

## **Introduction :**

Dans le Coursus Master en Ingénierie, l'UE "démarche scientifique" nous propose d'étudier le contenu d'une boîte noire opaque. C'est ce que nous avons essayé de faire. Voici la retranscription de notre démarche scientifique. Nous appréhendions au départ cet exercice, mais maintenant, nous redoutons sa fin.

### **I.**

#### **La conception**

Nous omettrons volontairement nos conclusions évidentes et trop générales, comme conclure sur l'impossibilité d'un objet de masse négative, ou de plusieurs tonnes, ou alors d'un objet plus grand que l'univers... Ce sont des conclusions certes vraies, et qui relèvent d'une démarche scientifique, mais qui sont tellement déphasées de la réalité pratique qu'elles ne servent à rien. Notre esprit d'ingénieur nous interdit d'en mentionner plus dans ce compte rendu.

### **A.**

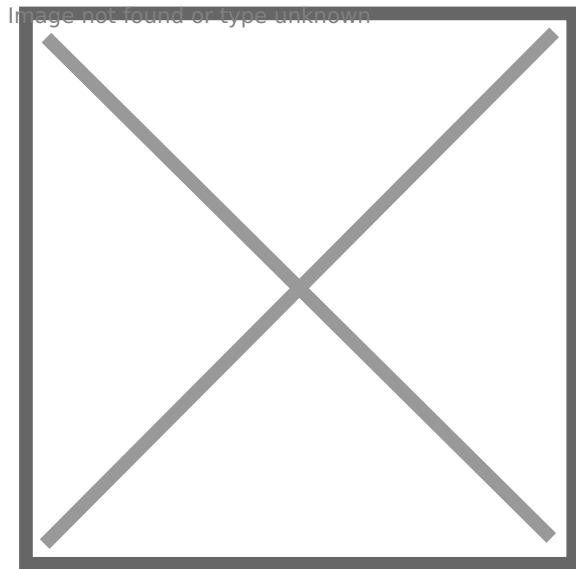
#### **Tempête de cerveau**

Les expériences et toutes nos idées en général se sont construites autour de séances de tempête de cerveau. Nous nous attendions à ce que les idées fusent dans tous les sens, mais travailler en groupe, c'est loin d'être productif... Au bout de 2 séances de 2h, nous avons comptabilisé à peine 1h30 à l'objectif de l'UE. Nous n'avons pas pu en faire plus puisque le temps nous pressait. Ce serait mentir de dire que si nous nous étions mieux organisés, nous aurions pu faire bien plus, mais ce résultat n'était pas intentionnel, mais

fatidique : l'ignorance de la jeunesse était une étape clivante à passer.

Bien sûr, nous sommes parties du plus évident : le volume de la boîte encadrait celle de l'objet, qui devait faire du bruit lors d'un choc sur la paroi, de pouvait pas être plus lourd que la boîte noire avec l'objet à l'intérieur.

Voici les idées que nous avons pu retirer de ces séances :



Nos expériences étaient brouillons, optimisables, mais au moins, elles existaient ! Nous avons même discuté à l'oral d'expériences dont nous avons complètement perdu la trace (je ne m'amuserais pas à les réinventer pour en avoir plusieurs sous la main).

De nos idées d'expériences, nous avons gardés celles-ci :

- Magnétisme de l'objet
- Hauteur du son du choc de l'objet sur la paroi de la boîte noire
- Angle limite de glissement pour le coefficient de frottement statique

? Déterminer le (ou les?) matériau(x?) de l'objet

- A partir de la masse de l'objet et de sa masse volumique (d'après le matériau conclu), trouver son volume
- Angle de basculement
- Périodicité des chocs quand l'objet tourne dans la boîte
- Vitesse pour parcourir tout la boîte

? Informations sur la géométrie

- Peser la boîte pleine et la boîte à vide

? Trouver la masse de l'objet

Nous pensions aussi faire un tableau compilant les données de matériaux variés pour les comparer à celles de notre boîte noire. Le retard de la réception des boîtes témoins s'ajoutant sur le peu de temps effectif que nous avons (de ce que nous pensons), nous n'avons pas pu remplir comme il se doit ce tableau.

