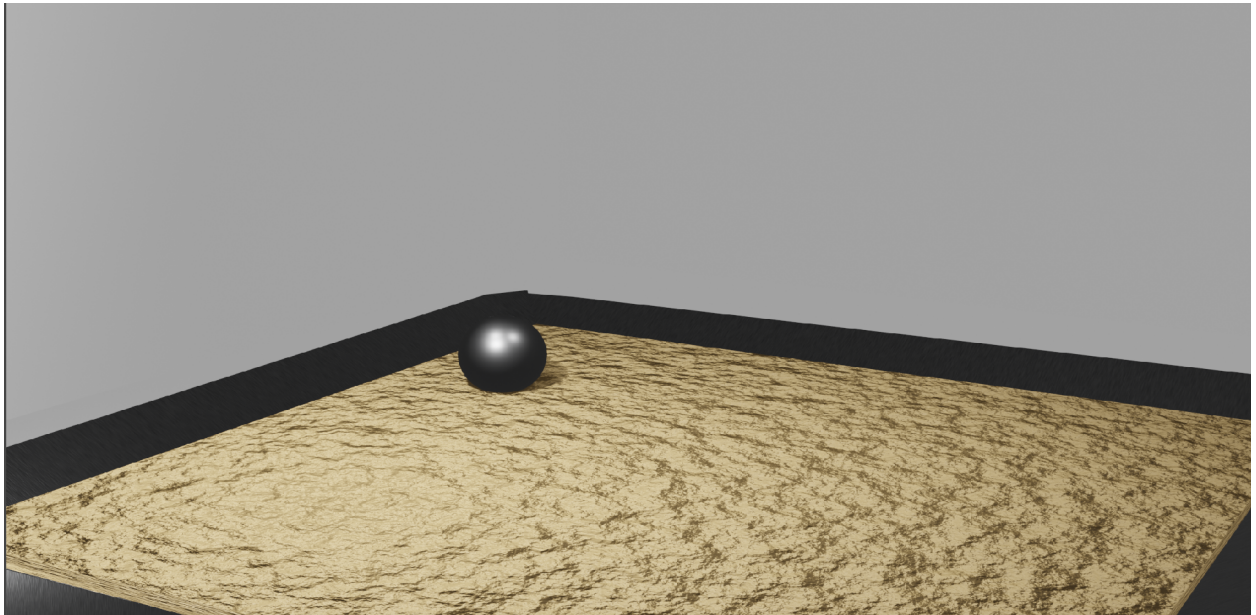


**Veronica De Oliveira Mota / ESA PRIST**  
**Alioune Fall / Polytech**

# **FRICITION**



**17-21/01/2022**

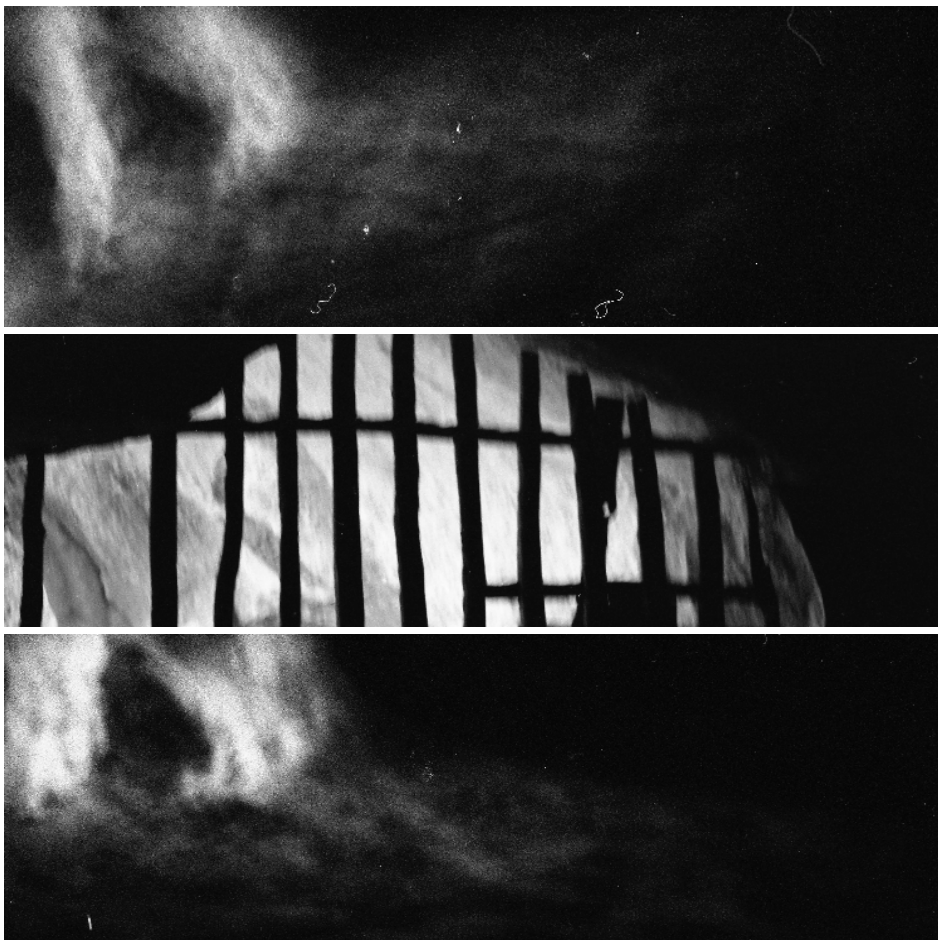
## Rapport collaboration Polytech/PRIST

### //Contexte du travail

Ayant comme médium de prédilection la photographie, je m'interroge souvent sur les sujets suivants : que recherche le photographe quand il réalise une prise de vue? Quel est cet instinct qui nous communique l'instant auquel la photographie **doit** être prise?

La photographie est par définition le moyen par lequel la lumière est gravée sur un support ; c'est-à-dire que le réel tel qu'on le connaît est transformé en substance matérielle capable d'être manipulée. S'il existe en nous le besoin de transformer l'expérience du réel en une matérialité qui témoigne de l'authenticité de l'instant vécu, alors, il existe en nous le besoin crucial de dire "ça a existé".

La question de la "trace laissée" se fait alors omniprésente dans mon travail.



## //Définition du projet PRIST

« Friction » est un projet qui évoque la notion de rencontre entre deux sujets. Cette installation découle d'une pièce réalisée en 2020 qui prend la forme d'un pendule en ardoise venant se frictionner contre une autre plaque d'ardoise posée sur le sol. Ce projet, inspiré du pendule de Foucault, était pour moi un moyen d'aborder la question de la trace produite par la rencontre entre deux matières.

**Cette année, dans le cadre du programme PRIST, j'aborde la question de la rencontre entre deux réalités ; le réel que nous connaissons et celui retranscrit par la machine.**

Le projet se présente sous la forme d'une installation. Une plaque de métal, fixée à un socle fait de la même matière, servirait de contenant à une couche de sable. On y trouverait une sphère en acier connectée à un système permettant de détecter le mouvement d'un spectateur qui se trouverait aux alentours de l'espace dans lequel est placée l'installation. La sphère, recevant les informations du déplacement du spectateur, retranscrirait le parcours de ce dernier dans le sable.

La machine devient alors l'intermédiaire par lequel la retranscription de la trace laissée par le sujet dans l'espace est possible.



## // Objectifs de la semaine

Après la rencontre de mon binôme : Alioune Fall, ingénieur en sciences des matériaux ; un cahier des charges fut créé.

