

PROJET SCIENTIFIQUE EN EQUIPE
MÉTHODES ET PROTOCOLES



Stuck Metallic Spheres

Grégoire Vassal
Hugo Lumia

Promo 140

2022 - 2023

1 Matériel et logiciel

1.1 Matériel

- Bouteille de Volvic 50cl
- Bouteille d'Orangina 50cl
- Bouteille 2D*
- Billes en verre de diamètre 8mm et 10mm
- Potences et pinces
- Boite à chaussure
- Caméra 60 fps d'un téléphone
- Entonnoir
- Main assez vive !

1.2 Logiciel

- PyMecavideo
- ImageJ
- Excel
- Jupyter (Python)

2 Précision sur la bouteille 2D

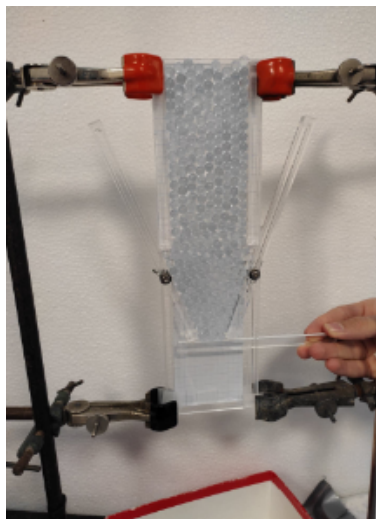


Figure 1: Photographie de la bouteille 2D

La bouteille 2D a été construite à l'aide de plaques de plexiglass et de colle. Elle se fabrique en rassemblant 7 pièces initialement découpées au laser.

- [1] 2 plaques, avant et arrière de dimension $10\text{cm} \times 25\text{cm}$ et perforées aux bords sur les 12.5cm du bas.

- [2] 2 baguettes latérales, droite et gauche permettant de fermer la bouteille sur les cotés, de dimension $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 12.5\text{cm}$
- [3] 2 baguettes composants le goulot, droite et gauche de dimension $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 20\text{cm}$ et perforées sur une longueur de 15 cm. Permettant d’y insérer un boulon, et de changer la position verticale et l’angle de ces baguettes.
- [4] 1 baguette de dimension $1\text{cm} \times 0.5\text{cm} \times 15\text{cm}$, étant utilisé comme ”bouchon”.

Un papier millimétré est accolé sur la face arrière de la bouteille de façon à régler plus facilement et précisément l’angle du goulot et la taille de l’ouverture.

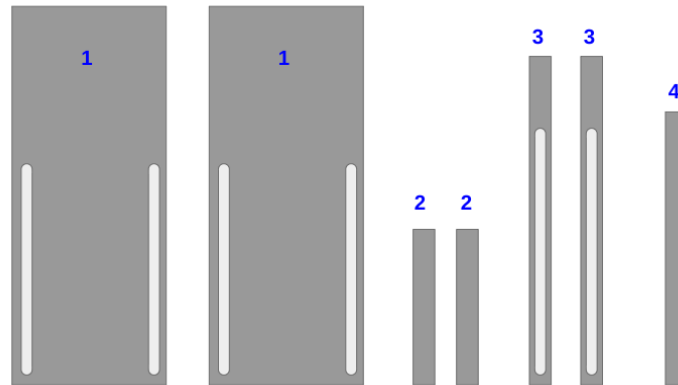


Figure 2: Schéma des différentes pièces de la bouteille 2D

3 Protocole et mesures

3.1 Protocole

Au cours de notre PSE nous avons réalisé une étude statistique sur le temps avant blocage de bouteilles remplies de sphères. Cela consiste à répéter le protocole expliquer ci dessous:

- On règle l’angle du goulot et la taille d’ouverture que l’on souhaite en faisant varier l’inclinaison et la longueur des baguettes, tout en s’aidant du papier millimétré. On prend une photo du goulot et on vérifie les valeurs d’angles et de tailles de l’ouverture à l’aide du logiciel ImageJ.
- On tient le ”capuchon” de la bouteille maintenue verticalement et tête en bas à l’aide de pince, de sorte à pouvoir remplir la bouteille de bille sans qu’elle ne fuit. Il est conseillé d’utiliser un entonnoir dans cette phase de remplissage afin de gagner un temps précieux.
- La seconde étape consiste à filmer à l’aide d’un smartphone la vidange de la bouteille. Il faut donc commencer à filmer quelques secondes avant que la personne qui tient le capuchon ne le retire rapidement. Attention à ne pas oublier de placer une boîte en dessous de la bouteille avant de retirer le bouchon, pour collecter les billes qui tombent plus simplement.
- Enfin, on exploite la vidéo sur PyMecavideo afin d’y déterminer le temps t entre ouverture et blocage de la bouteille au 60e de secondes près.

En répétant ce processus plusieurs dizaines de fois, il est possible d’en faire un traitement statistique et de tester l’influence de différents paramètres. Nos données ont été stockées sur Excel et analysées via Jupyter.

3.2 Les différents paramètres étudiés

- **Forme de la distribution des temps de blocage** : pour deux configurations ($\theta = 65^\circ$, $r = 2.9$) et ($\theta = 30^\circ$, $r = 3.5$)
 - > 60 écoulements par configuration
- **Hauteur de remplissage du réservoir, étude de l'effet Janssen** : comparaison des distributions de temps de blocage entre 2 hauteurs $h_1 = 8cm$ et $h_2 = 12cm$ pour un angle d'ouverture $\theta = 65^\circ$ et un rapport $r = \frac{D}{d} = 2.9$ (avec d le diamètre des billes et D la taille d'ouverture de la bouteille)
 - > 60 écoulements par hauteur
- **Bouteille ouverte vs Bouteille fermée, rôle de la pression** : comparaison des distributions des temps de blocage lorsque le haut du réservoir est fermé par une baguette en plexiglass pour deux configurations ($\theta = 65^\circ$, $r = 2.9$) et ($\theta = 30^\circ$, $r = 3.5$)
 - > 60 écoulements par configuration
- **Influence à θ fixé, du rapport r** :
 - $\theta = 60^\circ$, $r = [2.625, 2.75, 2.875, 3, 3.125, 3.25, 3.375, 3.5]$
 - $\theta = 45^\circ$, $r = [2.5, 2.625, 2.75, 2.875, 3, 3.125, 3.25, 3.375, 3.5, 3.625]$
 - $\theta = 30^\circ$, $r = [2.9, 3, 3.125, 3.25, 3.375, 3.5, 3.75]$
 - > 20 écoulements pour chaque couple (θ , r)
- **Influence à r fixé, de l'angle θ** : même angle et rapport que précédemment
- **Bouteille 3D vs Bouteille 2D** : comparaison des distributions des temps de blocage entre une notre bouteille 2D ($\theta = 65^\circ$, $r = 2.9$) et une bouteille 3D Volvic ($\theta = 55^\circ$, $r = 3.6$)
 - > 60 écoulements par bouteille
- **Influence de l'usure des billes** : comparaison des distributions de temps de blocage entre les premières et les dernières expériences pour ($\theta = 65^\circ$, $r = 2.9$)
 - > 60 écoulements par expérience