

**Concours des Olympiades de Physiques les 2 et 3  
février 2018**

**MBFC**



**Travail réalisé par :**

❖ **Bamou Ilham**

❖ **Mafrica Noëlie**

❖ **Bamou Imane**

❖ **Ursenbach Flora**

## **INTRODUCTION**

Le Bottle flip challenge , ce challenge de 2016, consiste à faire effectuer une rotation à une bouteille en plastique de manière à ce qu'elle retombe à l'endroit. De nombreuses vidéos ont circulé sur internet montrant des personnes s'amusant à lancer leurs bouteilles d'eau pour les faire retomber droites.

Notre amie Noëlie, contaminée par cette manie, s'amusait dans les couloirs à lancer sa bouteille à chaque endroit possible. Monsieur Courcelle, intrigué et curieux scientifique, lui a demandé d'expliquer le processus. C'est comme ça que notre groupe est né : MBFC, ou plus précisément le Master Bottle Flip Challenge (ou Mafrica Bamou's Flora Courcelle)

Dans cette étude nous avons, dans un premier temps, voulu voir s'il était possible de « robotiser » ce mouvement. Puis une fois cette étape réussie nous avons voulu déterminer les facteurs qui influencent la réussite du lancer du robot. Une fois cela fait nous nous sommes intéressées au mouvement qu'opérait la bouteille lors du Bottle Flip.

## **SOMMAIRE :**

<u>Introduction</u> .....	pg.2
I. <u>Elaboration d'une maquette</u> .....	p.4
II. <u>Masse, volume, ou état physique ?</u> .....	p.6
a. <u>Volume ou masse</u> .....	p.6
b. <u>... Ou état physique</u> .....	p.9
III. <u>Modélisation</u> .....	p.10
a. <u>Le centre de masse</u> .....	p.12
b. <u>Etude du mouvement</u> .....	p.13
<u>Conclusion</u> .....	p.17

## **I. Élaboration d'une maquette**

Pour débiter notre projet il fallait commencer par éliminer au maximum l'intervention humaine, qui est un facteur inconnu, en remplaçant le bras de la personne réalisant le bottle flip par « une machine ». Ainsi nous avons élaboré un premier prototype : nous avons commencé à penser le prototype sur papier en dessinant plusieurs schémas. Puis nous y sommes littéralement allées en bricolant ça et là se confrontant aux problèmes et cherchant leurs solutions :



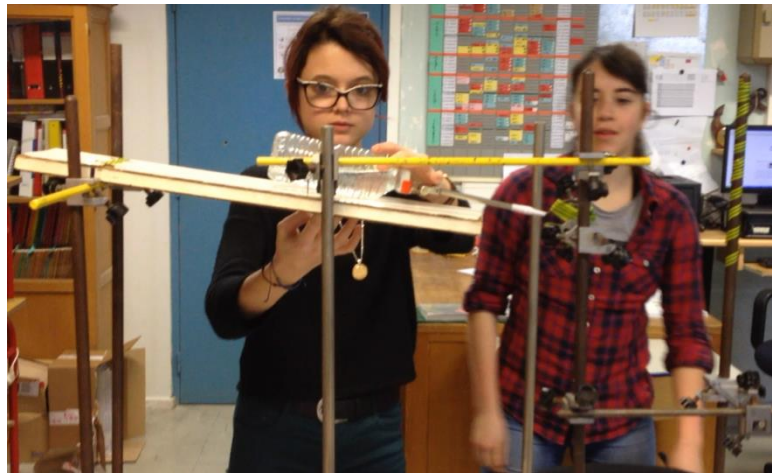
**Doc 1 et 2 : Noëlie faisant les premières tentatives avec la machine.**

Le premier problème rencontré a été le maintien de la bouteille avant de la lâcher, ainsi la hauteur de chute variait et l'intervention humaine que nous voulions éliminer grâce à notre machine ne l'a été que partiellement, de ce fait si nous rations nous ne savions pas si le problème était la hauteur de chute ou autre chose encore, ce n'était pas assez rigoureux. Pour cela il nous fallait déterminer une hauteur de chute fixe, nous avons donc décidé de rajouter une planche :