- 1) Déterminer les caractéristiques des différents composants du projet de sorte que la boule traverse le bac en effectuant une rotation sur elle-même et en marquant le sable de son passage. Il faudra un matériau granulaire d'une consistance telle que la boule ne s'enfonce pas sur elle-même. Les caractéristiques à déterminer sont :
  - Le matériau granulaire (composition, taille de grains) et sa consistance (possibilité d'humidifier par vaporisation)
  - La profondeur du bac et son matériau
  - Le matériau de la boule (part 2)
- 2) Doubler le diamètre de la boule téléguidée (7cm → 15cm) à l'aide de solutions légères de sorte que la puissance du moteur reste suffisamment élevée pour la mettre en rotation. Le matériau enveloppe devra répondre à des critères d'adhérence et d'esthétisme.
- 3) Calculer :
  - vitesse de rotation minimum pour que la boule puisse résister à la force de traînée induite par le sable et ainsi avancer
  - Vitesse de rotation/poids/volume à partir de laquelle la boule risque de s'enfoncer
- 4) Création d'un prototype afin de réaliser des tests :
  - Bac en bois 50x50cm
  - Trouver une sphère en plastique, faire en sorte que le poids soit égal à la boule Sphéro (498.95 grammes)
  - Potentiellement trouver mousse PU

## // Description de la semaine

### Lundi /

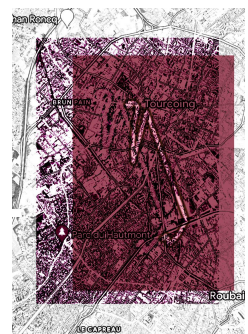
Rencontre des étudiants ingénieurs de l'école Polytech Lille à l'ESA, création des binômes. Rencontre de Alioune Fall, ingénieur en sciences des matériaux.

Participation au workshop de l'artiste Pauline Delwalle

### Mardi /

Début de la collaboration avec Alioune à Polytech. Découverte du Fabricarium et des nombreuses technologies que le lieu propose.

N'ayant pas trouvé de sphère ni de récipient à sable qui pourrait permettre le début d'une expérimentation, nous déterminons les objectifs à accomplir pour la semaine.



Nous discutons de potentiels problèmes qui pourraient survenir lors de la mise en place de mon projet, et partons à la recherche de sable disponible autour du site de Polytech.

### Mercredi /

Après avoir fabriqué un bac en bois (50x20cm) et trouvé une sphère en plastique (12,5cm de diamètre), nous commençons l'expérimentation. Nous débutons d'abord par mettre des morceaux de taule à l'intérieur de la sphère en plastique afin que celle-ci atteigne un poids similaire à celui de la boule Sphéro (481 grammes). Puis, nous comblons la boule de coton afin que les composants qui se trouvent à l'intérieur ne bougent plus.



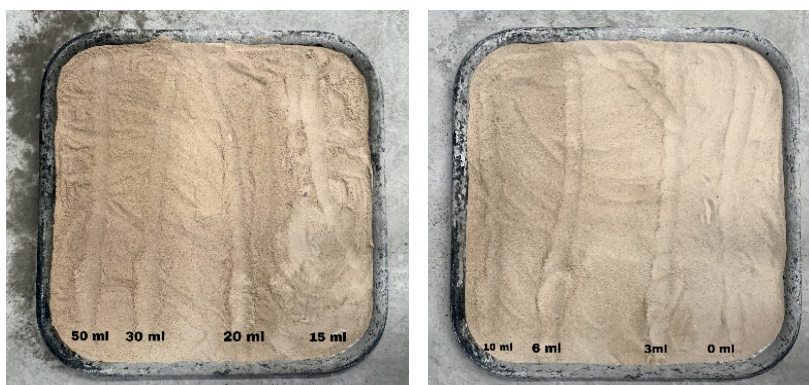
Nous partons ensuite à la recherche de sable et découvrons un entrepôt destiné aux étudiants ingénieurs en génie civil dans lequel se trouve plusieurs types de sable qu'on met à notre disposition.

Nous faisons un premier test en remplissant le bac en bois de sable mais un problème est très vite rencontré : le bac n'est pas assez grand pour témoigner des traces que la sphère laisse derrière elle.

