

La gravitation universelle

Pourquoi les planètes du système solaire restent-elles en orbite autour du Soleil ?

1) Qu'est-ce que la gravitation universelle ?

→ activité : Attraction universelle

La cohésion du système solaire, et plus généralement celle de l'Univers, est due aux actions mutuelles qu'exercent ses constituants les uns sur les autres, ils sont en interaction. Chaque planète du système solaire est attirée par le Soleil et par toutes les autres planètes.

Conclusion : La gravitation universelle est une des interactions de l'Univers. Elle est attractive et s'exerce à distance.

2) L'interaction gravitationnelle entre deux corps

1) Force d'attraction gravitationnelle

Issac NEWTON a montré que 2 corps A et B, exercent l'un sur l'autre des actions d'attraction gravitationnelle.

Deux corps A et B de centre respectif C_A et C_B et de masse respective m_A et m_B distants de d , exercent des actions attractives l'un sur l'autre.

L'action attractive exercée par le corps A sur le corps B est modélisée par une **force notée $F_{A/B}$** dont les caractéristiques sont :

- **une direction : la droite passant par C_A et C_B**

- **un sens : de B vers A**

- **une valeur** $F_{A/B} = G * \frac{M_A * M_B}{d^2}$ avec m_A et m_B en kg, d en m, et la valeur $F_{A/B}$ en N, G est la constante universelle de gravitation qui est :

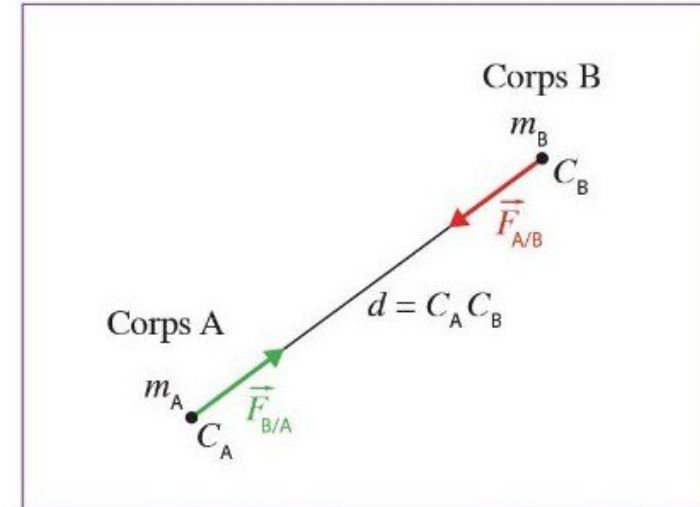
$$G = 6,67 * 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}.$$

2) Interaction gravitationnelle

De la même manière, l'action exercée par le corps B sur le corps A est modélisée par une force notée $\vec{F}_{B/A}$ qui s'applique au centre C_A du corps A. Les corps A et B sont **en interaction**

Les deux forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ont :

- la même direction ;
- des sens opposés ;
- la même valeur ;
- des points d'application différents.



Interaction gravitationnelle entre deux corps A et B.

3) La pesanteur

1) Le poids sur la Terre

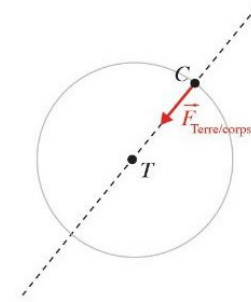
Tout corps, de centre C et de masse m , placé au voisinage de la Terre subit son attraction.

Le centre de la Terre noté T , sa masse m_T et son rayon R_T . L'attraction exercée par la Terre sur ce corps est modélisée par la force $F_{\text{Terre/corps}}$ dont les caractéristiques sont :

- une direction : la droite (CT)

- un sens : de C vers T

- une valeur : $F_{\text{Terre/corps}} = G \frac{m_T \times m}{R_T^2}$ [car $CT \approx R_T$]



Cette force est orientée vers le centre de la Terre. Elle est donc verticale et vers le bas.

On applique la formule pour avoir $F_{\text{Terre/corps}}$ en fonction de m , la masse d'un corps sur Terre :

$$F_{\text{Terre/corps}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,0 \cdot 10^{24} \cdot m}{(6,38 \cdot 10^6)^2} = 9,8 m$$

On retrouve bien l'expression du poids d'un corps de masse m au voisinage de la Terre : **$P = m \cdot g$**

Avec g , l'**intensité de pesanteur** terrestre qui vaut 9,8 N/kg.

La démonstration précédente permet donc de calculer l'intensité de pesanteur et ainsi le poids d'un corps sur chaque planète, satellites ... du système solaire.

Le **centre de gravité** du corps est le point d'application de la force exercée par la Terre sur ce corps.

Conclusion :

Le poids \vec{P} d'un corps de masse m au voisinage de la Terre :

– est assimilé à la force d'attraction exercée par la Terre sur ce corps :

$$\vec{P} = \vec{F}_{\text{Terre/corps}} ;$$

– a une valeur $P = m \times g$, avec $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2) Le poids sur la Lune

Comme précédemment, la valeur P_L du poids d'un corps sur la Lune et de masse m est :

$$P_L = F_{\text{Lune/corps}} = G \frac{m_L \times m}{R_L^2}$$

On applique la formule pour avoir $F_{\text{Lune/corps}}$ en fonction de m , la masse d'un corps sur la Lune :

$$F_{\text{Lune/corps}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,4 \times 10^{22} \times m}{(1,74 \times 10^6)^2} = 1,6 \times m$$

Conclusion :

Le poids \vec{P}_L d'un corps de masse m au voisinage de la Lune :

– est assimilé à la force d'attraction exercée par la Lune sur ce corps :

$$\vec{P}_L = \vec{F}_{\text{Lune/corps}} ;$$

– a une valeur $P_L = m \times g_L$, avec $g_L = 1,6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Pour comparer les valeurs du poids d'un corps sur deux astres différents, il suffit de calculer le rapport des intensités de pesanteur :

Exemple pr la Terre et la Lune : $9,8/1,6 = 6,1$

Donc la valeur du poids d'un corps sur la Lune est environ 6 fois plus faible que celle du même corps sur Terre.

4) Effet d'une force sur le mouvement d'un corps

1) Le principe d'inertie

Un corps est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme si et seulement si les forces qui s'exercent sur lui se compensent (ou s'il n'est soumis à aucune force).

Ce principe s'applique dans le référentiel héliocentrique pour des mouvements comme ceux des planètes, des comètes et des sondes spatiales.

2) Application du principe d'inertie

→ activité : L'assistance gravitationnelle

Des sondes spatiales comme Voyager ont été lancées depuis la Terre pour étudier les planètes du système solaire. Elles sont maintenant aux confins du système solaire. Étant très éloignées du Soleil et des planètes, elles ne subissent pratiquement plus leur force d'attraction.

D'après le principe d'inertie, si une sonde n'est soumise à aucune force, son mouvement est rectiligne uniforme dans le référentiel héliocentrique.
Une force n'est pas nécessaire pour entretenir un mouvement.

Dans le référentiel géocentrique, le mouvement de la Lune n'est pas rectiligne uniforme car celle-ci est soumise à des forces d'attraction gravitationnelles qui ne se compensent pas. Ces forces sont principalement exercées par le Soleil et la Terre.

Une force modifie le mouvement d'un corps. La vitesse et la trajectoire d'une sonde spatiale peut être modifiées par l'attraction gravitationnelle d'un astre.

Soumis à une force ou à plusieurs forces qui ne se compensent pas, un corps ne peut pas avoir un mouvement rectiligne uniforme ni rester immobile.