La force de gravitation

Présentation :

Entre deux corps A et B, de masses m_A et m_B, il existe une force attractive à distance créée par l'un sur l'autre. Cette force est universelle, elle existe partout dans l'Univers, elle existe entre des objets de petites tailles (pour lesquels elle est souvent négligeable devant les autres forces), mais aussi pour des objets très gros (étoiles, planètes, satellites etc..)

Dans l'espace, c'est la seule force qui existe, c'est donc elle qui régit les mouvement des astres.

Le poids étudié précédemment est un cas particulier de l'interaction gravitationnelle (voir page suivante).

Caractéristiques de l'interaction gravitationnelle :

- Point d'application : Le centre du système (force à distance)
- Direction : la droite reliant les deux objets en interaction
- Sens : force attractive, dirigée vers l'objet qui crée la force
- Intensité : La valeur de la force se calcule avec la relation suivante :

$$\boxed{F\ (\text{ou } F_G) = \frac{G\times m_A\times m_B}{d^2}}$$ qui peut aussi s'écrire $$\boxed{F\ (\text{ou } F_G) = G \times \frac{m_A\times m_B}{d^2}}$$

Avec m_A : masse du corps A en kg
m_B : masse du corps B en kg
d : distance entre les centres de A et de B en m
$G = 6{,}67\times10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$ = la constante gravitationnelle (même valeur dans tout l'univers)
F (ou F_G) : intensité de la force gravitationnelle en N (Newton)

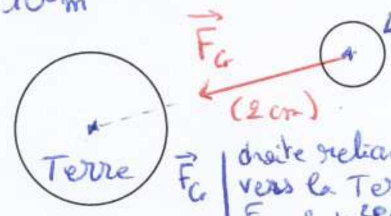
Application 1 : On étudie la Lune. Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune. Tracer la force gravitationnelle subie par la Lune avec l'échelle 1cm pour 10^{20} N:

Données : $m_{Terre} = 5{,}98.10^{24}$ kg ; $m_{Lune} = 7{,}34.10^{22}$ kg ; $d_{Terre\text{-}Lune}$ = 380 000 km $= 3{,}8\times10^8$ m ; $G = 6{,}67\times10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$

Système étudié {Lune}

$$F_G = G\times\frac{m_{Terre}\times m_{Lune}}{d_{Terre\text{-}Lune}^2} = \frac{6{,}67\times10^{-11}\times5{,}98\times10^{24}\times7{,}34\times10^{22}}{(3{,}8\times10^8)^2}$$

$$\boxed{= 2{,}02\times10^{20}\ N}$$



$\vec{F_G}$ droite reliant les 2 centres
vers la Terre
$F_G = 2\times10^{20}$ N

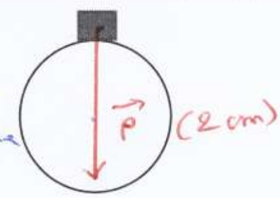
Si erreur, vérifier votre conversion km → m et le carré pour d

Application 2 : Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et un objet de 2,0 kg posé à sa surface. Tracer cette force lorsque le système étudié est l'objet de 2kg.

Echelle : 1 cm pour 10 N et donnée $R_{Terre} = 6371$ km $= 6371\times10^3$ m

$$F_G = G\times\frac{m\times M_T}{R_T^2}$$

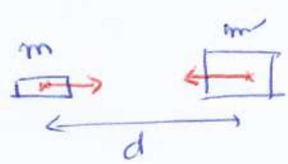
La distance qui sépare le centre de la Terre du centre de l'objet est quasi égale au rayon de Terre



$$F_G = 6{,}67\times10^{-11}\times\frac{2\times5{,}98\times10^{24}}{(6371\times10^3)^2} = 19{,}7\ N \simeq \boxed{20\ N}$$

Application 3 : Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre un objet de masse m = 2,0 kg et un de masse m' = 5,0 kg distants de d = 3,0 m.

$$F_G = G\times\frac{m\times m'}{d^2} = 6{,}67\times10^{-11}\times\frac{2\times5}{3^2} = \boxed{7{,}4\times10^{-11}\ N}$$



Que peut-on dire de cette force si ces deux objets sont sur Terre ?

Si ces objets sont sur Terre, chaque objet est attiré par la Terre avec une intensité de l'ordre de la dizaine de Newton (20 N pour l'un et 50 N pour l'autre)
Et ils s'attirent mutuellement avec une intensité de $7{,}4\times10^{-11}$ N (0,000000000074 N)
Cette attraction gravitationnelle (entre eux) est négligeable devant l'attraction terrestre
on ne la prend jamais en compte.