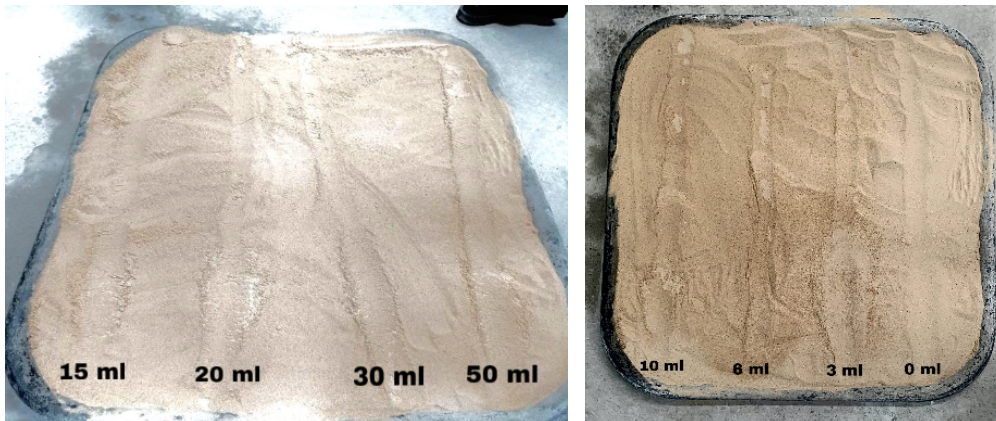
Un bac plus grand (80x80cm) est mis à notre disposition, nous le remplissons de 15kg de sable fin tamisé afin d'obtenir les grains les plus fins possibles.

Nous réalisons une série de tests : quatre tracés sont réalisés avec différents taux de vaporisation d'eau sur le sable.

#### 1) 15kg de sable dans le bac.



2) 30kg de sable dans le bac



Nous en concluons que la sphère adhère mieux sur une plus petite quantité de sable et sur une surface vaporisée avec 15ml d'eau.

**Jeudi /**

L'entrepôt dans lequel nous avons réalisé nos expériences le jour précédent étant fermé, nous ne pouvons tester un deuxième type de sable. Les résultats obtenus ne se basent que sur un type de sable.

Nous nous rejoignons, mon binôme et moi, pour faire un compte rendu et déterminer le travail restant avant l'exposition PRIST.

### **//Bilan des problèmes non résolus**

Malheureusement, après une série de tests concluants, il demeure encore la possibilité que la sphère motorisée ne se déplace pas correctement sur le sable. En effet, même s'il est possible de connaître des informations telles que le diamètre et le poids exacte de la boule Sphéro, il est impossible de retranscrire la vitesse/puissance à laquelle cette même boule se déplace sur une boule en plastique non motorisée.

Il me reste alors à :

- me procurer la boule Sphéro pour effectuer les mêmes tests réalisés cette semaine avec celle-ci
- créer la structure en acier qui accueille le sable et la Sphéro
- coder/détourner la Sphéro pour la joindre au système Kinect Arduino

## **Annexe // Rapport scientifique Alioune Fall**

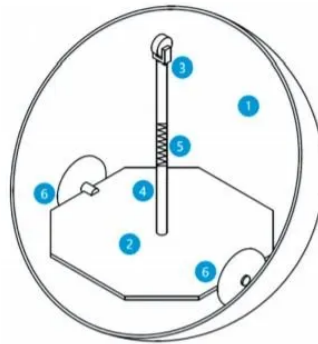
### **Rapport scientifique**

#### **1) La boule**

La boule représente l'élément central de l'œuvre. C'est le modèle sphero qui a été choisi pour sa capacité à être programmée pour être déplacée à l'aide de la technologie Kinect.

#### **a) Conception et fonctionnement d'un robot sphérique**

Un robot sphérique comprend une coque de forme sphérique qui sert de corps du robot et une unité d'entraînement interne du robot qui lui permet de conduire. C'est de cette unité dont nous nous intéresserons dans cette partie.



L'idée de base du système d'entraînement du robot et du principe d'architecture est présentée ci-dessous. Un dôme abrite les composants intérieurs du robot à l'intérieur (1). La base (2) sert de base à tous les composants mécaniques du bâtiment. Deux moteurs à courant continu fournissent un mécanisme d'entraînement avec des roues (6) montées sur les côtés de la plate-forme et en contact avec la sphère.

