

## LA FORCE GRAVITATIONNELLE

Objectifs : modéliser l'action gravitationnelle entre deux corps massifs par une force.



**Problématique** : les corps massifs s'attirent, c'est la loi de l'attraction gravitationnelle. Comment représenter cette interaction ?

## I. ÉTUDE DU SYSTÈME TERRE – LUNE

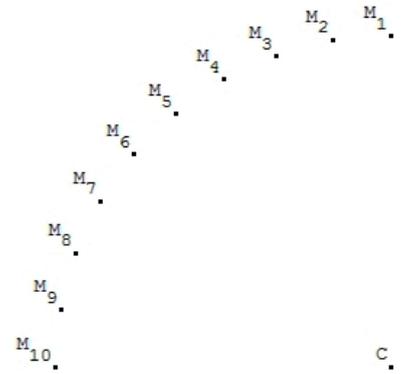
## À propos de la Lune

La Lune est le seul satellite naturel de la Terre. La Lune a une masse de  $7,36 \times 10^{22}$  kg, soit environ 80 fois moins que la Terre. Les centres des deux astres sont séparés d'une distance quasiment constante et égale à 380 milliers de kilomètres. Le mouvement de la Lune autour de la Terre a été représenté dans la figure ci-contre ; sa position est relevée toutes les 18 h 40 min.

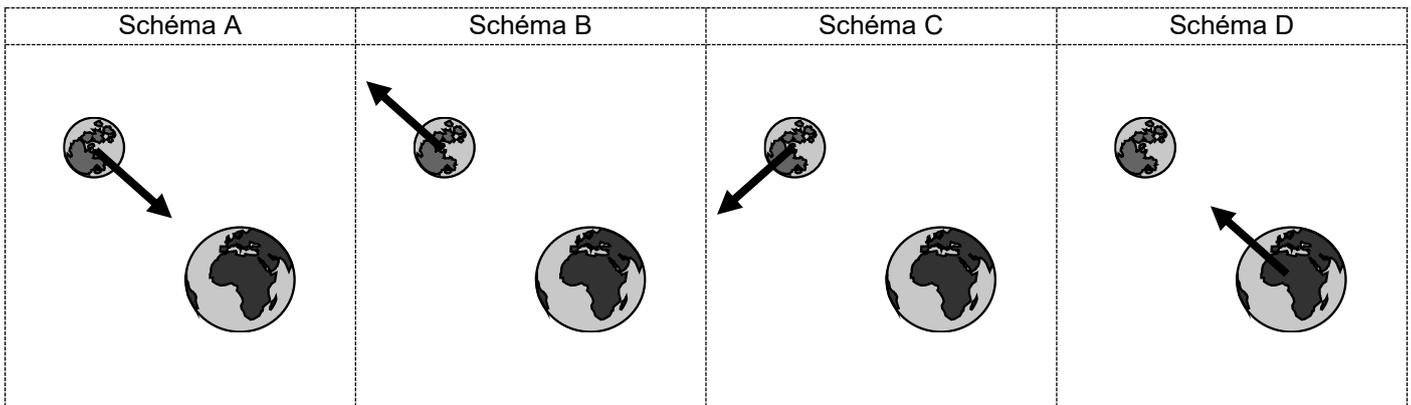


## Mouvement de la Lune

Représentation de la position M du centre de la Lune autour du centre C de la Terre toutes les 18 h 40 min.



- Déterminer l'échelle de la figure 1.
- Qualifier le mouvement de la Lune dans le référentiel géocentrique. Justifier.



- Parmi les schémas A, B, C et D ci-dessus, indiquer celui qui permet de représenter la force  $\vec{F}_{T/L}$  modélisant l'action de la Terre sur la Lune.

## Force d'attraction gravitationnelle

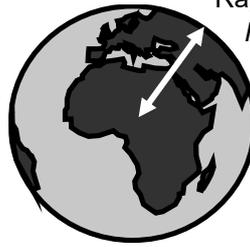
La gravitation est universelle : elle s'exerce entre tous les corps possédant une masse. Isaac Newton (1643 – 1727) en a proposé la formule ; l'action gravitationnelle qu'un corps A exerce sur un corps B vaut, en norme :

$$F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d_{AB}^2}$$

Dans cette formule, G désigne la constante d'attraction gravitationnelle,  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  ;  $d_{AB}$  désigne la distance entre les centres des corps A et B.

- Calculer la norme de la force gravitationnelle que la Terre exerce sur la Lune.
- La Lune attire la Terre avec autant de force que la Terre attire la Lune. Étudier la véracité de cette affirmation à l'aide d'un calcul.

## II. ÉTUDE DES CORPS PLACÉS SUR LA TERRE



Rayon de la Terre :  
 $R_T = 6\,371\text{ km}$

1. Calculer la norme de la force gravitationnelle qui s'exerce sur un objet de 1,0 kg placé sur le sol.
2. Calculer la norme de la force gravitationnelle qui s'exerce sur un objet de 2,0 kg placé sur le sol.
3. Calculer la norme de la force gravitationnelle qui s'exerce sur un objet de 3,0 kg placé sur le sol.
4. Montrer que la norme de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet placé sur le sol est proportionnelle à la masse de l'objet. Donner la valeur du coefficient de proportionnalité.

