LA POMME DE NEWTON

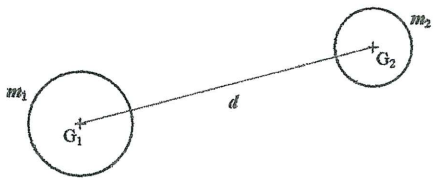
Univers

Thème : L'univers	Sous-thème : La gravitation

Tout le monde connaît l'histoire de la pomme de Newton. Le jeune savant reçoit sur la tête une pomme, et hop, il en déduit la loi de la Gravitation Universelle ! Cette caricature, mise en scène sous le crayon de Gotlib, illustre bien le perpétuel éveil de l'esprit scientifique.
En 1665, le jeune bachelier Isaac Newton réside à la campagne, loin de Londres où sévit une épidémie de peste. Il découvre les joies des promenades bucoliques et un soir, dans son verger, il observe la chute d'une pomme, alors que la Lune brille dans le ciel.
Connaissant la nature intrinsèquement proche de ces deux corps, Newton se pose la question : Pourquoi la Lune ne tombe-t-elle pas elle aussi ?
La réponse le frappe avec une évidence soudaine : Bien sûr, la Lune tombe ! Sinon, elle s'éloignerait de la Terre à tout jamais, emportée par sa vitesse. Elle est retenue sur son orbite par une force sans support physique : la gravitation ou plus précisément l'interaction gravitationnelle.

I. L'INTERACTION GRAVITATIONNELLE

On parle d' « interaction » lorsque deux corps exercent l'un sur l'autre deux forces qui ont même direction, même valeur, mais des sens opposés l'un à l'autre : c'est le cas de l'***interaction gravitationnelle***.
La « droite d'action » de cette interaction est la droite reliant les centres de gravité de ces deux corps.
On appelle $\mathbf{F}_{g1\to2}$ la force exercée par le corps 1, de masse m_1, sur le corps 2, de masse m_2, et $\mathbf{F}_{g2\to1}$ la force exercée par le corps 2 sur le corps 1. Les deux corps sont séparés d'une distance d.



→ *Représenter ces forces par un « segment fléché » sur le schéma ci-contre.*

Donc, lorsqu'on parle d'interaction gravitationnelle, par exemple entre la Terre et la Lune, cela signifie que la Terre attire la Lune, mais qu'aussi, dans le même temps, la Lune attire la Terre avec une force d'intensité égale !

Après avoir observé la pomme tomber, Newton établit la formule de l'interaction gravitationnelle, puis la peaufina longuement, pour devenir une phrase bien connue de tous ceux que la physique amuse et de tous ceux que la physique rebute :

« Les astres s'attirent de façon proportionnelle au produit de leur masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. »

Ce qui donne mathématiquement :

$$\boxed{F_g = G \times \frac{m_1 \times m_2}{d^2}}$$

G est une constante de proportionnalité qui représente la <u>constante gravitationnelle</u> dont la valeur est :

$$G = 6{,}67.10^{-11} \text{ SI}$$

Le terme « SI » signifie ***système international*** et on l'utilise lorsque l'unité d'une valeur est trop compliquée. En l'occurrence, l'unité réelle de G est « $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$ » ou « $N.m^2.s^{-2}$ », ce qui est trop compliqué à retenir d'où la notation « SI ». La seule contrainte est que, pour les calculs, les valeurs autres termes de la formule doivent également être données dans le système international.

→ *Quelles sont alors les unités des autres termes intervenant dans la formule ?*

……

……

Par conséquent, avant tout calcul, il faudra convertir les données dans ces unités de « base ».

II. EXEMPLES DE CALCUL DE LA FORCE D'INTERACTION GRAVITATIONNELLE

1. Entre la Terre et la Lune

La masse de la Terre est $M_T = 5{,}98.10^{24}$ kg et celle de la Lune est $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg. Les centres de gravité des deux astres sont séparés d'une distance $D = 384\,000$ km.

→ *Donner l'expression de la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune, en utilisant les notations de l'énoncé.*

$$F_g = G \times$$

→ *Remplacer les données par leurs valeurs numériques exprimées dans les « bonnes » unités et en utilisant la notation scientifique.*

$$F_g = 6{,}67.10^{-11} \times$$

Sachant qu'il est très facile de se tromper (même avec une calculatrice) si on effectue directement ce calcul, il est <u>fortement recommandé</u> de passer par une étape : séparer les « mantisses » des « exposants » et effectuer le calcul ensuite, par exemple :

$$3{,}2.10^{-4} \times \frac{(4{,}1.10^3)^2}{8{,}4.10^5} = \left(3{,}2 \times \frac{4{,}1^2}{8{,}4}\right) \times \left(10^{-4} \times \frac{(10^3)^2}{10^5}\right) = 6{,}4 \times 10^{-4+2\times3-5} = 6{,}4.10^{-3}$$

→ *En utilisant cette méthode, déterminer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune.*

$F_g =$

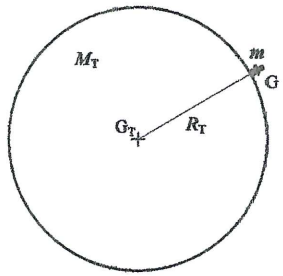
→ *Cette force vous paraît-elle « suffisante » pour empêcher la Lune de quitter son orbite, du fait de sa vitesse, comme Newton l'a affirmé ?*

……

2. Entre la Terre et vous

En tant que corps avec une masse, il existe une force d'interaction gravitationnelle entre vous et la Terre : c'est-à-dire que la Terre vous attire et que vous, dans le même temps, vous attirer la Terre !