Activité : Lien entre le poids et l'interaction gravitationnelle

1. Calculer le poids sur Terre d'un objet de masse m = 2,0kg.

$P = m \times g$ ici $m = 2{,}0\ kg$ et $g = 9{,}8\ N.kg^{-1}$ soit $P = 2 \times 9{,}8 = 19{,}6\ N$

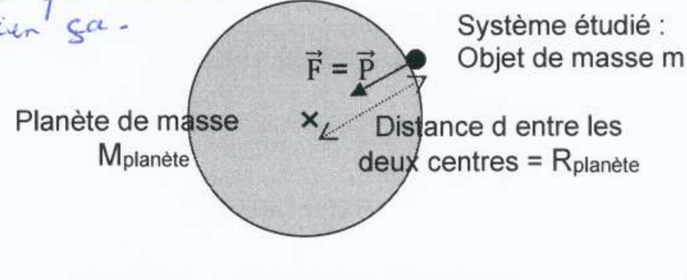
2. Comparer cette valeur avec le résultat de l'application n°2 précédente. Que remarque-t-on ?

Dans l'application 2, on a aussi trouvé $F_G = 19{,}6\ N$. La même valeur

Le poids est le nom donné à l'interaction gravitationnelle dans le cas particulier d'un système à la surface d'un astre. → voir la vidéo YT sur le netboard qui détaille bien ça.

Dans ce cas on peut faire le schéma ci-contre et exprimer la force avec la relation suivante :

$$F = G \times \frac{m \times M_{planète}}{(R_{planète})^2}$$



Dans cette relation, tant qu'on ne change pas de planète, quelle que soit la masse m du système, les valeurs de G, $M_{planète}$ et $R_{planète}$ sont constantes.

3. Calculer la valeur du produit : $G \times \frac{M_{planète}}{(R_{planète})^2}$ dans le cas de la Terre :

Données : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$ $M_{Terre} = 5{,}972 \times 10^{24}\ kg$ et $R_{Terre} = 6371\ km$

↳ convertir en m

$$G \times \frac{M_{Terre}}{R_{Terre}^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{5{,}972 \times 10^{24}}{(6371 \times 10^3)^2} = 9{,}8\ N.kg^{-1}$$

Vérifier que l'unité obtenue pour ce calcul est $N.kg^{-1}$

Analyse dimensionnelle : G est en $N.m^2.kg^{-2}$, M_{Terre} en kg et R_{Terre} en m $\Rightarrow G \times \frac{M_T}{R_T^2}$ est en $\frac{N.\cancel{m^2}}{kg^{\cancel{2}}} \times \frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^2}} = \frac{N}{kg}$

Conclusion : Dans l'expression $F = G \times \frac{m \times M_{planète}}{(R_{planète})^2}$, si on note g le produit $g = G \times \frac{M_{planète}}{(R_{planète})^2}$, on retrouve l'expression du poids : m×g.

Le poids $\vec{P}$ d'un système est le nom donné à l'interaction gravitationnelle lorsque le système est à la surface d'un astre.

L'intensité g de la pesanteur est une grandeur qui change d'une planète à l'autre et qui dépend de la masse de la planète et de son rayon. $g = G \times \frac{M_{planète}}{(R_{planète})^2}$,

Application : Calculer g sur Mars ($R_{Mars} = 6{,}39 \times 10^{23}$ kg et $M_{Mars} = 3390$ km)

↳ en m !

$$g_{mars} = G \times \frac{M_{mars}}{R_{mars}^2}$$

$$= 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{6{,}39 \times 10^{23}}{(3390 \times 10^3)^2} = 3{,}7\ N.kg^{-1}$$

En ce moment, une mission d'exploration étudie Mars. Le 19 avril 2021, pour la première fois, un petit hélicoptère (Ingenuity) a décollé et s'est posé sur Mars, commandé depuis la Terre. Entre autres informations, un reportage sur TF1 a dit la phrase suivante : « *car, si sur Terre Ingenuity pèse 1,8 kg, sur Mars il ne pèse que 680 g* ». Cette phrase comporte une énorme erreur !

Quelle est l'erreur ? La masse d'un objet est constante. Elle ne change pas quand on le déplace sur une autre planète, la masse est liée à la matière de l'objet.

Corriger cette erreur, en reprenant l'idée qui se cache derrière ce raccourci fâcheux.

Par contre l'objet sera moins attiré par Mars que par la Terre, son poids est plus faible sur Mars. Si on compare les attractions (les intensités de la pesanteur) $\frac{g_T}{g_M} = \frac{9{,}8}{3{,}7} = 2{,}65$. L'attraction sur Mars est 2,65 fois plus faible : le poids sur Mars vaut $P_{Mars} = m \times 3{,}7 = 1{,}8\ (kg) \times 3{,}7\ (N/kg) = 6{,}7\ N$ (c'est le poids qu'aurait un objet de 680 g sur Terre)