

# Projet Scientifique en Equipe

## Méthodes et protocoles

## Les rayons autour des cratères

Etienne BARRE, Paul BIENVENU & Antoine BOUVIER

Mai 2020

## 1 But

Notre PSE a pour objectif d'étudier les structures rayonnées qui se forment autour des cratères d'impact par la matière éjectée. Dans ce but nous avons étudié la forme des projections de matière dues à l'impact d'une sphère ou d'un palet sur du sable composé de billes de verre.

## 2 Observations de la surface d'un impact

Nos expériences sont inspirées de deux articles [1] [2].

### 2.1 Matériel

- Bille de verre de diamètre 4,28 cm et de masse 62 g
- Billes de verre transparentes 50  $\mu\text{m}$
- Billes de verre oranges et noires 55  $\mu\text{m}$  (plus ou moins 15  $\mu\text{m}$ )
- Billes de verre noires 350  $\mu\text{m}$  (plus ou moins 50  $\mu\text{m}$ )
- Tube en plexiglas® de longueur 1,3m et de diamètre interne 5 cm
- Cylindre en plexiglas® de longueur 8,22 cm et de diamètre interne 14,3 cm
- Boîtes
- Plaque noire en carton
- Caméra couleur 200 Hz
- Caméra ultra-rapide 5000 Hz
- Appareil photo
- Ordinateur avec les logiciels **ImageJ** et **Pylon Viewer**
- Plaque en Lego®
- Potences et pinces
- Fil à plomb
- Lampe (écran LED pour la caméra ultra-rapide) + générateur