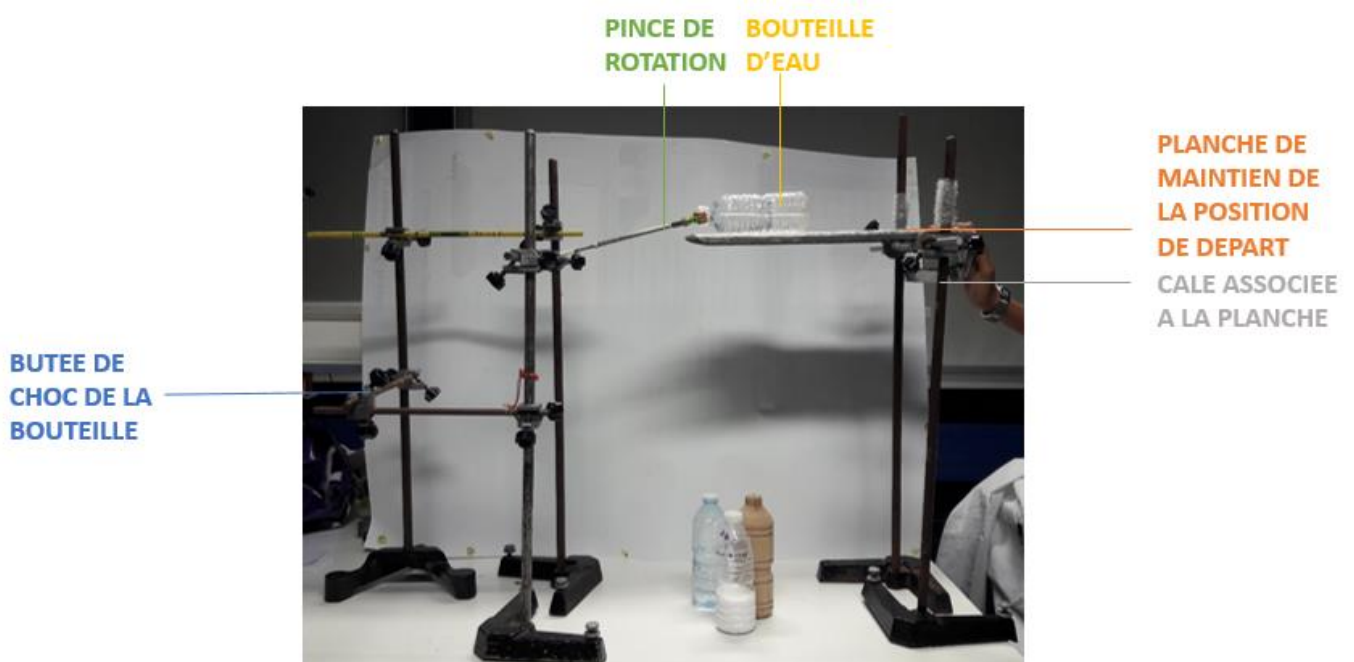


**Doc 3 : Prototype 2**

Nous nous sommes rendues compte que la planche bougeait beaucoup et que la hauteur variait encore. Nous avons alors décidé de fixer la planche au prototype et de choisir une hauteur de chute fixe. Le problème était que notre planche en bois était fixée de façon très précaire avec des clous repliés sur une barre de fer. De plus notre pince était bricolée au scotch et glissait sur son axe. Enfin notre professeur à fait appel aux talents de son ami qui a accepté de nous aider en nous fabriquant une nouvelle planche munie d'une cale et une nouvelle pince fixe dans son axe :



**Doc 4 : Prototype 2, avant l'intervention de l'ami de notre professeur.**



**Doc 5 : Prototype final**

Ainsi nous avons élaboré un prototype exploitable dans l'optique de faire notre étude du bottle flip challenge le plus rigoureusement possible. Nous avons donc calibré notre machine et terminé cette première étape de notre projet.