La distance qui vous sépare du centre de la Terre (si on néglige la distance qui sépare votre centre de gravité du sol !) est en fait égal à son rayon, c'est-à-dire $R_T = 6\,380$ km.



→ *Après avoir représenté les deux forces $F_{gT\to m}$ et $F_{gm\to T}$ sur le schéma ci contre, calculer leur valeur commune F_g en utilisant la même méthode que précédemment (il faudra pour cela avouer votre masse **m** !).*

……

……

……

……

……

……

……

……

Cette force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et vous, situé à sa surface, porte le nom de **poids** P.

Contrairement à l'amalgame fait par le commun des mortels, <u>le poids n'est pas la même chose que la masse</u>, car votre masse est quelque chose qui vous est propre et s'exprime en kilogrammes, alors que votre poids est une force qui s'exprime en Newtons et cette force dépend de vous, mais aussi de la Terre !

3. Entre votre voisin et vous

Vous possédez une masse et votre voisin également, donc vous vous attirez mutuellement du fait de l'interaction gravitationnelle !

→ *Après avoir « estimé » la distance **d** qui sépare vos deux centres de gravités et avoir fait avouer à votre voisin sa masse **m'**, calculer la valeur de la force F_g que vous exercez l'un sur l'autre.*

……

……

……

……

……

……

→ *Justifiez alors la phrase suivante :*

Le calcul de la force d'interaction gravitationnelle n'a de sens que si l'un des deux corps au moins est particulièrement massif.

……

……

……

……

III. Champ de Pesanteur

Dans la formule du calcul précédent « entre la Terre et vous », on peut remarquer que, dans la formule du ***poids***, il n'y a qu'un seul paramètre qui dépend de vous : votre masse ***m*** ! Les autres paramètres ne dépendent que de la Terre elle-même. Par suite, on peut écrire la formule du poids sous la forme :

$$\boxed{P = m \times g}$$

Où ***g*** est une grandeur qui ne dépend que de la Terre !
Cette grandeur ***g*** représente la **pesanteur terrestre** et s'exprime en $N.kg^{-1}$.

→ *A partir des expressions du poids **P** ci-dessus et de sa première expression établie au II.2, déterminer l'expression de la pesanteur **g** sur Terre en fonction de la constante de gravitation **G**, de la masse M_T de la Terre et de son rayon R_T.*

……

……

……

……

……

→ *Calculer la valeur de **g** correspondante.*

……

……

……

……

Cependant, étant donné que la Terre tourne sur elle-même, la valeur de la pesanteur sur Terre est en pratique (légèrement !) différente. On utilisera par la suite la valeur de $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$ (voire $10\ N.kg^{-1}$ pour les calculs rapides !).

Voyons maintenant ce qu'il se passerait si vous étiez ailleurs que sur Terre, sur la Lune par exemple.

→ *Sachant que la masse de la Lune est $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg et que son rayon est $R_L = 1\ 760$ km, calculer la valeur de la pesanteur g_L à la surface de la Lune.*

……

……

……

……

……

→ *Calculer la valeur de votre poids P_L à la surface de la Lune.*

……

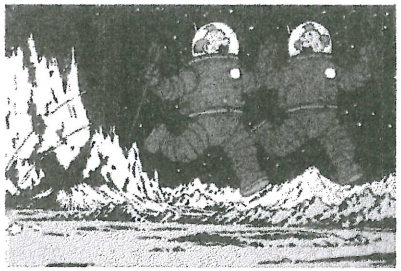
……

→ *Compléter alors les phrase suivantes :*

La valeur de la masse d'un corps est …… à la surface de la Terre et à la surface de la Lune.

Par contre, le poids de ce corps à la surface de la Lune est environ …… fois plus …… qu'à la surface de la Terre.

Ce qui explique pourquoi les Dupond peuvent sauter ainsi malgré leur lourde combinaison…



Réponses aux calculs pour vérifier vos résultats :

- Force d'interaction entre la Terre et la Lune : $F_g = 1{,}99.10^{20}$ N
- Force d'interaction entre la Terre et vous : F_g aux alentours de 600 N
- Force d'interaction entre votre voisin et vous : F_g de l'ordre de 10^{-7} N
- Valeur calculée de la pesanteur sur Terre ; $g = 9{,}80\ N.kg^{-1}$
- Valeur de la pesanteur sur la Lune : $g_L = 1{,}58\ N.kg^{-1} \approx \frac{1}{6} g$