

LA GRAVITATION UNIVERSELLE

Introduction

La gravitation universelle est une des interactions responsable de la cohésion de l'univers. Elle est prédominante à l'échelle astronomique. C'est elle qui explique la cohésion et la structure du système solaire. Elle est la cause du mouvement des planètes et de leurs satellites.

1. Interactions gravitationnelles

1.1 Définition

Deux corps A et B sont en **interaction gravitationnelle** s'ils exercent mutuellement, l'un sur l'autre, des forces d'attraction dues au seul fait qu'ils ont une masse non nulle.

1.2. Expression de la force de gravitation (loi de Newton)

Deux corps ponctuels A et B, de masses m_A et m_B , séparés par une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces d'interactions gravitationnelles attractives $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ayant :

- même droite d'action (AB)
- des sens opposés
- même intensité (ou valeur) : $F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$

G : constante de gravitation universelle

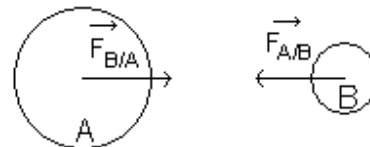
Unités SI : m_A et m_B en kilogrammes (kg) d en mètres (m) $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Remarque : cette loi est aussi valable pour des corps volumineux présentant une répartition sphérique de masse (même répartition de masse autour du centre de l'objet). C'est le cas des planètes et des étoiles, la distance d est celle qui sépare leurs centres.

1.3. Représentation par un vecteur

Une force peut être représentée par un **vecteur** ayant pour direction, la droite d'action de la force, pour sens, celui de la force, pour origine, le point d'application de la force et une longueur (ou norme) proportionnelle à l'intensité de la force.

Il faut choisir une échelle de représentation adaptée.



2. Poids d'un corps et force gravitationnelle

2.1. Poids d'un corps

Le poids d'un corps est la force d'attraction qu'il subit lorsqu'il est situé à la surface de la Terre ou, à proximité de sa surface. Le poids d'un corps est essentiellement à la force de gravitation que la Terre exerce sur lui.

2.2. Caractéristiques du poids

Les caractéristiques du poids sont :

- **direction** : la verticale
- **sens** : de haut en bas (vers le centre de la Terre)
- **intensité** (ou valeur) : $P = m \cdot g$

2.3. Expression de l'intensité de la pesanteur

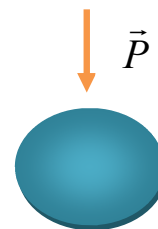
Le poids P d'un objet peut-être identifié à la force de gravitation F exercée par la Terre sur cet objet :

$$P=F=m \cdot g \text{ avec } F = m \cdot G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \text{ (on pose } d = R_T + h \text{)}$$

$$\text{Alors : } m \cdot g = m \cdot G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \rightarrow \text{expression de l'intensité de la pesanteur est : } g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

Remarque : - cette expression est aussi valable à la surface de la terre ($h=0$) on obtient $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$

- m masse de l'objet en kg
- g : intensité de la pesanteur en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$



3. l'ordre de grandeur

3.1 Définition de l'ordre de grandeur.

La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit : $a \cdot 10^n$

Avec a : nombre décimal $1 \leq a < 10$ et n , entier positif ou négatif

Si $a < 5$ alors l'ordre de grandeur du nombre est 10^n :

Si $a \geq 5$ alors l'ordre de grandeur est 10^{n+1}

Exemple

distance	distance en mètre (notation scientifique)	ordre de grandeur
Terre-Lune	$380\,000 \text{ km} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$	10^8 m
Rayon atome d'hydrogène	$0,105 \text{ nm} = 1,05 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	10^{-10} m
Dimension d'une molécule	$2 \text{ nm} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	10^{-9} m
Rayon de la Terre	$6400 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$	10^7 m
Taille d'un homme	$170 \text{ cm} = 1,70 \text{ m}$	$10^0 = 1 \text{ m}$

3.2 Comparaison de deux valeurs numériques

Pour comparer les valeurs prises par une grandeur physique (Exemples : une masse une longueur) , il faut les convertir dans la même unité.

Deux valeurs seront du même ordre de grandeur si le quotient de l'ordre de grandeur de la plus grande par la plus petite est compris entre 1 et 10.

EXERCICE D'APPLICATION

EXERCICE 1

1°) Représenter la force de gravitation exercée par Jupiter sur la sonde Voyager I lors du survol de la planète à la distance minimale (origine des dates).

Données : masse de la sonde : 800 kg ; masse de Jupiter : $1,9 \times 10^{27}$ kg ; distance minimale de survol par rapport au centre de Jupiter : 721670 km.

Echelle : 1 cm représente 100 N

2°) Calculer l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune. Représenter cette force en choisissant une échelle.

Données : masse de la Lune : $m_L \approx 7,34 \times 10^{22}$ kg ; masse de la Terre : $m_T \approx 5,98 \times 10^{24}$ kg ; distance Terre -Lune (de centre à centre) : $3,84 \cdot 10^5$ km

3°) Calculer l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur une personne de masse $m = 80$ kg, à la surface de la Terre.

Données : $R_T \approx 6,38 \cdot 10^3$ km

Calculer l'intensité de la force de gravitation entre deux personnes de même masse $m \approx 80$ kg, distantes de 1,0 m. Comparer ces deux forces.

EXERCICE 2

Données : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$; rayon de la Terre $R_T = 6380$ km ; masse de la Terre $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg

a. Quelle est la valeur P du poids d'une boule de masse $m = 800$ g , posée sur le sol ?

b. Quelle est la valeur de la force gravitationnelle F exercée par la Terre sur la même boule ?

a. Comparer ces deux forces et conclure.

b. En déduire l'expression de l'intensité de la pesanteur g en fonction de G , M_T et R_T .

Remarque : la valeur du poids dépend du lieu considéré.

à l'équateur $g = 9,78 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

EXERCICE 3

Données : masse de la Lune $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg ; rayon de la Lune $R_L = 1,75 \cdot 10^6$ m

a. Déterminer l'intensité de la pesanteur sur la Lune.

b. En déduire le poids sur la Terre et sur la Lune d'un astronaute de masse 70 kg.