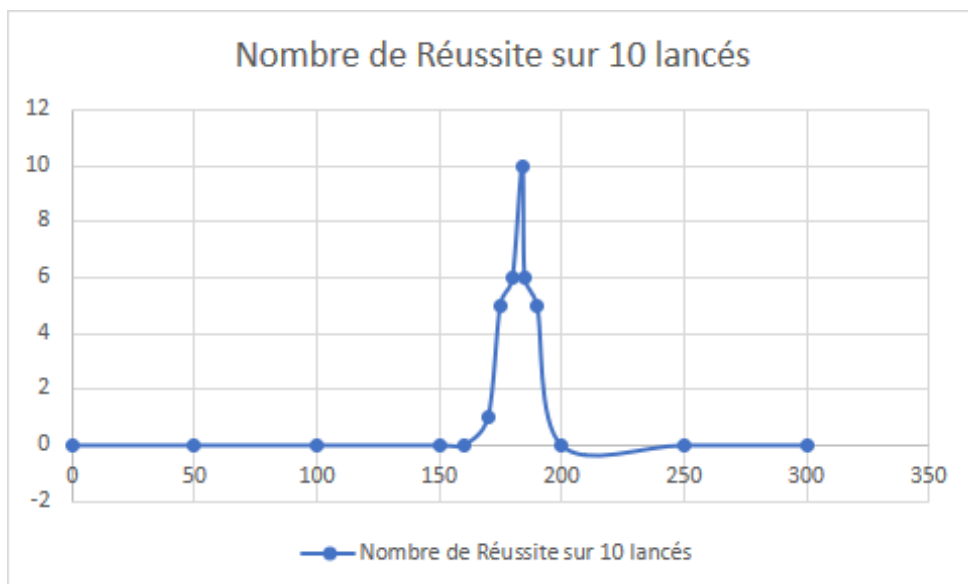
## II. Masse ou volume

### a. Masse, volume...

Pour pouvoir comprendre quels sont les facteurs qui permettent de réussir un bottle flip, nous avons décidé d'étudier l'influence de trois paramètres : le volume du contenu, sa masse et son état physique.

Tout d'abord, nous avons commencé par déterminer l'encadrement du volume d'eau nécessaire pour obtenir une réussite optimale, nous avons donc fait des tests en faisant évoluer le volume d'eau de notre bouteille en partant d'une bouteille vide jusqu'à une bouteille pleine.

Cette courbe est le compte rendu de nos mesures effectuées dans l'optique de trouver une valeur moyenne du volume pour lequel la réussite serait de 100%.



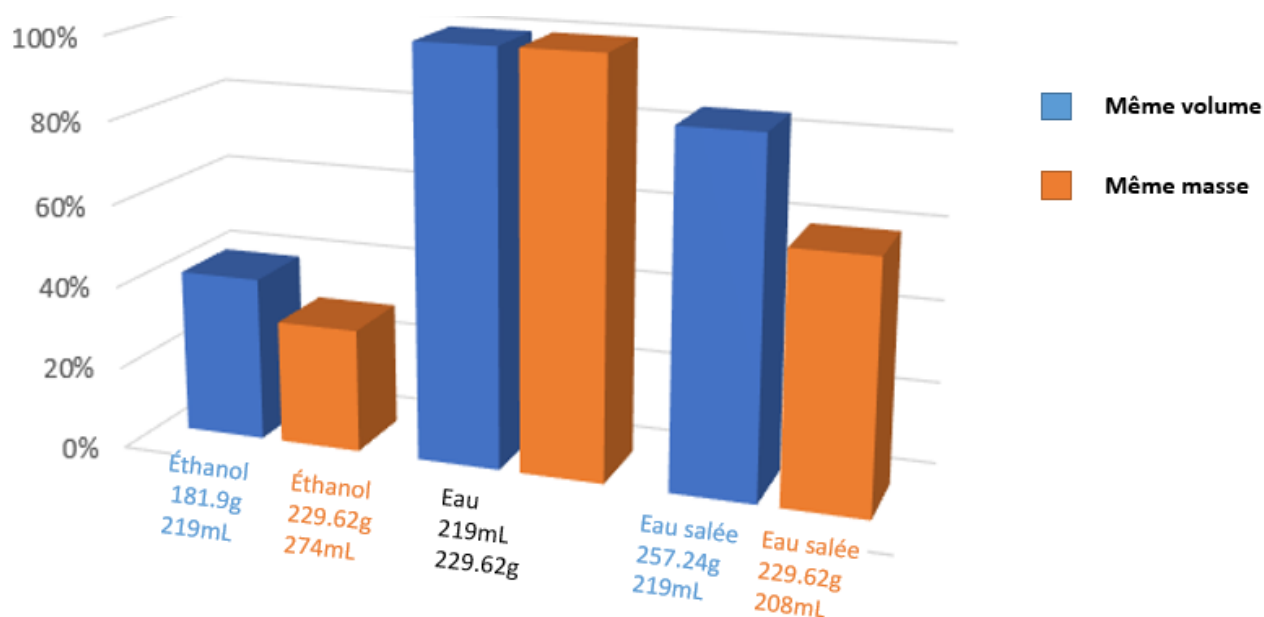
**Doc 6: Courbe du nombre de réussites sur 10 lancés en fonction du volume en mL.**

Note : la zone négative se trouvant entre 200 et 250 est une anomalie du logiciel que nous n'avons pas réussi à modifier.