## 2.2 Montage

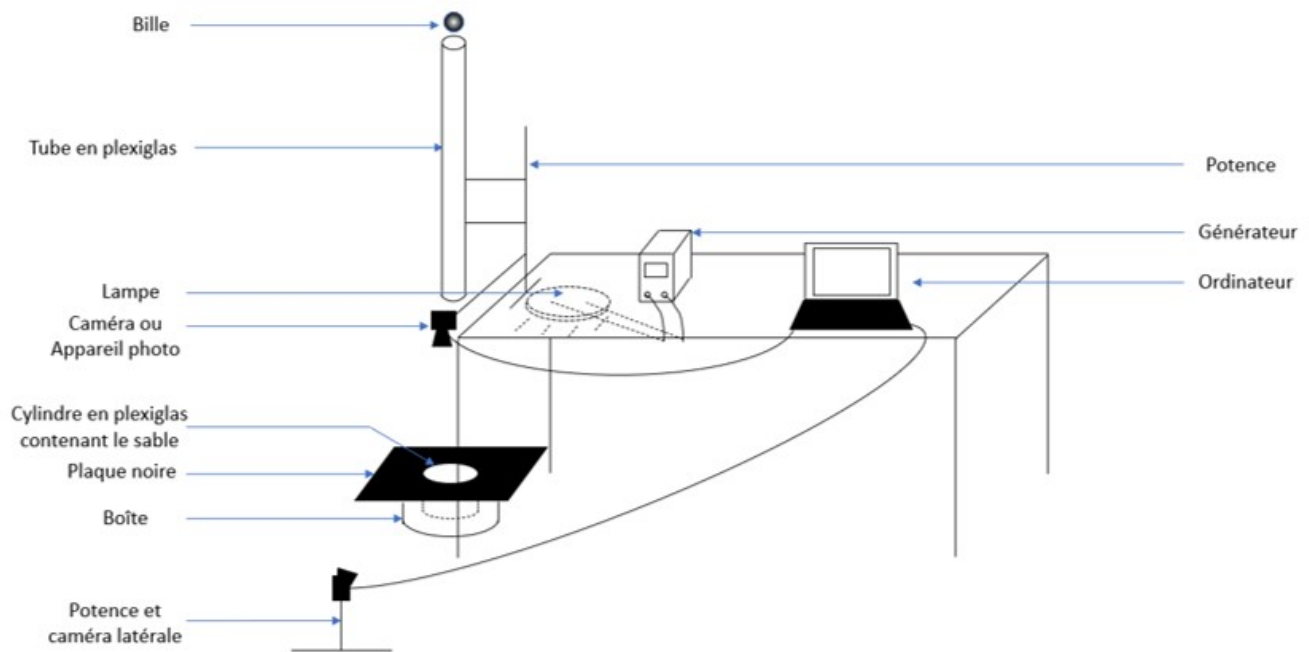


FIGURE 1 – Schéma du montage d'un impact Tri-directionnel

## 2.3 Protocole

- Placer le tube en plexiglas, qui servira de guide à la bille, sur une potence à l'aide de 2 bras avec pinces, posée sur la table, avec éventuellement des poids sur la base pour l'empêcher de basculer
- Vérifier la verticalité du tube à l'aide d'un niveau ou d'un fil à plomb (le fil à plomb est plus pratique dans le cas où la forme du tube n'est pas parfaite)
- Mettre un peu de sable dans la boîte pour permettre l'étanchéité du cylindre quand il sera dans la boîte
- Poser le cylindre en plexiglas dans la boîte en l'enfonçant dans le sable du fond de la boîte
- Selon le nombre de couches de sable différentes :
  - Pour une couche : Remplir le cylindre jusqu'à ce qu'il y ait plus de sable que le volume que peut contenir le cylindre
  - Pour plusieurs couches : disposer des couches successives aussi planes que possible jusqu'à la dernière où il faudra rajouter plus de sable que le volume que peut contenir le cylindre comme précédemment
- Avec le dessous d'une autre boîte lisser le dessus du cylindre pour avoir une surface bien plane
- Secouer un peu latéralement la boîte pour que les billes s'alignent et que le sable commence à être tassé
- Ajouter un peu de sable sur le dessus et appuyer dessus avec le dessous de l'autre boîte pour tasser un peu plus, et lisser de nouveau la surface à l'aide d'une règle
- Imprimer un motif délicatement sur la surface si voulu (avec plaque lego, croix, etc.)
- **Il est important d'effectuer cette préparation de manière à être toujours dans les mêmes conditions pour chaque expérience**
- Placer la plaque en carton noir autour du cylindre
- Centrer le cylindre en-dessous du tube à l'aide d'un fil à plomb ou en visant avec un oeil par le haut du tube si cela est possible

- Placer la caméra sur une potence latéralement pour une vue de côté, ou sur la potence du tube pour une vue de dessus (voir Figure 1)
- Placer la lampe (reliée à un générateur) ou l'écran LED si l'acquisition se fait à la caméra ultra-rapide, de manière à éclairer le sable sans gêner la caméra (sous la table par exemple)
- Lâcher la bille lisse ou la bille avec coque du haut du tube quand les dispositifs de capture d'image sont prêts à l'acquisition (un aspirateur peut permettre d'éviter une rotation initiale de la bille quand celle-ci est lâchée avec les doigts)

## 2.4 Logiciels/Traitements de données

### 2.4.1 Capture vidéo (Pylon Viewer)

- Placer la caméra au niveau du sol, afin de pouvoir filmer la zone d'intérêt.
- Sur le logiciel, cliquer sur "continuous shot" afin de voir en direct l'image filmer.
- "Rogner" l'image en ajustant la définition (height et width) afin de se concentrer sur la zone souhaitée. Réduire la zone observée permet notamment de pouvoir filmer avec une plus grande cadence d'image par seconde.
- Régler la luminosité au moyen du temps d'exposition. Il faut cependant trouver un bon compromis entre une bonne luminosité (temps d'exposition grand) et un faible flou cinétique (temps d'exposition faible). Nous travaillions généralement avec un temps d'exposition entre 1000 et 4000  $\mu$ s.
- Une fois ces réglages effectués, observer le nombre de FPS en dessous de l'image. Pour la capture vidéo, il s'agira de la limite haute.
- Dans les réglages d'acquisition, fixer le nombre de FPS souhaitée. La plupart de nos vidéos ont été réalisées en 200 FPS, certains jusqu'à 350.
- Avant de réaliser la vidéo, prendre une photo du champ de vue en plaçant une règle graduée qui servira d'échelle.
- Cliquer sur le bouton acquisition. Sur la fenêtre venant de s'ouvrir, régler le logiciel pour qu'il prenne "une image toutes les images" afin qu'il enregistre bien au rythme imposée par le réglage précédent. Sélectionner le nombre d'images à enregistrer (nous choisissons 1000, ce qui permet d'avoir 4-5 secondes pour réaliser la manip).
- Choisir le format "séquences d'images".
- Sélectionner le dossier dans lequel les images seront enregistrées.
- Effectuer un compte-à-rebours avec le lanceur de bille puis appuyer sur le bouton d'enregistrement.
- Une fois l'expérience réalisée, placer une règle sur le carton et prendre une photo de dessus afin de pouvoir mesurer et analyser les projections.

