

### **Activité 3 : Vers la notion de force**

#### **1) Rappels sur la loi de la chute libre**

Rappelons qu'il a été établi, dans les deux activités précédentes, la loi de la chute libre sous la forme :

$$\left\{ \begin{array}{l} a = g \\ v = g t \\ h = \frac{1}{2} g t^2 \end{array} \right.$$

loi qui traduit qu'en un lieu donné et dans le vide, tout corps, lâché sans vitesse initiale, chute de la même façon dans un mouvement rectiligne uniformément accéléré d'accélération  $a$  notée  $g$  et appelée accélération locale de la pesanteur ou intensité de pesanteur, exprimée en  $m/s/s$  ou  $m s^{-2}$ . Au cours de cette chute, la vitesse  $v$ , exprimée en  $m/s$  ou  $m s^{-1}$  est proportionnelle à la durée de chute  $t$  exprimée en  $s$  et la hauteur de chute  $h$  exprimée en  $m$  est proportionnelle au carré de cette durée de chute.

#### **2) Rappels sur la notion de masse et la définition de son unité**

La masse vise à mesurer une quantité de matière. On en trouve dans Wikipédia une définition historique :

« Le gramme est originellement défini en 1795 comme la masse d'un centimètre cube « d'eau pure » à 4 °C, faisant du kilogramme l'égal de la masse d'un litre d'eau pure. Le prototype du kilogramme, fabriqué en 1799 et sur lequel s'appuie le kilogramme jusqu'en mai 2019, possède une masse égale à celle de 1,000 025 L d'eau pure.

Depuis 1879 et jusqu'au **19 mai 2019**, il est défini comme étant égal à la masse du prototype international du kilogramme déposé au BIPM au [pavillon de Breteuil](#) près de Paris<sup>6</sup> »

a) Voyons alors comment procéder à la mesure d'une masse à partir d'un problème simple :

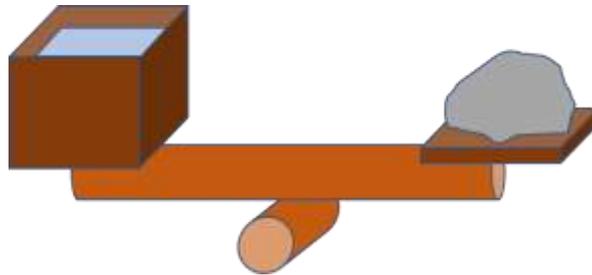
On se trouve isolé avec quelques amis sur l'île paradisiaque de Koh Confina. On dispose d'une pierre de bonne taille, d'un mètre gradué au millimètre et d'un couteau. On ne dispose cependant pas de chronomètre. Comment mesurer la masse de la pierre en utilisant les éléments environnants (bois, eau, etc...) ?

#### **Réponse :**

**On peut se confectionner une balance de la façon suivante :**

- **Prendre deux branches de forme les plus cylindriques possible, enlever l'écorce pour rendre leur surface la plus lisse possible**
- **Se fabriquer deux récipients l'un, en forme de parallélépipède rectangle pouvant recevoir de l'eau avec du bois ou de la terre cuite, et les fixer à chaque extrémité d'une des branches. Ces récipients feront office de plateau pour la balance.**
- **Poser en milieu le rondin de bois supportant les plateaux sur le rondin posé au sol et à l'aide de tares équilibrer les plateaux pour qu'ils soient bien à l'horizontale.**
- **Poser la pierre dans un des récipients et verser de l'eau dans l'autre de telle sorte que les plateaux restent bien en équilibre à l'horizontale, et à même distance du point de pivot.**

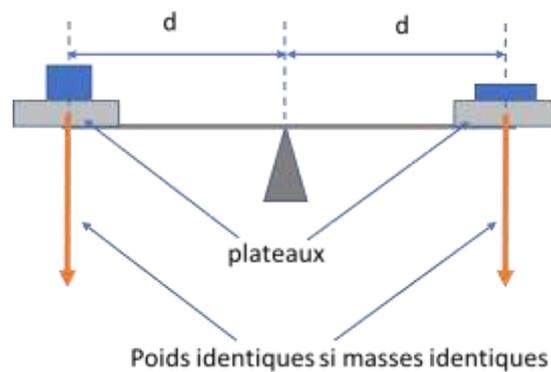
- Mesurer la hauteur d'eau ainsi que la longueur et la largeur du récipient pour en obtenir le volume.
- En déduire la masse d'eau qui est également la masse de la pierre.
- 



b) Définir l'instrument permettant de mesurer la masse d'un objet et expliquer en le principe de fonctionnement à l'aide d'un schéma.