Nous avons déterminé une fourchette des volumes pour lesquels nous obtenions le plus de réussites et avons donc sélectionné le volume d'eau de 184 mL qui nous offrait la réussite la plus élevée de 80%.

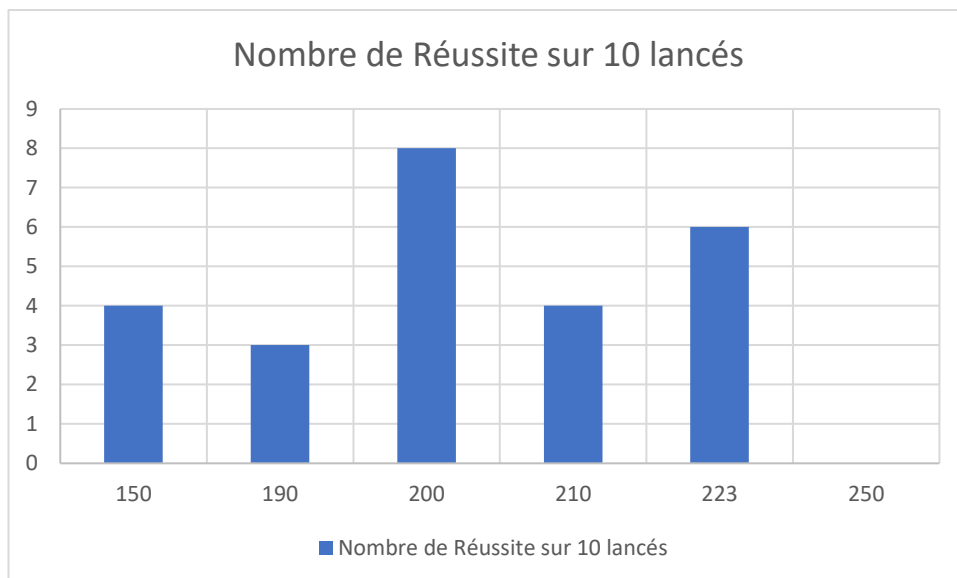
Ensuite nous avons testé cette valeur pour différentes substances, car nous savions que pour différents contenants même volume ne signifie pas même masse, de ce fait nous voulions savoir si le volume était déterminant dans la réussite du lancé et voici nos résultats :



**Doc 7 : Graphique du pourcentage de réussite en fonction du volume ou de la masse des différents contenants**

Note : Sur le graphique ci-dessus les volumes et masses utilisés sont différents de ceux correspondants à 184 mL, ces mesures correspondent à notre première étude faites avant le concours du 6 décembre à Nancy. Cependant, nous avons mené nos nouvelles études d'après concours avec le volume de 184 mL car la machine a été légèrement modifiée.

En voyant ces résultats nous nous sommes demandé si nous pouvions trouver un volume d'éthanol qui permettrait la réussite d'un bottle flip d'éthanol.



**Doc 8 : Tableau du nombre de réussite de l'éthanol sur 10 lancés.**

On remarque donc qu'on obtient la plus grande réussite de 80% pour 200mL d'éthanol, soit une masse de 180,54g d'éthanol (bouteille comprise).

Rappelons que la plus grande réussite de l'eau, soit 100%, se faisait pour un volume de 184mL, soit 191,42g.

Cette même masse d'eau appliquée à l'éthanol correspond à un volume de 223 mL et nous offre 60% de réussite seulement.

En clair, une même masse ou un même volume de différents liquides ne veut pas forcément dire « réussite ». Cela dépend en réalité du contenu et comme nous le supposons, de son mouvement dans la bouteille.



## b. ... Ou état physique

Lors de l'étude de l'influence masse/volume nous avons utilisé différentes substances liquides. De ce fait nous nous sommes posé une nouvelle question : quel rôle joue l'état physique dans la réussite de notre bottle flip ?

Pour cela nous avons fait la même étude avec la bouteille contenant un solide : le sel. En mettant le même volume de sel que d'eau (284 mL) on obtient une petite réussite de 5% au lieu de 100% pour l'eau.



**Doc 9 : La bouteille de sel sur la machine.**

Finalement même si la bouteille de sel reproduit le même mouvement que notre bouteille d'eau la machine n'arrive à faire fonctionner le bottle flip de sel.

Nous en avons donc tiré la conclusion suivante : c'est le mouvement du liquide à l'intérieur de la bouteille qui influence la réussite du bottle flip.