Outre les expériences pour déterminer les propriétés de l'objet à l'intérieur de la boîte, nous voulions aussi trouver des informations sur les propriétés de la boîte (matériau, masse, dimensions...).

B.

## Restructuration

### Recherche d'informations sur la boîte (à pellicule) :

**But :** Pouvoir mieux comprendre les interactions entre la boîte et l'objet. (par exemple savoir que la boîte est aimantée et l'objet magnétique -s'ils l'étaient-, nous permet de comprendre beaucoup certains phénomènes)

**Hypothèse :** Les informations que nous trouverons sur internet correspondent à celles de notre boîte avec une légère incertitude de manufacture (toutes les boîtes de pellicule ne sont pas parfaitement similaires mais sont standardisées).

### Pour le magnétisme de l'objet :

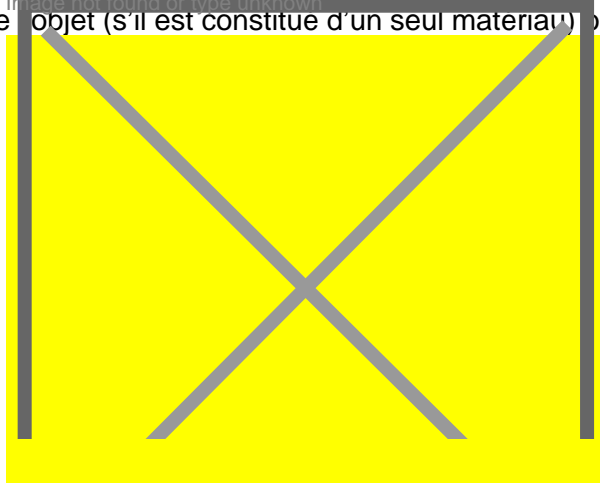
**But** : déterminer si l'objet est magnétique ou non.

**Hypothèse** : l'aimant utilisé fonctionne.

**Preuve de l'hypothèse** : l'aimant s'accroche sur une surface métallique.

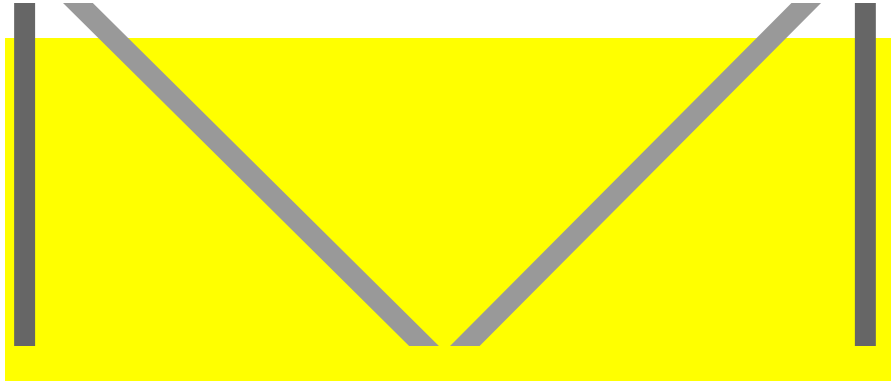
### Pour le coefficient de frottement statique : $s = \tan(\lim)$

**But** : Déterminer le matériau de l'objet (s'il est constitué d'un seul matériau) ou de la pellicule de matière sur l'objet



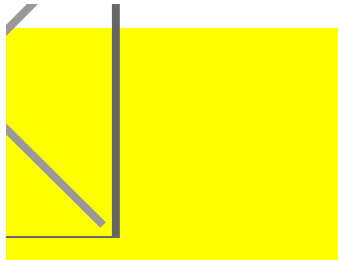
**Hypothèse** : L'objet en question est constitué d'un seul matériau, du moins extérieur (le coefficient de frottement statique ne doit pas être différent d'une face à l'autre).