**Réponse :**

L'instrument s'appelle une balance. Voici son schéma :



Lorsqu'on ajoute dans chaque plateau, la balance ayant été préalablement équilibrée des masses identiques, les forces de pesanteur (poids) exercées sur ces masses sont identiques et la balance reste équilibrée. Le principe de mesure consiste donc à mettre dans un plateau l'objet dont on veut mesurer la masse et rééquilibrer la balance en mettant dans l'autre plateau des masses de référence.



c) Une question se pose alors : La mesure d'une masse dépend-elle du lieu où se fait la mesure ? En haut de l'Everest, sur la Lune ?

**Réponse :**

**Non, cette mesure ne dépend pas du lieu où elle est faite. La masse est donc en physique ce qu'on appelle un invariant : Elle a la même valeur quelque soit le référentiel et le lieu dans laquelle on la mesure.**

**La balance s'équilibre en effet de la même façon, qu'on soit sur Terre ou sur la Lune.**

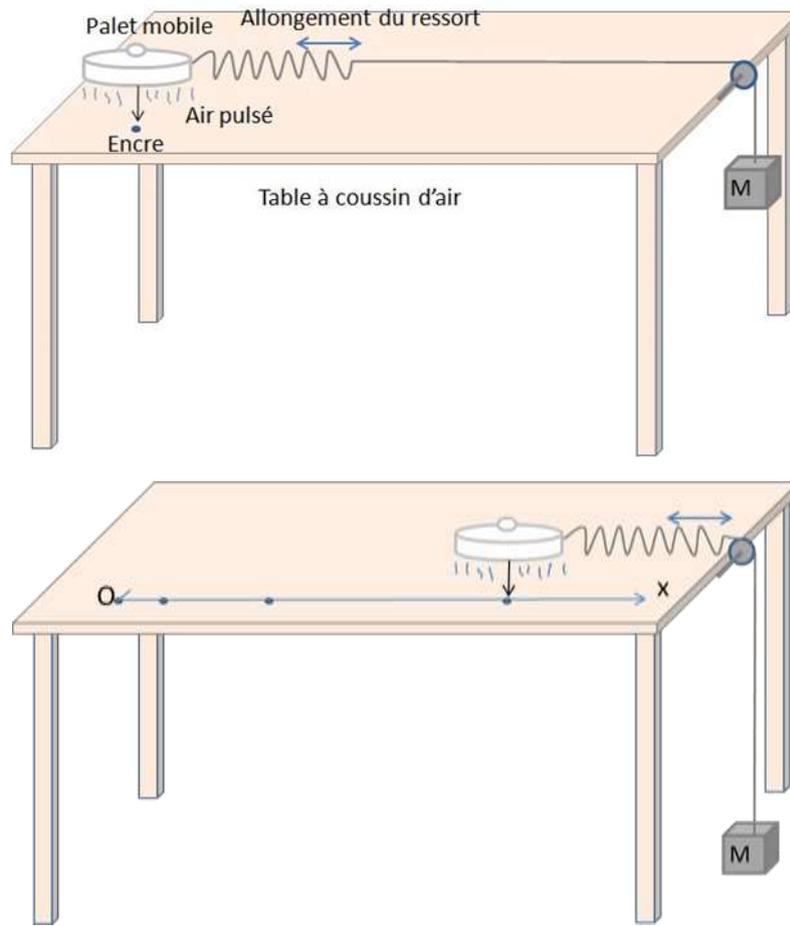
### **3) Rappels sur la loi d'élongation d'un ressort**

Rappelons qu'il a été établi expérimentalement, que l'allongement  $\Delta$  d'un ressort auquel on suspend une masse  $M$  exprimée en  $kg$  est proportionnel à cette masse tant que l'on ne dépasse pas un domaine d'allongement du ressort dit **élastique linéaire**. Un tel ressort utilisé dans ce domaine d'allongement peut alors, par son allongement, mesurer l'intensité de la force qui produit cet allongement (poids de la masse suspendue ou bien action d'un acteur autre comme les doigts d'un expérimentateur qui tire dessus). Se pose alors le problème de la graduation d'un tel ressort dans une unité à définir : le Newton. Voyons comment procéder.