## **II. Modélisation**

Nous avons besoin de comprendre le mouvement réalisé par notre bouteille. Pour mieux observer son mouvement nous avons ajouté du colorant bleu à l'eau pour plus de visibilité. Ensuite nous avons filmé ce mouvement avec une caméra pour obtenir une vidéo qui nous sera utile pour la suite.

Ainsi à l'aide du logiciel regavi nous avons réalisé une chronophotographie.

Le choc de la bouteille sur la butée se situant juste sous le capuchon dans une direction qui ne passe pas par G explique donc la mise en rotation de la bouteille :



**Doc 10 : Chronophotographie du bottle flip**

Grâce à cette image nous pouvons constater, en suivant la trajectoire du capuchon de la bouteille qui est le plus visible, qu'il y a d'abord une semi-rotation, suivie d'une translation. Le problème de cette photo c'est la superposition de chaque image rendant difficile la visualisation du comportement de la bouteille et de l'eau.

Ainsi nous avons réalisé une chronophotographie manuellement à partir de la même vidéo, image par image, en distinguant l'eau grâce au colorant dans la bouteille dans chaque mouvement de la bouteille.



### **Doc 11 : Chronophotographie manuelle image par image**

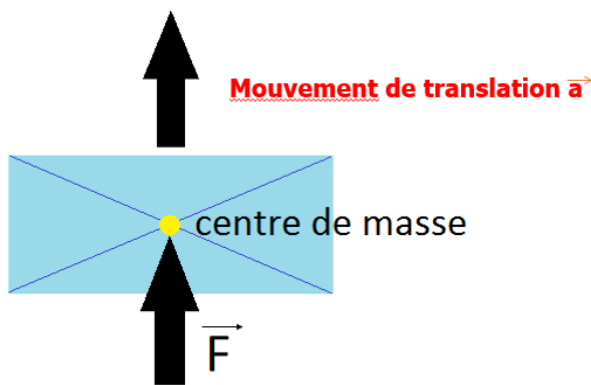
Avec ces images nous pouvons mieux observer le mouvement de la bouteille, ainsi que le mouvement de l'eau à l'intérieur de celle-ci, et donc permettant une meilleure étude du comportement de la bouteille et de l'eau.

### a. Le centre de masse

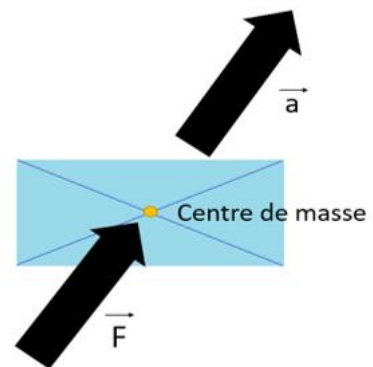
Le centre de masse ( ou gravité ) est un point où toutes les masses de cet objet sont concentrées dans ce point. Lorsque l'objet est simple, le centre de gravité est le centre géométrique de l'objet. Ici nous avons un objet complexe, donc la position du centre de gravité se déduit du calcul du barycentre des centres de gravité des objets élémentaires composant l'objet complet.

La force modifie le mouvement de l'objet selon si elle est exercée sur son centre de masse ou ailleurs :

- ❖ Dans le premier cas la force est exercée sur le centre de masse de l'objet, il est en accélération de même direction et de même sens de la force : c'est une translation.



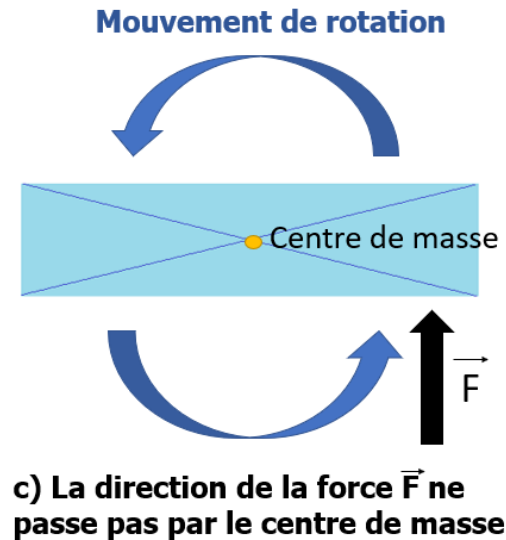
a) La direction de la force appliquée passe par le centre de masse



b) La direction de la force appliquée passe par le centre de masse

### Doc 12 : Exemples

- ❖ Dans le deuxième cas la force n'est pas exercée en direction du centre de masse de l'objet, ainsi il y a une rotation autour du centre de masse ou s'il y a un point de fixation, autour de ce point.