Réaliser le montage suivant :



Explication de nos choix du montage :

- La boîte noire et les 2 téléphones sont scotchés à la planche (pour ne pas qu'ils glissent sur la planche)
- Il faut lever la planche le plus lentement possible pour limiter
- On choisit de prendre une planche rigide (pour éviter d'amplifier les tremblements naturels de la main, ce qui favorise le glissement ou basculement de l'objet).
- Plus l'objet est proche du centre de rotation, moins sa vitesse sera élevée (plus le rayon du cercle formé par la trajectoire de l'objet est grand, plus il parcourra de distance en un même temps)



- On prend une planche longue, pour ralentir la vitesse de l'objet (à la même vitesse de déplacement des bras, on ne gagne pas autant de degré lorsqu'on est loin du centre de rotation que lorsqu'on est proche)

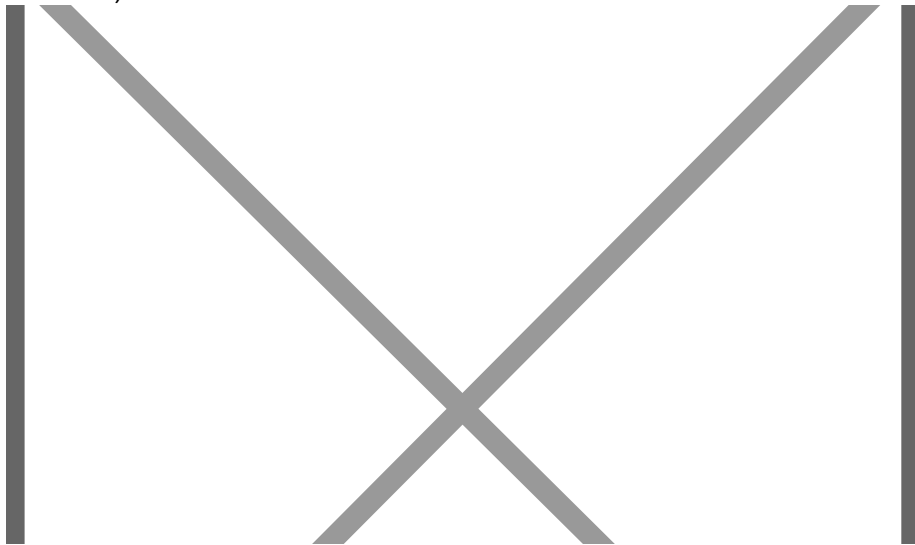
On sait que le coefficient de frottement statique ne dépend ni de la masse de l'objet ni de la surface de contact avec le support. Le seul paramètre qui l'influence est le matériau de l'objet et du support.

Pour identifier le matériau de l'objet mystère, nous avons besoin des coefficients de frottements de différents matériaux avec le polypropylène (constituant la boîte). Ces informations sont très précises et leur obtention via internet est difficile, puisque nous ne trouvons pas de tableau les contenant (il nous aurait fallu en réaliser nous-même expérimentalement).

**Pour l'angle limite de basculement :**



**But :** Déterminer le maximum d'informations sur la géométrie de l'objet. En effet, l'objet bascule quand le vecteur force du poids dépasse l'arête de la face de l'objet qui est sur le sol (le moment -vecteur qui caractérise la rotation d'un système autour d'un de ses axes- ne peut plus être nul et l'objet est obligé de tourner, donc de basculer).



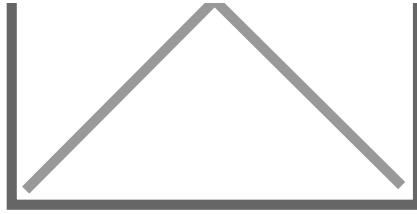
**Hypothèse :** Le matériau de l'objet (ou extérieur) a un coefficient de frottement assez élevé pour qu'il permette un angle assez grand sans glissement pour que l'objet bascule.

**Preuve de l'hypothèse :** Lorsqu'on incline la boîte noire avec l'objet à l'intérieur, on différencie 2 sons différents avant l'impact de l'objet sur la paroi du fond de la boîte : un son de faible intensité sonore, et un son contenant un (ou plusieurs) pics d'intensité sonores. Ces deux sons différents traduisent 2 comportements différents dans le passage de l'objet d'une paroi de la boîte à l'autre. On pensera que ces deux comportements sont le **frottement** et le **basculement**.