Tout d'abord, l'expérience de la chute libre montre qu'un corps lâché sans vitesse initiale a un mouvement rectiligne vertical dirigé vers le bas d'accélération constante. Or ce mouvement est dû (principalement, car il faut tenir compte en toute rigueur d'une force centrifuge) à l'attraction gravitationnelle, et si on mesure l'effet de cette force tout au long de la chute en suspendant le corps en question à un ressort à diverses positions de son parcours, on observe que l'élongation du ressort est la même. On en déduit que

<b>Le mouvement à accélération constante de la chute libre est la conséquence d'une attraction gravitationnelle d'intensité constante.</b>
--

Toutefois, si on change la valeur de la masse du corps en la doublant par exemple, ce qui conduit à doubler également l'intensité de l'attraction puisque l'élongation du ressort double, on n'observe pas de modification de la valeur de l'accélération. Ceci amène alors à concevoir une expérience, où on peut faire varier l'intensité de la force agissant sur un corps sans changer sa masse, c'est l'expérience de la table à coussin d'air. Dans cette expérience, un palet mobile est soumis à une force exercée par d'un ressort relié à une masse  $M$  par l'intermédiaire d'une poulie (voir schéma ci-dessous).



Le palet, qui pulse de l'air pour pouvoir se déplacer librement à l'horizontale au-dessus de la table, laisse, à intervalles de temps réguliers, une marque de la position de son centre sur un papier fixé sur la table.

a) Donner le nom d'une technique similaire permettant de visualiser la position d'un objet en mouvement à intervalles de temps réguliers.

**Réponse :** La technique est la **chronophotographie**

b) Qu'est ce qui permet d'affirmer que l'attraction exercée par le ressort sur le palet a une intensité constante pendant le mouvement de ce palet ?

**Réponse :**

**L'élongation du ressort demeure constante pendant tout le mouvement, grâce au système de poulie et de masse qui y est fixée.**

c) A quoi voit-on que le mouvement est accéléré ?

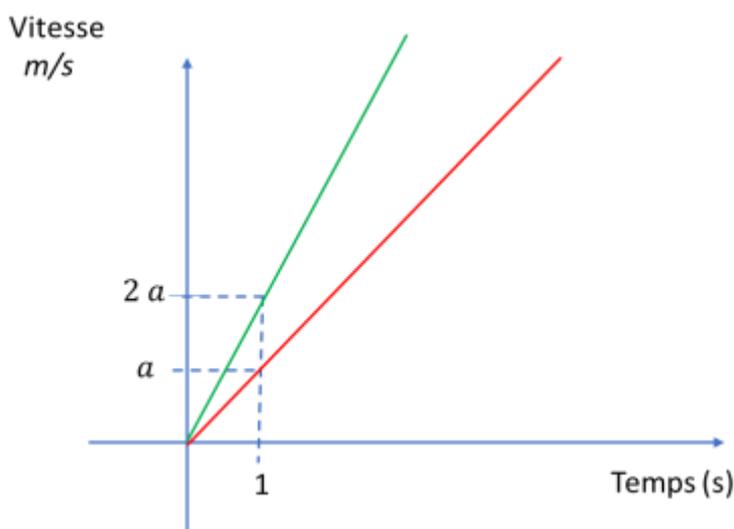
**Réponse :**

**Des distances croissantes sont parcourues pendant des durées identiques. Attention que cela ne suffit pas à affirmer que le mouvement a une accélération constante. Le mouvement est à ce stade, simplement qualifié d'accélééré.**

d) Une analyse de la distance parcourue en fonction de la durée de parcours faite de façon similaire à celle de la chute d'une balle de golf (activité 2) montre que le mouvement est rectiligne et à accélération constante. Donner l'allure de courbe de la vitesse  $v$  du palet en fonction de la durée  $t$  de parcours dans deux situations qu'on fera apparaître sur le même graphique : la première avec une masse  $M$  servant à allonger le ressort et la seconde avec une masse double  $2M$ .