Lors de notre bottle flip, lorsque la bouteille tape contre la butée, la bouteille subit une force et effectue une rotation. Cela indique que la force ne s'exerce pas sur le centre de masse de la bouteille d'eau.

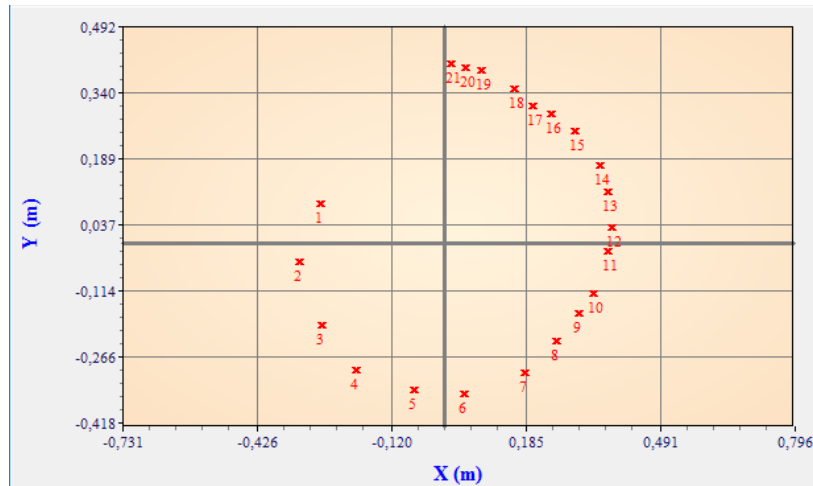
Ici la bouteille a une densité qui n'est pas homogène du coup le centre le centre de masse est décalé vers le côté le plus dense de la bouteille, en fonction de la position de l'eau à l'intérieur de celle-ci : notre bouteille contient un liquide qui reste mobile tout au long du mouvement de la bouteille, ce qui fait que le centre de masse possède différentes positions selon celles de la bouteille et de l'eau.

On vient d'expliquer pourquoi la bouteille se met en rotation. A présent le choc a libéré la bouteille de la pince et le système se retrouve alors en chute libre puisqu'il n'est soumis qu'à son propre poids.

### b. Étude du mouvement

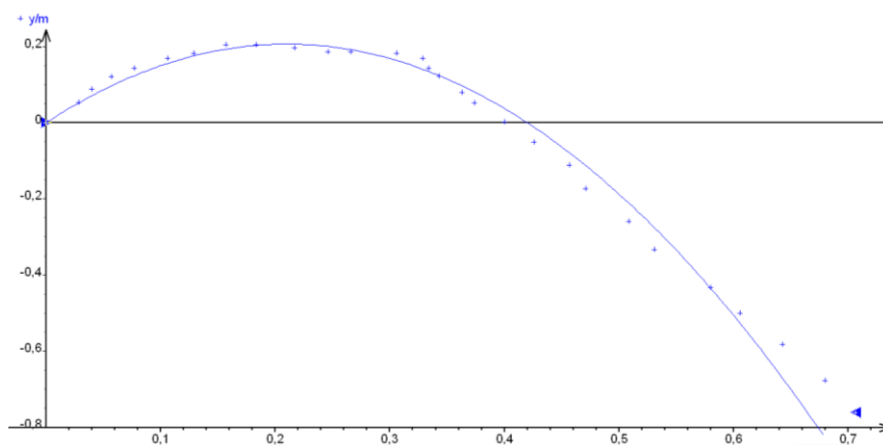
Lors du bottle flip nous pouvons observer une rotation, grâce au logiciel avistep, en pointant le bouchon et le centre de masse de la bouteille d'eau, nous avons pu remarquer que la rotation de la bouteille s'effectue autour du centre de masse de celle-ci après sa collision avec la butée.

De plus la distance entre les différents points tout au long du mouvement nous permet d'affirmer que le bouchon ralentit. En effet, les points sont de plus en plus proches donc ils parcourent une distance de moins en moins grande pour une même durée. L'eau n'est pas uniformément répartie dans la bouteille durant la rotation, ce qui ralentit ce mouvement lors de celle-ci.