### Caractéristiques des planètes du système solaire

Planète	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Masse en masse terrestre	0,055	0,815	1,000	0,107	317,833	95,152	14,536	17,147
Rayon en rayon terrestre	0,382	0,948	1,000	0,532	11,208	9,449	4,007	3,882

L'intensité de la pesanteur  $g$  d'une planète de masse  $M$  et de rayon  $R$  est donnée par la relation suivante :

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

5. Déterminer la planète du système solaire dont l'intensité de la pesanteur est la plus faible, puis celle dont l'intensité de la pesanteur est la plus grande.
6. Conclure l'étude en employant entre autres les termes suivants : *force, gravitation, surface, astre, pesanteur, poids, intensité*.

**ÉLÉMENTS DE CORRECTION – LA FORCE GRAVITATIONNELLE****I. Étude du système Terre-Lune**

**I.1.** La distance de 380 000 km correspond à la distance entre le centre de la Terre et celui de la Lune. Sur la figure, cette distance correspond à la longueur d'un segment [MC] et dont une mesure à la règle indique 3,1 cm. L'échelle est donc la suivante : 3,1 cm sur la figure correspond à 380 000 km en réalité.

**I.2.** Dans le référentiel géocentrique, le mouvement de la Lune est circulaire et uniforme. En effet, la Lune se trouve toujours à la même distance de la Terre, elle décrit donc un cercle dont le centre est la Terre et le rayon est égal à 380 000 km ; ce cercle est décrit à vitesse constante car les points de la figure sont régulièrement espacés, la Lune parcourt donc des distances égales en des durées égales de 18 h 40 min.

**I.3.** L'action de la Terre sur la Lune est que la Terre *attire* la Lune. C'est donc le schéma A qui est correct.

**I.4.** Pour calculer la norme de la force gravitationnelle que la Terre exerce sur la Lune, il faut disposer de :

- la masse de la Lune :  $m_L = 7,36 \times 10^{22}$  kg ;
- la masse de la Terre :  $m_T = 80 \times 7,36 \times 10^{22}$  kg =  $589 \times 10^{22}$  kg ;
- la distance entre les deux astres exprimée en mètres :  $d = 380 \times 10^6$  m.

La norme de la force vaut alors :  $F_{T/L} = G \times \frac{m_L \times m_T}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{7,36 \times 10^{22} \text{ kg} \times 589 \times 10^{22} \text{ kg}}{(380 \times 10^6 \text{ m})^2} = 2,00 \times 10^{20} \text{ N}$ .

**I.5.** Pour calculer la norme de la force que la Lune exerce sur la Terre, il faut réaliser le même calcul, ce qui conduira au même résultat. Il est donc correct d'affirmer que la Terre attire la Lune avec autant de force que la Lune attire la Terre.

## II. Étude des corps placés sur la Terre

**II.1.** La distance entre la Terre et l'objet est égale au rayon de la Terre, soit  $R_T = 6\,371$  km. La masse de la Terre vaut  $589 \times 10^{22}$  kg. La valeur de la force gravitationnelle que la Terre exerce sur un objet de 1,0 kg placé à sa surface vaut :

$$F_1 = G \times \frac{m_T \cdot m}{R_T^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{589 \times 10^{22} \times 1}{6\,371\,000^2} = 9,68 \text{ N.}$$

**II.2.** et **II.3.** De même,  $F_2 = 19,36$  N et  $F_3 = 29,04$  N.

**II.4.**  $\frac{F_1}{1 \text{ kg}} = 9,68 \text{ N/kg}$  et  $\frac{F_2}{2 \text{ kg}} = 9,68 \text{ N/kg}$  et  $\frac{F_3}{3 \text{ kg}} = 9,68 \text{ N/kg}$ . Ainsi,  $F = 9,68 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times m$ . On reconnaît la valeur voisine de l'intensité de la pesanteur terrestre au niveau de la mer :  $F = m \times g$ .

**II.5.** On identifie à l'aide des formules précédentes que l'intensité de la pesanteur d'une planète vaut  $g = G \times \frac{m}{R^2}$ . On peut réaliser ce calcul pour chacune des planètes du système solaire :

Planète	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Masse en masse terrestre	0,055	0,815	1,000	0,107	317,833	95,152	14,536	17,147
Rayon en rayon terrestre	0,382	0,948	1,000	0,532	11,208	9,449	4,007	3,882
Intensité de la pesanteur $g$ en N/kg	3,70	8,90	9,81	3,71	24,82	10,45	8,88	11,16

L'intensité de la pesanteur est donc la plus faible sur Mercure, tandis qu'elle est la plus forte sur Jupiter.

**II.6.** La force d'attraction gravitationnelle qu'un astre exerce sur un objet placé à sa surface est égal au poids de l'objet. L'intensité de la pesanteur de l'astre se calcule à l'aide de la masse de l'astre et de son rayon ; c'est le coefficient de proportionnalité entre le poids de l'objet et sa propre masse.