### 2.4.2 Analyse vidéo (ImageJ)

- Avant d'utiliser imageJ, réaliser un premier tri d'image directement dans le dossier, en utilisant l'affichage "Icônes intermédiaires/Grands icônes" qui permet de voir l'image depuis le dossier, afin d'enlever toutes les images avant que la bille apparaissent dans le champ de vue et toutes les images après que le sable soit retombé. Il doit rester environ 120-160 images en moyenne.
- Une fois le tri effectué, ajouter dans le dossier l'image contenant l'échelle, sans oublier de la renommer par exemple en "1-exp " afin qu'elle soit la toute première image.
- Ensuite, "drag and drop" le dossier contenant les images sur imageJ. Sur la fenêtre qui s'ouvre, cocher "use virtual stack".
- Les images s'ouvrent dans la même fenêtre. Sur la première, qui normalement comporte l'échelle, tracer un trait sur l'échelle en prenant comme extrémités les graduations extrêmes afin d'avoir une échelle précise. Ne pas hésiter à zoomer sur les graduations afin de bien placer le trait et gagner en précision. Cliquer alors sur "Analyze" puis "Set Scale", entrer la distance connue.

- Il est maintenant possible de mesurer sur les images avec les différents outils, ne pas hésiter à utiliser le raccourci Ctrl+M qui permet de ne pas avoir à aller dans les menus pour chaque mesure.
- Voici comment nous avons mesuré différents paramètres :
  - hauteur max (vue de côté uniquement) : on place l'une des extrémités du traits au niveau du cylindre et la seconde au niveau de la hauteur atteinte par les projections. Assez souvent, elles sortent de l'image, et nous n'avons donc qu'une borne inférieure.
  - Diamètre projection : Avec l'outil cercle, on entoure la zone de projection, on mesure alors l'aire de la zone, et on en tire le rayon/diamètre.
  - Longueur Rayon : On pointe avec l'outil trait on point le centre de la sphère et on suit le long du rayon jusqu'à son extrémité.
  - Vitesse des grains (vue de côté uniquement) : On peut mesurer la vitesse dans le cas où un point bien repérable, typiquement une tâche noire, se déplace dans le plan horizontale. On mesure alors le déplacement entre chaque image, et connaissant la fréquence des images on peut remonter au temps entre deux images et donc à la vitesse.

## 3 Vue de coupe d'un impact

### 3.1 Matériel

- Palet en acier de diamètre 6 cm et d'épaisseur 1 cm et de masse 308 g
- Billes de verre transparentes 50  $\mu\text{m}$
- Billes de verre oranges et noires 55  $\mu\text{m}$  (plus ou moins 15  $\mu\text{m}$ )
- Billes de verre noires 350  $\mu\text{m}$  (plus ou moins 50  $\mu\text{m}$ )
- Entonnoir
- Récipient en plexiglas, de dimensions 1,16 x 0,20 x 0,01 m<sup>3</sup>
- Plaque blanche en carton
- Caméra couleur 200 Hz
- Ordinateur avec les logiciels **ImageJ** et **Pylon Viewer**
- Potences et pinces
- Fil à plomb
- Lampe + générateur