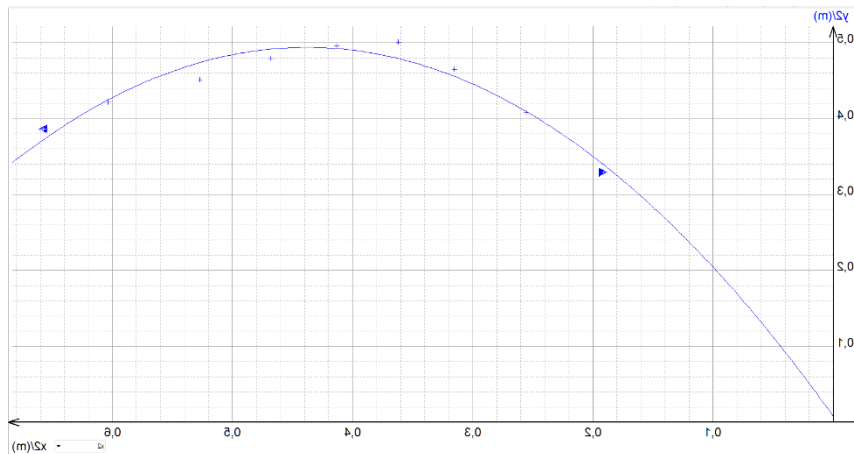
**Doc 13 : Mouvement du bouchon par rapport au centre de masse de la bouteille d'eau.**

Le pointage du centre de masse de la bouteille d'eau nous a permis aussi de montrer que le mouvement était parabolique.

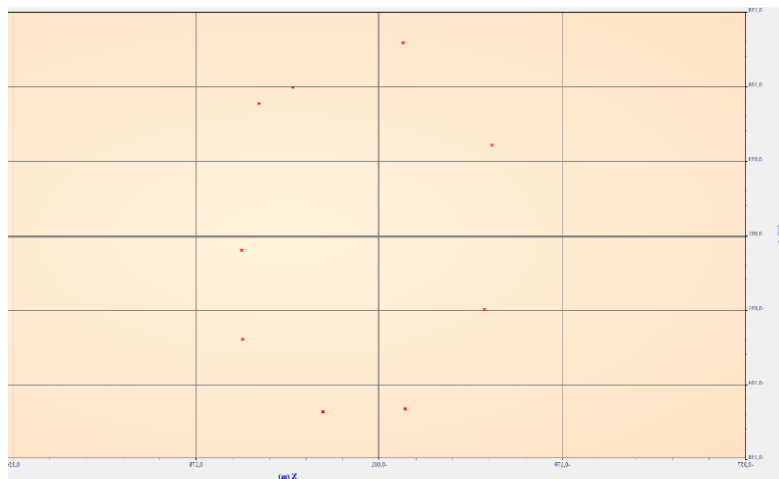


**Doc 14 : Mouvement parabolique effectué par la bouteille d'eau (pointage du centre de masse)**

Pour bien montrer que le mouvement de la bouteille est ralenti par le changement de position du centre de masse, nous avons réalisé le même pointage avec une bouteille d'eau de même quantité mais gelée, où le centre de masse ne change pas au cours du mouvement. On retrouve le même mouvement parabolique que la bouteille d'eau non gelée :



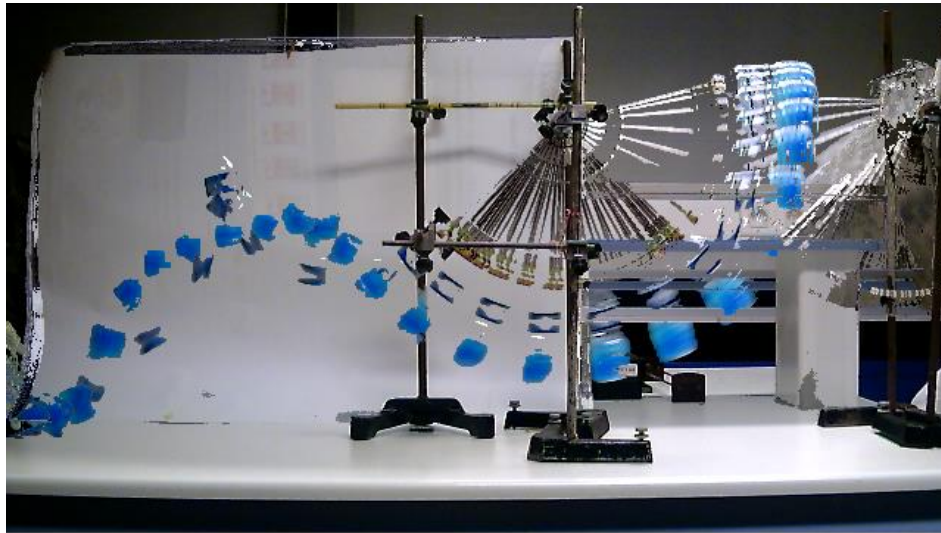
**Doc 15 : Mouvement parabolique effectué par la bouteille d'eau gelée (pointage du centre de masse)**