Le rouleau (3) a deux degrés de liberté et peut se déplacer librement autour de la surface intérieure de la sphère et le rouleau et la base sont reliés par un arbre (4), qui maintient tous les composants en place. Le ressort (5) au milieu de l'arbre garantit que le rouleau et les roues du robot ne se cassent jamais en contact avec la surface intérieure de la sphère.

#### **b) Principe de la méthode d'augmentation du volume de la boule**

Pour son œuvre, l'artiste souhaite que le diamètre de la boule soit plus grand. Une méthode pour obtenir une boule d'un diamètre de 15cm peut être de la placer la boule sphero au centre d'une sphère de diamètre 15 cm. Le premier problème est que l'unité d'entraînement de la boule sphero a été conçue exclusivement pour cette dernière. Le défi est d'augmenter le diamètre tout en conservant une force d'entraînement suffisante, malgré le poids supplémentaire et la force de traînée induite par le sable.

De plus, la fixation de la boule sphero doit être au centre de cette sphère, de sorte que les masses soient également réparties. Pour cela, on se propose de combler le vide formé entre les parois de la boule et de la sphère par une âme.

### c) Choix des matériaux

Pour réaliser cette méthode, les matériaux adéquats devront être choisis. Pour la sphère, nous pouvons choisir du PMMA (Polyméthacrylate de méthyle), soit le même matériau que la coque de la boule sphero. Il s'agit d'un matériau rigide, léger, et peu onéreux, qui se prête parfaitement à cette application.

Concernant l'âme dont le rôle sera de fixer le boule sphero au centre de la sphère. Plusieurs possibilités s'offrent à nous. Premièrement, nous avons l'argile qui est facilement moulable et résistante. Son inconvénient est qu'il possède une forte densité. Une autre solution est le polyuréthane sous forme de mousse. Ce matériau possède un excellent compromis résistance/légèreté. Cependant, la répartition de sa masse de manière égale dans la sphère représentera davantage de difficultés.

Matériau âme de fixation	Masse de l'âme (g)	Masse de la sphère (g)
Argile	6250	6745
Polyuréthane	500	995

Pour ces calculs, nous avons négligé la masse de la coque en PMMA dont l'ordre de grandeur est de 10g.

### 2) Le bac

Le bac est un carré de 2x2m. Sa profondeur est de X. Nous justifierons le choix de cette profondeur dans la partie suivante. Pour des critères de rigidité et d'esthétisme, nous préférons l'acier au bois pour la fabrication de ce bac.

Le bac en acier sera assemblé par soudure à l'arc. Le principe de la soudure à l'arc tient dans le principe de l'élévation de température au point de fusion par l'utilisation d'un arc électrique. C'est l'échauffement créé par la résistivité des métaux parcourus par l'électricité qui élève la température au point de soudure jusqu'à celle requise pour la fusion du métal.

L'utilisation de ce matériel requiert certaines précautions. Cette technique de soudage est accompagnée d'un vif dégagement de chaleur et d'une émission de lumière intense. Pour assurer sa protection, il est nécessaire d'utiliser des équipements et des matériels adaptés à cette opération. La protection des yeux et du visage nécessite des lunettes ou un masque en verres conformes aux normes EN 175 (Protection des yeux et du visage pour soudage), EN 169 (filtres oculaires) et EN 379 (degré de la teinte du verre).

En ce qui concerne les gants, ils permettent de protéger les mains de la chaleur, de la conduction électrique et de l'action coupante des tôles. Le port des gants de soudure en cuir et conformes à la norme EN 12477 est obligatoire. La protection du corps du soudeur est assurée par tout vêtement résistant à la chaleur, aux étincelles et aux flammes. Il est également nécessaire de porter des



chaussures adaptées à cette opération (des bottes de sécurité à semelle isolante et conforme à la norme EN 345).