## 3.2 Montage

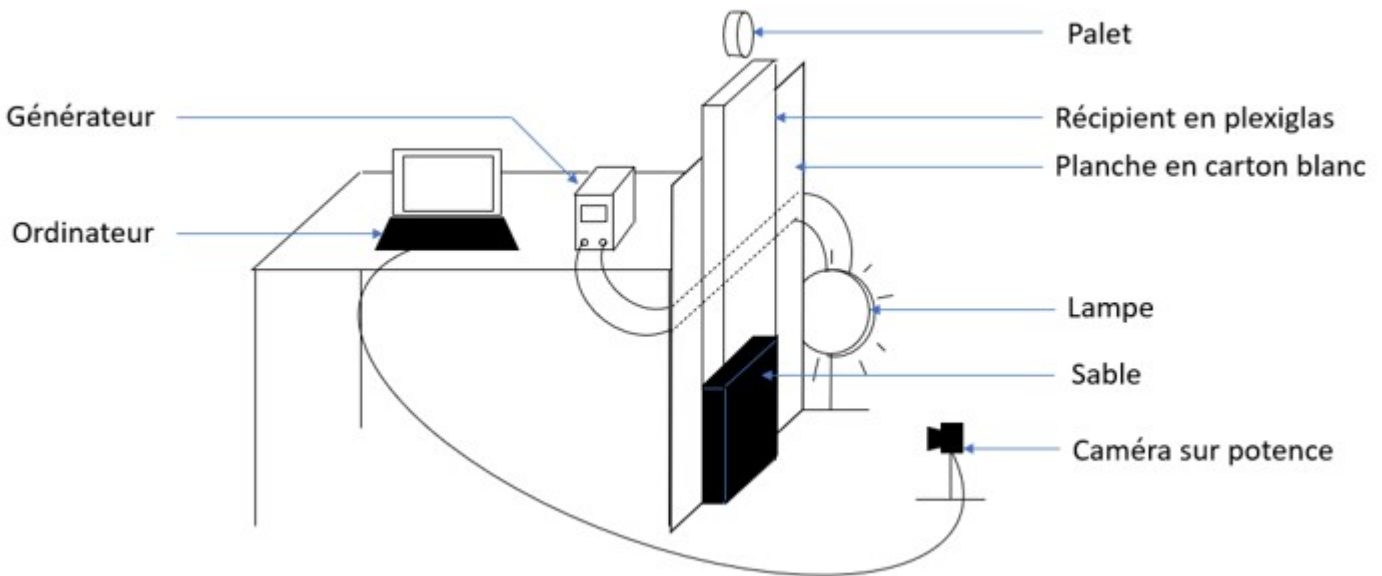


FIGURE 2 – Schéma du montage d'un impact Bi-directionnel

## 3.3 Protocole

- Placer le récipient en plexiglas, qui servira de guide au palet, en le maintenant éventuellement vertical avec une pince reliée à une potence
- Vérifier la verticalité du récipient à l'aide d'un niveau ou d'un fil à plomb (le fil à plomb est plus pratique dans le cas où la forme du récipient n'est pas parfaite)
- Placer la plaque en carton blanche derrière le récipient sans faire bouger ce dernier
- Placer la caméra sur une potence en face du récipient (voir Figure 2)
- Selon le nombre de couches de sable différentes :
  - Pour une couche : Remplir le récipient à l'aide d'un entonnoir en le faisant bouger de droite à gauche s'il n'est pas possible de tasser le sable directement (le récipient étant profond et fin), et contrôler ce remplissage à l'aide de la caméra car la vue du remplissage depuis le haut du récipient est mauvaise
  - Pour plusieurs couches : disposer des couches successives aussi planes que possible comme précédemment en alternant les types de sable
- **Il est important d'effectuer cette préparation de manière à être toujours dans les mêmes conditions pour chaque expérience**
- Placer la lampe (reliée à un générateur) de manière à éclairer de côté pour ne pas gêner la caméra (réflexions de lumière sur le plexiglas)
- Lâcher le palet du haut du récipient au centre quand le dispositif de capture d'image est prêt à l'acquisition

## 3.4 Logiciels/Traitements de données

Se reporter à la section 2.4

## Références

- [1] T. Sabuwala C. Butcher, G. Gioia and P. Chakraborty. Ray systems in granular cratering. *Physical Review Letter*, 120 :264501, 2018.
- [2] F. Pacheco-Vázquez. Ray systems and craters generated by the impact of nonspherical projectiles. *Physical Review Letter*, 122 :164501, 2019.