

## Mesure de la masse de la Terre

Faculté des Sciences – Département de physique

Simon Torbeyns, Arthur Lustman

### Physique élémentaire

Il existe dans l'Univers 4 forces fondamentales qui régulent tous les phénomènes physiques que nous connaissons

- Interaction nucléaire faible
- Interaction nucléaire forte
- Interaction électromagnétique
- Gravitation

L'attraction d'un petit aimant sur la porte de son frigo est une expression de la force électromagnétique. Le simple fait que tous les objets sont attirés vers le sol ou que les planètes de notre système solaire soient attirées par le Soleil est une expression de la force de gravitation. Bien plus compliquées à représenter, les deux forces nucléaires n'agissent que sur les particules élémentaires telles que le noyau des atomes et sont responsable de leur cohésion ou d'autres phénomènes physiques liés.

### Un peu d'histoire

C'est qu'au XVII<sup>e</sup> siècle que la physique est bouleversée par la publication de l'ouvrage d'Isaac Newton, « Principes mathématiques de la philosophie naturelle » où il décrit divers phénomènes physiques, mais surtout la théorie de l'attraction universelle, la gravitation. La légende raconte d'ailleurs que ce dernier aurait découvert le phénomène de gravitation lorsqu'une pomme lui est tombée sur la tête alors qu'il était assis tranquillement sous un pommier.



Un siècle plus tard, un savant du nom de Henry Cavendish décide d'estimer la masse de la Terre à l'aide d'un pendule qui occupa une pièce entière de sa demeure. Le principe reste simple et est basée sur la gravitation

*Gravitation : La gravitation est le phénomène d'interaction physique qui cause l'attraction réciproque des corps massifs entre eux, sous l'effet de leur masse.*

Cette force s'exprime de manière plus mathématique sous la forme suivante :

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

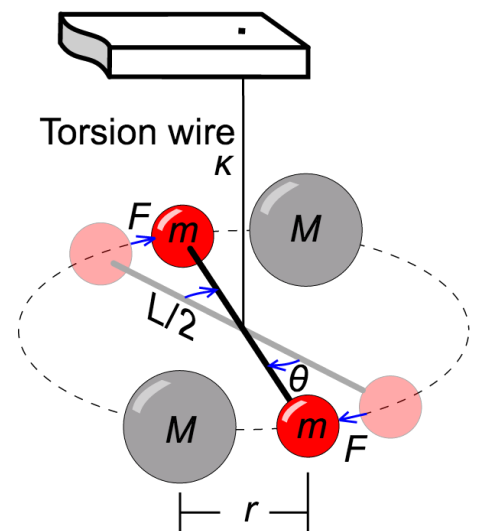
Où  $m_1$  et  $m_2$  sont les masses,  $d$  la distance qui les sépare et  $G$  la constante gravitationnelle.

### Une machine à précision démoniaque

Le but de l'expérience est de mesurer la constante  $G$ , appelée constante gravitationnelle universelle. Pour cela nous avons besoin des 4 informations de cette équation :  $G = \frac{F \cdot d^2}{m_1 \cdot m_2}$ , c'est à dire des 2 masses, de la distance qui les sépare et de la force qui les attire.

Cavendish pend un câble au plafond auquel il accroche un axe rigide centré sur lequel il accroche deux petites masses aux extrémités. L'axe peut pivoter librement mais le câble, ne supportant pas être tordu, va exercer une force pour faire revenir à l'endroit initial l'axe rigide. Nous pouvons connaître la force qu'il faut pour tordre le câble en fonction de sa longueur, du diamètre et de sa nature.

Le reste de l'expérience est composé d'un axe mais cette fois fixé au sol dont il peut choisir la position auquel sont accrochées deux masses de 150kg. Cavendish pivote alors cet axe afin d'approcher les grosses masses des petites pour qu'elles subissent une force de gravitation. L'axe fixé au câble pivote à cause de l'attraction causée par les grosses masses et Cavendish mesure l'angle de pivot afin de connaître précisément la valeur de cette force. La précision du pendule réalisé est incroyable pour l'époque ce qu'il lui a permis d'obtenir des résultats très satisfaisants.



Une fois à la position d'équilibre on connaît la force nécessaire pour tordre le fil jusqu'à angle mesuré. En mesurant la distance qui sépare les masse on retrouve les 4 informations dont on a besoin pour calculer  $G$ .

N'ayant pas les moyens pour reproduire une expérience aussi grande, nous effectuons un modèle fonctionnant tout aussi bien (sans être aussi précis) d'une hauteur de 80cm avec des masses beaucoup plus petites (2kg au lieu de 150kg) et un fil plus fin.

### Et la masse de la Terre ?

En combinant la loi fondamentale de la dynamique avec la force de gravitation et notre constante fraîchement calculée, on va pouvoir facilement calculé la masse de la Terre. Cette loi dit que l'accélération d'un objet est proportionnelle à la force qui est exercé sur elle. Autrement écrit :

$$F = ma$$

Lorsqu'on lâche un objet de masse  $m$  à la surface de la Terre, il accélère à cause de la force de gravitation. Et cette accélération, facilement calculable, vaut  $9,81 \text{ m/s}^2$ . On la note souvent  $g$ . Ceci étant dit on peut écrire simplement :

$$G \frac{m_T m}{d^2} = m \cdot g$$

$$m_T = \frac{g \cdot d^2}{G}$$

Où  $d$  peut être approximer par le rayon terrestre, ce qui donne :

$$m_T \cong 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$