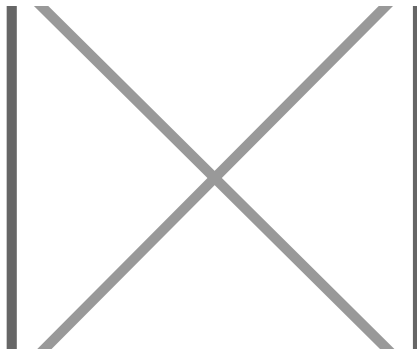
On utilise la même expérience pour trouver l'angle de basculement, seulement, on ne prendra que les valeurs pour lesquelles l'intensité sonore de l'objet en chute correspond à celui d'un basculement.

**Différencier les 2 sons :** frottement puis choc contre le fond de la boîte (glissement), ou choc (du basculement) puis frottement, puis choc contre le fond de la paroi.

Nous avons choisi de les différencier en comparant l'intensité sonore de chaque son (en observant sur l'application Phyphox, le graphique obtenu avec l'onglet "Mesure du son", on peut faire la différence) : le basculement présente plusieurs pics d'intensité sonore [2], tandis que le frottement n'en a qu'un seul [1].



[1]



[2]

**Hypothèse :** L'intensité sonore du son d'un basculement sera significativement toujours plus forte que celui d'un glissement, de tel sorte que l'appareil le capte à chaque fois.

### **Détermination de données de coefficients de frottements statiques :**

**But :** Si nous ne trouvons pas de tables de coefficients de frottements statiques qui font apparaître les différents coefficient de frottement statique sur du polypropylène, nous aurions dû les réaliser nous-même.

Pour cela, il suffit de répéter l'expérience du coefficient de frottement statique en remplaçant la boîte noire par notre boîte témoin dans laquelle nous placerons des objets constitués de différents matériaux. Après avoir déterminé les coefficients de frottement associés à ces différents matériaux, il faut les comparer à celui obtenu lors de la première expérience. Lorsque l'on obtient deux valeurs proches, on peut estimer que la matériau de l'objet dans la boîte témoin est proche de celui de l'objet mystère.

### **Pour déterminer la masse de l'objet : $m = m(bn) - m(\text{témoin})$**

Peser la boîte noire pleine et la boîte noire vide, puis faire la différence. Le résultat obtenu est la masse de l'objet

### **Pour déterminer le volume de l'objet : $V = m$**

D'après le coefficient de frottement statique, nous connaissons le matériau externe de l'objet.

**Hypothèse** : notre objet est composé d'un seul matériau.

Trouver dans une table de valeurs de masse volumique en ligne la masse volumique de notre objet, puis appliquer la formule ci-dessus.

### **Hauteur du son du choc de l'objet contre la paroi de la boîte :**

La nature et la forme du matériau influent tous deux sur le hauteur du son produit.

**But** : Trouver des informations sur la forme et/ou le matériau de l'objet.

**Hypothèses** : Les hauteurs des sons de chocs sont comparables car le matériau sur lequel l'objet se cogne est le même (le polypropylène de la boîte). Le hasard des chocs sera négligeable. Le bruit ambiant est négligeable.

### **Tableau de valeurs :**

Dans un tableau, comparer le maximum de caractéristiques éliminatoires d'objets variés : par exemple avec le hauteur du choc...

## **II.**

### **Réalisation de nos expériences**

#### **A.**

#### **Résultats**

### **Pour les caractéristiques de la boîte noire :**

Nous avons trouvé que notre boîte était faite en polypropylène. Nous n'avons pas retenu les informations en ce qui concerne son volume, ni sa masse, puisqu'au niveau des autres expériences, nous ne sommes pas allés assez loin.

### **Pour le magnétisme de l'objet :**

Nous ne ressentons aucun mouvement de l'objet lorsqu'on le passe dans le champs électromagnétique de l'aimant ce qui témoigne de la non-action des forces électromagnétiques sur l'objet.

L'objet n'est donc pas magnétique.

N'oublions pas qu'un métal (du moins, un matériau qui en a l'aspect) peut ne pas être magnétique.

