

La gravitation universelle

Nous avons vu dans le chapitre précédent des généralités sur les forces. Dans ce chapitre nous allons étudier la force gravitationnelle qui est très importante car tous les objets se trouvant sur Terre y sont soumis.

1. Interaction gravitationnelle entre deux corps

Tous les corps ayant une masse non-nulle exercent des forces les uns sur les autres.

Considérons deux corps A et B, de masse m_A et m_B , séparés par une distance d_{AB} . A exerce une force sur B et B exerce une force sur A : les deux corps s'attirent mutuellement en créant une force d'attraction gravitationnelle.

Les caractéristiques de ces forces d'attraction gravitationnelle sont :

- Direction : celle de la droite (AB)
- Point d'application : la force exercée par A sur B s'exerce en B ; la force exercée par B sur A s'exerce en A
- Sens : la force exercée par A sur B est dirigée vers A ; la force exercée par B sur A est dirigée vers B
- Valeur : les forces exercées par A sur B et par B sur A ont la même valeur :

$$F = \frac{G \times m_A \times m_B}{d_{AB}^2}$$

m_A et m_B en kg ; d_{AB} en m ; F en N

où G est la constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Remarque : Les masses doivent être en kilogramme et les distances doivent être en mètre sinon le calcul est faux. Il faut donc penser à convertir les données de l'énoncé lorsque cela est nécessaire.

Exercice : On considère un objet A de masse 2000 g et un objet B de masse 70,0 kg séparés par une distance de 3,05 m. Calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle entre ces deux corps.

2. Poids d'un corps

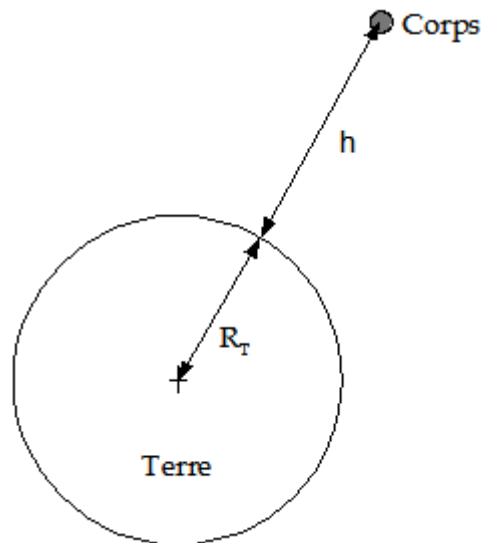
2.1. Force gravitationnelle exercée par la Terre sur un corps

Il suffit de reprendre la définition précédente en remplaçant A par la Terre et B par le corps étudié :

- Direction : la droite reliant le centre de la Terre au centre du corps
- Point d'application : le centre du corps
- Sens : du centre du corps vers le centre de la Terre
- Valeur :

$$F = \frac{G \times M_T \times m_C}{d^2_{TC}}$$

$$F = \frac{G \times M_T \times m_C}{(R_T + h)^2}$$



Exercice : sachant que la masse de la Terre est $M_T = 5,98.10^{24}$ kg et que son rayon est $R_T = 6378$ km, calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur une personne de 70 kg.

2.2. Définition

Le poids P d'un corps de masse m_C est la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur ce corps.

- Direction : la droite reliant le centre de la Terre au centre du corps
- Point d'application : le centre du corps
- Sens : du centre du corps vers le centre de la Terre

La valeur du poids se calcule grâce à la formule :

$$P = m_C \times g$$

P en N ; m en kg ; g en $N.kg^{-1}$

où g est la valeur de la pesanteur terrestre.

2.3. Expression de g

D'après la définition, le poids est égal à la force d'attraction gravitationnelle. Donc :

$$P = F$$

$$m_C \times g = \frac{G \times M_T \times m_C}{d_{TC}^2}$$

$$g = \frac{G \times M_T}{(R_T + h)^2}$$

Exercice : calculer g à la surface de la Terre

2.4. Limites du modèle

Lorsqu'on fait des mesures de g à différents endroits sur Terre, on trouve

- A l'équateur : $g = 9,79 \text{ N.kg}^{-1}$
- A Paris : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$
- Aux pôles : $g = 9,83 \text{ N.kg}^{-1}$

Or notre calcul donne le même résultat quelque soit l'endroit. Il y a donc une erreur quelque part.

Le décalage vient du fait que, pour simplifier notre calcul, on a considéré la Terre comme étant parfaitement sphérique. Or dans la réalité elle est légèrement aplatie aux pôles.

On a donc : $R_{\text{pôle}} < R_{\text{équateur}}$ d'où $g_{\text{pôle}} > g_{\text{équateur}}$.

2.5. Sur la Lune

La Lune est le satellite naturel de la Terre. Sa masse est $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ et son rayon est $R_L = 1740 \text{ km}$.

Exercice :

1. Calculer la valeur de g_L , pesanteur lunaire, à la surface de la Lune.
2. Calculer le rapport de la pesanteur terrestre et de la pesanteur lunaire.

Le poids d'un objet est donc environ six fois plus petit sur la Lune que sur la Terre.
ATTENTION sa masse ne change pas.

Exercices 12 page 287, 20 page 288 et 21 page 289