### 3) Le matériau granulaire

Des traces devront être visibles lors du passage de la boule à travers le bac. Pour cela, la matière qui le compose devra être meuble : on choisit un matériau granulaire. Un matériau granulaire est un matériau constitué d'un grand nombre de particules solides distinctes, les grains qui ne sont pas liés par des liaisons covalentes (c'est-à-dire des liaisons chimiques). Cette division en éléments multiples entraîne des comportements particuliers de ces matériaux. Cela concerne le déplacement d'objet à travers des milieux granulaires.

#### a) Force de traînée

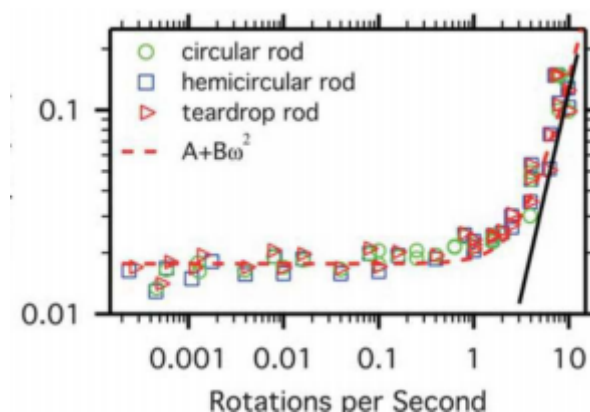
Lorsqu'un objet se déplace dans un milieu granulaire, il est soumis à une force de traînée. C'est une force qui s'applique et s'oppose dans la direction du déplacement de l'objet. A faible vitesse de rotation, cette dernière est proportionnelle à la pression des grains au niveau de l'obstacle, ainsi qu'à la surface frontale de l'objet:

$$F_{\text{traînée}} \propto PS$$

Des travaux ont aussi été réalisés pour déterminer cette vitesse à des vitesses de rotation plus élevées ( $\gg 1$  rot/s). Les résultats suivants ont été mis en avant :

$$F_{\text{traînée}} \propto \rho SU^2, \text{ avec } U \text{ la vitesse de l'objet.}$$

Dans cette configuration, il apparaît que la densité du milieu granulaire, ainsi que la vitesse de déplacement de l'objet ont leur influence.



Selon la documentation, la boule sphero est capable d'atteindre une vitesse de 23 km/h, soit 6,38 m/s. Cela correspond à une vitesse de rotation de 6.7 tours/s. En prenant en compte de ralentissements tels que l'augmentation de ses dimensions et de sa masse, ainsi que la force de

traînée, on estime que cette valeur peut être divisée d'un facteur 10. On se retrouve avec une vitesse de rotation de 0.6 tours/seconde. C'est donc la première configuration qui nous concernera.

#### 4) Expérimentations

L'intérêt de cette expérimentation à suivre sera de déterminer les paramètres tels que la boule parvient à se déplacer dans le milieu granulaire sans s'enfoncer. Pour la réaliser, nous avons à disposition la halle génie civil. Du sable de plage, tamisé à 1,25 mm a été utilisé pour cette expérimentation. Il s'agissait du tamis le fin qui pouvait être utilisé pour ce type de sable.



*image 1 : tamis utilisé de 1,25mm d'ouverture*

Durant cette expérience, on se propose de faire varier l'épaisseur du sable, ainsi que son humidité. Lorsque qu'on va vaporiser le sable, les particules d'eau vont se placer dans les espaces intergranulaires et ainsi augmenter sa densité. La quantité d'une vaporisation est de 1mL.

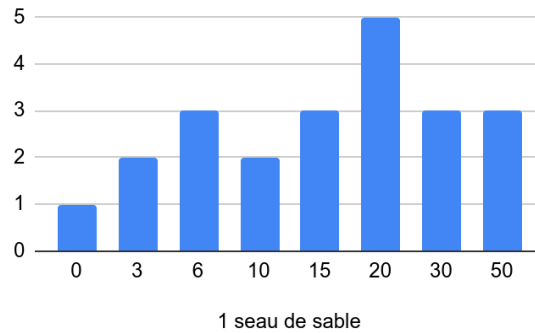


*image 2: mesure d'un vaporisation*

Pour effectuer les tests, une boule de test a dû être fabriquée. Pour cela nous avons rempli une sphère en plastique de 11,5 cm de diamètre, dans laquelle nous avons introduit des composés électroniques ainsi que du coton pour servir de fixation. La masse de notre création n'était pas parfaitement répartie, mais elle l'était suffisamment pour rouler en ligne droite sur 1m. Sa masse est de 500g.