## Pour le coefficient de frottement statique :

cf : [page sheets](#)

$$s=0,78446105280.03406817021=(0,78450.0341) ?$$

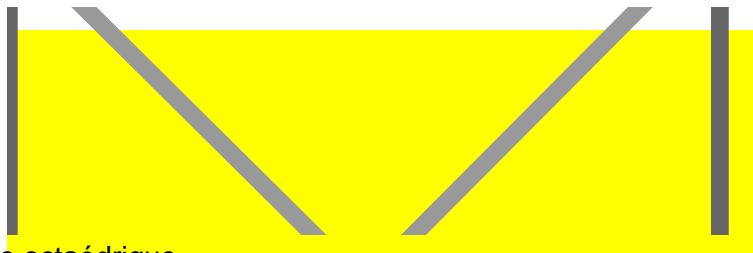
$$\text{Avec } u=u(\text{rep})^2+u(\text{phyphox})^2=0,01803968463^2+0,0289^2=0.03406817021 ?$$

C'est bien qu'on ait trouvé une valeur du coefficient de frottement statique, ce qui nous a ralenti c'était de trouver une table de coefficients de frottements statiques sur du polypropylène. Nous aurions pu chercher les composés analogues au polypropylène qui serait décrit dans un plus grand nombre de tableaux sans doute pour pouvoir comparer le coefficient de frottement statique de l'objet avec plus d'autres.

## Pour l'angle limite de basculement :

- 0 L'objet n'est pas totalement sphérique.
- Intensité sonore parfois significativement plus grande que d'autres, cependant, ces bruits-là sont très rares et ont un très petit angle limite de basculement. Explication : un côté de l'objet est significativement plus petit que l'autre, et c'est sur celui-ci qu'était l'objet lorsqu'il a basculé.

Sachant qu'un basculement est en soi plus rare qu'un glissement, on peut assimiler notre objet à un pavé droit sans doute arrondi dans sa longueur (ce qui expliquerait la différence d'apparition de chaque comportement).



On imagine une vis à tête octaédrique.

## Pour déterminer la masse de l'objet : $m=(0.7 \pm 0.3) \text{ g}$

C'est assez imprécis, mais ce n'est pas choquant vu la balance qu'on a utilisée pour le mesurer ( $p=0.5$ )

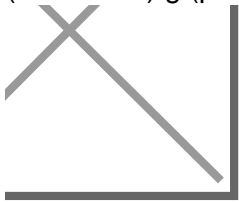
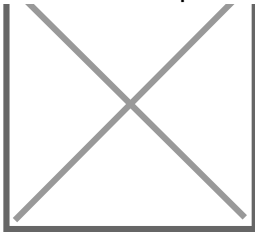
## Pour déterminer le volume de l'objet : $V=m$

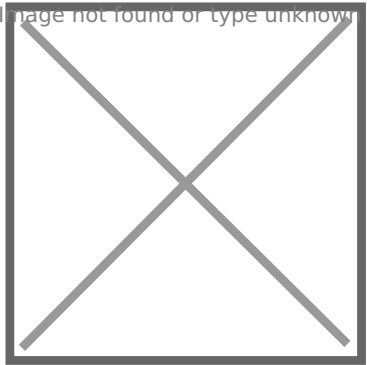
Comme nous n'avons pas réussi à trouver de quel matériau il s'agissait, nous n'avons pas pu voir sa masse volumique, pour ensuite déterminer son volume...

## Hauteur du son du choc de l'objet contre la paroi de la boîte :

Le son du choc de l'objet contre la paroi laisse apparaître 2 hauteurs différents : l'objet est soit composé de 2 matériaux, soit composé de 2 pièces d'un même matériau mais avec des formes différentes (ou les 2 à la fois). Comme les angles de glissement ont été sensiblement les mêmes, nous estimons que l'hypothèse de 2 pièces d'un même matériau est plus probable que la 1ère.

