

CHAPITRE – INTERACTIONS FONDAMENTALES

EXERCICES À RÉALISER EN AUTONOMIE :

- Exercice résolu page 201 ;
- QCM page 202 ;
- Exercices corrigés n° 9 page 202, 12 page 203, 21 page 204, 24 page 205 ;
- Exercices facultatifs n° 16 page 203, 20 page 204, 23 page 205, 29 page 207, 30 page 207, 32 page 208.

▪ EXERCICE 13 PAGE 203

Force électrostatique, charge électrique

$$1. F = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \times \frac{2,0 \times 10^2 \text{ nC} \times 6,0 \times 10^2 \text{ nC}}{(10 \text{ cm})^2}$$

$$F = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \times \frac{2,0 \times 10^{-7} \text{ C} \times 6,0 \times 10^{-7} \text{ C}}{(0,10 \text{ m})^2} = 0,108 \text{ N}.$$

2. Cette interaction est attractive, car la boule A est porteuse d'une charge électrique de signe négatif, et la boule B est porteuse d'une charge électrique de signe positif.

▪ EXERCICE 14 PAGE 203

Force électrostatique, force gravitationnelle

$$1. F_g = G \times \frac{m_p \times m_p}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{(1,67 \times 10^{-27} \text{ kg})^2}{(2,32 \times 10^{-15} \text{ m})^2} = 3,46 \times 10^{-35} \text{ N}.$$

$$2. F_e = k \times \frac{e \times e}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \times \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(2,32 \times 10^{-15} \text{ m})^2} = 42,8 \text{ N}.$$

3. Calculons le rapport de la norme de la force électrostatique sur celle de la force gravitationnelle :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{42,8 \text{ N}}{3,46 \times 10^{-35} \text{ N}} = 1,24 \times 10^{36} \approx 10^{36} = \text{un milliard de milliard de milliard de milliard}.$$

La norme de la force électrostatique est un milliard de milliard de milliard de milliard de fois plus importante que celle de la force gravitationnelle : c'est l'interaction électrostatique qui domine à l'échelle du noyau par rapport à l'interaction gravitationnelle.

4. L'interaction prédominante, c'est-à-dire l'interaction électrostatique, est répulsive dans ce contexte puisque les deux particules sont deux protons, porteurs chacun d'une charge électrique de signe positif ; ils se repoussent. Cela ne peut donc pas expliquer que le noyau soit stable, il devrait exploser sous l'effet de la répulsion des protons entre eux. Il existe en effet une troisième interaction, attractive cette fois-ci, et encore bien plus forte que l'interaction électrostatique, qui maintient le noyau stable.

▪ EXERCICE 17 PAGE 204

Force gravitationnelle, champ de gravitation

1. $F = G \times \frac{m_{\text{Terre}} \times m}{d^2} = G \times \frac{m_{\text{Terre}} \times m}{R_{\text{Terre}}^2}$. En effet, comme l'objet est posé à la surface de la Terre, la distance qui sépare le centre de la Terre et le centre de l'objet, c'est le rayon de la Terre.

2. D'après la définition du cours, $g = \frac{F}{m} = G \times \frac{m_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2}$.

$$3. \text{Calcul : } g = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,400 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9,72 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

Les deux valeurs sont très voisines (moins de 1 % d'écart) : localement et à la surface de la Terre, il est légitime de considérer que le poids d'un objet provient de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet.

▪ EXERCICE 27 PAGE 206

1. $\vec{F}_{Terre/objet} = -G \times \frac{m_{Terre} \times m}{d^2} \times \vec{u}$ où \vec{u} est un vecteur unitaire, dirigé sur l'axe (Terre – objet) et orienté de la Terre vers l'objet.

2. Comme $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$, $\vec{g} = -G \times \frac{m_{Terre}}{d^2} \times \vec{u}$.

3. La distance d est la distance qui sépare le centre de la Terre et le centre de l'objet. Cette distance est donc égale au rayon de la Terre, auquel il faut ajouter l'altitude de l'objet :

$$d = R_{Terre} + h$$

Calcul : $g = G \times \frac{m_{Terre}}{(R_{Terre} + h)^2}$

| Localisation | Surface de l'océan | En haut de l'Everest | À l'altitude géostationnaire | À 100 000 km d'altitude |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| Valeur de g en $N \cdot kg^{-1}$ | 9,72 | 9,69 | 0,22 | 0,035 |

4. Le champ gravitationnel est radial et centripète autour de la Terre. Il doit donc être représenté le long des rayons de la sphère terrestre, et orienté de l'extérieur vers l'intérieur.

L'exercice n'impose aucune échelle pour les longueurs, il conviendra tout de même de représenter ces différents vecteurs de plus en plus loin de la sphère terrestre.

Longueurs des flèches à respecter, selon l'échelle :

| | | | | |
|------------------------------------|---|------|-------|-------|
| Valeur de g en $N \cdot kg^{-1}$ | 9,72 | 9,69 | 0,22 | 0,035 |
| Longueur de la flèche en cm | $= \frac{1 \text{ cm}}{3 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}} \times 9,72 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ $= 3,24 \text{ cm}$ | 3,23 | 0,073 | 0,012 |

Les deux dernières flèches sont impossibles à tracer, elles sont bien trop petites.

5. Un champ est uniforme s'il admet en tout point de l'expérience la même norme. La surface de l'océan et le sommet de l'Everest sont deux points de la surface de la Terre. En ces deux points, la norme du champ gravitationnel n'est pas rigoureusement égale, mais les deux valeurs ne diffèrent que de $0,03 / 9,72$ soit de $0,3 / 100 = 0,3 \%$. Ce tout petit écart peut être négligé et il est raisonnable de considérer en première approximation que le champ gravitationnel est uniforme à la surface de la Terre.