Dans un premier temps, un volume de X de sable ont été versés dans un bac de 8550 cm<sup>2</sup> de surface. On en déduit alors que l'épaisseur du sable est de X cm. Nous avons divisé ce bac à sable en 4

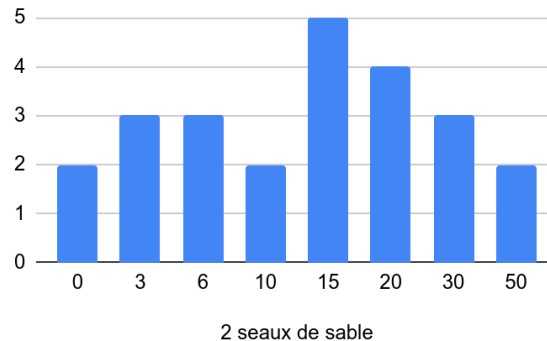
surfaces égales, dans lesquelles nous avons vaporisé une certaine quantité d'eau. La boule a été lancée dans chacune de ces surfaces, et une trace a alors pu être observée. Ce processus a été réalisé pour des quantités d'eau vaporisées allant de 0 à 50 mL. Pour caractériser les traces de sable, l'artiste a attribué à chacune d'entre elles une note de satisfaction allant de 1 à 5. Nous obtenons les résultats suivant :



Graphe 1: Note de satisfaction en fonction de la quantité d'eau vaporisée en mL

On note qu'à ce niveau d'épaisseur, le fond du bac vient parfois à apparaître.

Un deuxième volume de sable identique a été ajouté au bac. Le même protocole fut ensuite réalisé. Les résultats suivant ont été obtenus :



Graphe 2: Note de satisfaction en fonction de la quantité d'eau vaporisée en mL

Il apparaît que le paramètre optimal pour une épaisseur de 3,38 cm (un seau renversé dans le bac) est une quantité d'eau vaporisée de 20 cl.

Nous remarquons que pour une épaisseur deux fois plus grande, les traces sont satisfaisantes pour des quantités vaporisées équivalentes. En effet, une quantité de 15 à 20 cl est favorable. Si nous souhaitons nous assurer que la boule ne rencontre pas le fond du bac, cette épaisseur de sable sera favorisée.

<b>Nombre de seau</b>	1	2
<b>Epaisseur du sable (cm)</b>	3,38	7,72
<b>Quantité d'eau optimale (mL)</b>	20	15

Cela correspond à un taux d'humidité surfacique de 92 mL d'eau/m<sup>2</sup> de sable. Pour un bac d'une surface de 4 m<sup>2</sup>, une quantité d'eau de **368 mL** devra être vaporisée.

La profondeur du bac sera donc de 10 cm, de sorte que la boule ne sorte pas de ce dernier, même dans la deuxième configuration.

<b>Fond visible</b>	OUI	NON
<b>Epaisseur sable</b>	3,38	7,72
<b>Quantité de sable (50 kg)</b>	67	134

### Conclusion :

En l'absence de tout le matériel nécessaire à la réalisation de cette œuvre d'art, certaines incertitudes demeurent quant à sa faisabilité. L'objectif de ce travail fût de proposer des solutions ayant pour but de maximiser les chances de réussite. Une âme en PU ainsi qu'une coque en PMMA s'imposent comme les matériaux qui serviront à augmenter la taille de la boule. Une épaisseur de sable de 3 à 7 cm selon le souhait de l'artiste, vaporisé de d'environ 370 mL d'eau sera placée dans un bac d'acier d'une profondeur de 10 cm. La quantité de sable nécessaire à la réalisation de ce projet sera au minimum de 50 kg et pourrait atteindre 135 kg.