## Pour le tableau de propriétés de matériaux variés :

objet	Masse (avec boîte noire) $p=0.5g$ $? u=\pm 0,289g$	Hauteur du son (fréquence) du choc lors d'un mouvement de haut en bas répété.
BN	$(8.70 \pm 0.01) g$ ( $p=0.01g$ ) 	On essaie d'observer dans le reste des graphique au moins une des 2 fréquences de l'objet 
carton	$\sim 8g$	<i>perte de l'image car inintéressante</i>
M5*20	10.5g	<i>perte de l'image car inintéressante</i>

M3*10	8.5g	<p>Cette vis possède 1 des 2 fréquences caractéristiques de l'objet</p> <p>Image not found or type unknown</p> 
M3*20	9g	<i>perte de l'image car inintéressante</i>
écrou M6	10g	<i>perte de l'image car inintéressante</i>
bois composite	8g	<i>perte de l'image car inintéressante</i>
plexiglas	9.g	<i>perte de l'image car inintéressante</i>
plastique jaune (cf imprimante 3d)	8,5g	<i>perte de l'image</i>
plastique noir (cf imprimante 3D)	8.5g	<i>perte de l'image</i>

## Conclusion générale sur l'objet :

- Notre piste : L'objet est un composée de 2 pièces du même matériau, de petite taille, de forme presque octaédrique (entre cylindre et pavé droit)

## B.

### Limites de nos expériences

Nos expériences ne sont pas assez standardisées. Il y a une certaine imprécision (on n'en connaît pas l'ampleur) dû au fait qu'à plusieurs étapes, une intervention humaine, et donc subjective est requise.

Elles ne sont pas assez nombreuses ce qui rend plus difficile encore de faire des conclusions utiles sur notre objet. Cependant, nous avons, je trouve, assez bien encadré notre objet.

### III.

## Retranscription

### A.

## Méta-analyse

La plupart de nos hypothèses se sont avérées *a posteriori* insuffisantes pour trouver un résultat cohérent, et assez précis pour avoir la possibilité d'être exploité. Par exemple, les coefficients de frottements statiques sont parfois si proches l'un de l'autre qu'il est difficile de dire lequel est celui de notre objet. De la même manière, nous aurions dû essayer de réduire encore plus les incertitudes associées.

### B.

## Voies d'améliorations

- Faire un travail de recherche en amont plus important (s'instruire sur les différentes lois qui pourraient être impliquées dans certaines de nos expériences, établir très exactement les limites de nos fonds/ressources,...). Être dans une perpétuelle démarche de renouvellement de connaissance.
- Faire un travail de relecture de l'ensemble du projet (après avoir nos valeurs numériques) : le mettre à plat, revérifier la conformité des hypothèses, déceler d'éventuelles incohérences... En effet, dans notre compte rendu, nous avons mis à plat nos expériences, tout revérifier, seulement, nous n'avons pas encore fait les applications numériques ! (quand il y en avait) Certaines de nos incertitudes rendent nos valeurs inexploitable, mais nous ne les avons vu qu'après coup, une fois que nous n'avons plus le temps de modifier quoi que ce soit.
- Pour chaque expérience, prendre soin d'être le plus minutieux possible.

Toutes ces voies d'améliorations ne seront possibles qu'en consacrant un temps beaucoup plus long que ce que nous avons investi. Ce n'est que maintenant que je commence à comprendre l'intérêt du travail d'une thèse ou d'une étude : le fait d'allouer plusieurs mois de recherche à un même objet d'étude est ce que j'aurais réellement aimé faire sur la boîte noire et son objet.

## Conclusion :

On pense que l'expérience aurait été tellement plus bénéfique et instructive si l'on avait plus de temps. C'est une UE très enrichissante et mérite d'être faite avec le plus d'implication possible. En à peine 1 mois, nous n'avions le temps de rien faire, de penser... Le cerveau trop imbibé des autres cours, matières, activités, ça a été très difficile de travailler encore une fois sur un objet d'étude avec la même qualité que dans les autres cours.

## Bibliographie/ sitographie

- Information boîte de pellicule : [amazon.fr](https://www.amazon.fr)
- Tables de masses volumiques : [techno-science.net](https://www.techno-science.net)
- Tables de coefficients de frottements statiques :
- Vis M3\*10 : [usinenouvelle.com](https://www.usinenouvelle.com) Acier Galvanisé/inoxydable

---

Revision #4

Created 17 November 2023 14:51:32 by Ben Halima Sassi

Updated 1 February 2024 15:14:37 by Ben Halima Sassi