**Doc 16 : Mouvement du bouchon par rapport au centre de masse de la bouteille d'eau gelée.**

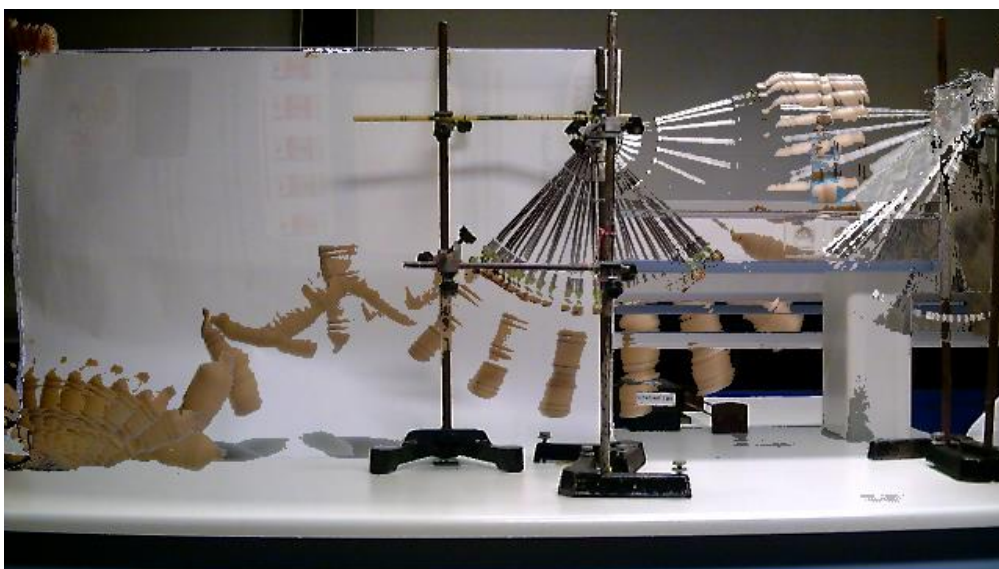


Par contre nous avons deux mouvements circulaires différents : il y a moins de points et la distance entre ceux-ci ne diminue pas, le mouvement est rapide et n'accélère pas, il ne ralentit pas non plus. La répartition de masse de l'eau influence donc bien le bottle flip. D'ailleurs, l'absence de mouvement de l'eau à l'intérieur de la bouteille engendre l'échec du bottle flip de l'eau gelée, la preuve en image :



**Doc 17 : Chronophotographie de la bouteille avec de l'eau gelée**

Un objet homogène et de centre de masse immobile nous permet de confirmer que la réussite du bottle flip est due au mouvement du liquide à l'intérieur de la bouteille. Voici un second exemple avec une bouteille en bois :



**Doc 18 : Chronophotographie de la bouteille en bois**

## Conclusion :

La réussite bottle flip dépend de plusieurs facteurs : la masse, le volume, l'état physique du contenu, mais surtout le de la répartition des masses. En effet nos études nous permettent d'affirmer que la masse et le volumes peuvent jouer un rôle lors du bottle flip, un certain volume et masse d'eau permettraient la réussite d'un bottle flip avec de l'eau mais appliqués à l'éthanol ces paramètres ne fonctionneraient plus et inversement avec des paramètres qui fonctionneraient avec celui-ci. Mais le facteur majeur que nous avons découvert est celui la répartition des masses, c'est le mouvement du liquide dans la bouteille qui fait varier la position du centre de masse et ainsi permet de freiner la bouteille et de la faire atterrir droite, offrant une réussite du bottle flip.

Prochainement nous aimerions aborder le facteur « hauteur de chute » qui pourrait lui aussi influencer la réussite. En effet, l'énergie transmise à la bouteille doit certainement avoir une influence sur le mouvement et on pourrait peut-être alors faire effectuer deux flips ou plus à notre bouteille avant qu'elle n'atterrisse droite voir améliorer le pourcentage de réussite de notre bouteille de sel !