**Réponse :**

Pour un mouvement rectiligne à accélération constante, la vitesse est proportionnelle au temps écoulé depuis l'origine du mouvement (objet au repos). La courbe de vitesse en fonction du temps est donc une droite passant par l'origine du repère dont l'accélération est le coefficient directeur. Plus la vitesse est élevée, plus la courbe est pentue. Pour une masse servant à allonger le ressort double, l'accélération est double donc le coefficient directeur double.



e) L'accélération  $a$  du palet se révèle, en multipliant les expériences, proportionnelle à l'allongement  $\Delta$  du ressort et inversement proportionnelle à la masse  $m$  du palet. Ecrire la relation mathématique que cela traduit en notant  $k$  la constante de proportionnalité.

**Réponse :**

$$a = k \frac{\Delta}{m}$$

d) En prenant pour  $k$  la valeur arbitraire 1, on définit une unité de force appelée le Newton, ce qui permet de graduer dans cette unité le ressort de l'expérience. Cette loi appliquée dans le cas de la chute libre où agit seule l'attraction de la pesanteur encore appelée poids conduit à évaluer l'intensité de cette attraction dans cette unité sous la forme :

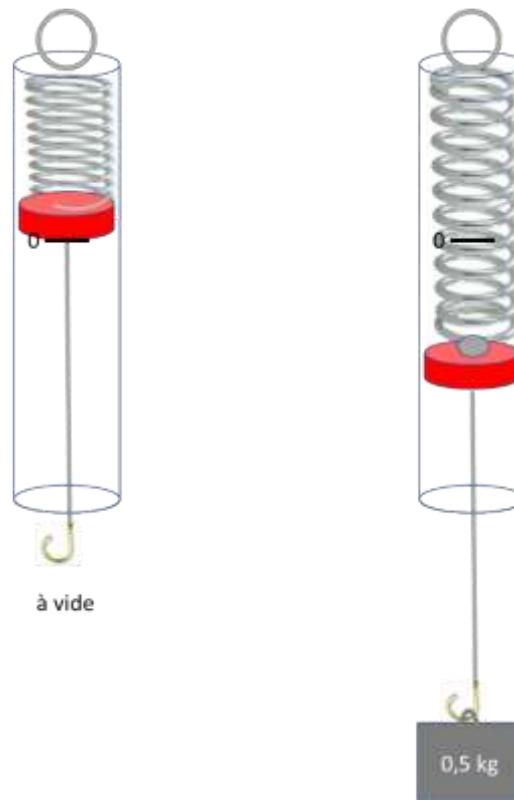
$$P = m g$$

Préciser les unités de chaque symbole.

**Réponse :**

***P*** est en Newtons de symbole ***N***, ***m*** en ***kg*** et ***g*** en ***m/s/s*** ou ***m s<sup>-2</sup>***

e) Au ressort de l'expérience de la table à coussin d'air a été suspendue une masse de 0,5 kg. Graduer ce ressort dans l'unité (Newton N) ou une de ses sous-unités.



Vous avez fabriqué un dynamomètre !

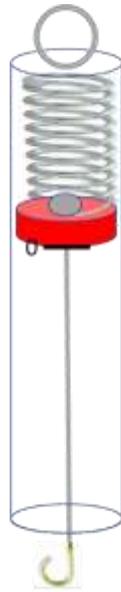
Réponse :

Sous Powerpoint, on mesure pour l'allongement 4,02 cm. Or la force exercée a pour intensité :

$$P = m g = 0,5 \times 9,8 = 4,9 N$$

Un tableau de proportions permet alors d'établir les graduations :

Allongement (cm)	4,02	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	4,92
Force (N)	4,9	1	2	3	4	5	6



à vide

