

Chapitre P3 : Les interactions fondamentales

1) La masse et l'interaction gravitationnelle :

1) Mise en évidence de l'interaction gravitationnelle :



Isaac Newton (1642-1727)

L'histoire retient que c'est en regardant tomber une pomme qu' Isaac Newton eut l'idée de cette force en 1665. La chute des corps, notamment d'une pomme tombant d'un arbre, révèle la force d'attraction exercée à distance par la Terre. Et heureusement pour Tintin que cette force existe sans quoi il n'aurait pas survécu à l'araignée géante dans *L'Etoile mystérieuse*.



« Si la Terre attire la pomme, écrit Newton, pourquoi ce pouvoir d'attraction que possède la Terre sur les objets qui l'entourent ne s'étendrait-il pas jusqu'à la Lune ? »

2) La loi de Newton :

Newton énonce la loi de gravitation pour deux corps ponctuels, c'est-à-dire deux corps pour lesquels les dimensions sont petites par rapport aux distances qui les séparent.

Soient deux corps ponctuels A et B de masse m_A et m_B , séparés d'une distance AB. Ces deux corps s'attirent mutuellement : A exerce une force d'attraction sur B et B exerce une force d'attraction sur A.

Les caractéristiques des forces d'attraction gravitationnelle sont les suivantes :

- Point d'application : la force exercée par A sur B a son point d'application en B et celle exercée par B sur A a son point d'application en A
- Direction : la direction de la droite AB
- Sens : la force exercée par A sur B est dirigée vers A et celle exercée par B sur A est dirigée vers B.
- Portée : infinie
- Valeur : les forces exercées par B sur A et par A sur B ont les mêmes valeurs :

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

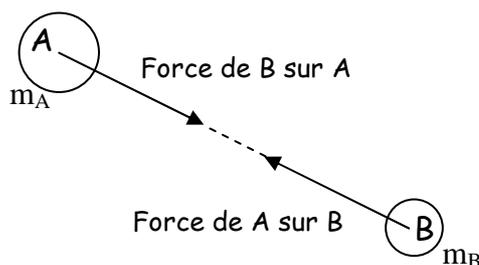
m_A et m_B : masses en kg
 AB : distance en m
 F : force en Newton

G est la constante universelle de gravitation encore appelée constante de Cavendish.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$$

Représentation des forces d'attraction gravitationnelle :

La loi de Newton s'applique aussi à des objets non ponctuels si la répartition des masses m_A et m_B est à symétrie sphérique.



Remarque : Un corps à répartition sphérique de masse est un corps sphérique dont la matière est répartie uniformément ou en couches sphériques autour de son centre.

Les étoiles, le Soleil, la terre et les autres planètes peuvent être considéré comme des corps à répartition sphérique de masse.

Exemples :

Calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune.

Données : $m_{\text{Terre}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $m_{\text{Lune}} = 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; $d_{\text{Terre-Lune}} = 384\,403 \text{ km}$.

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,97 \cdot 10^{24} \times 7,36 \cdot 10^{22}}{(384403 \cdot 10^3)^2} = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et le Soleil.

Données : $m_{\text{Soleil}} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$; $d_{\text{Terre-Soleil}} = 149 \cdot 10^9 \text{ m}$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,97 \cdot 10^{24} \times 1,99 \cdot 10^{30}}{(149 \cdot 10^9)^2} = 3,57 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

II) L'interaction électrique :

1) Interaction entre les corps chargés :

Charles Augustin Coulomb (physicien français 1736-1806) connaissant la théorie de Newton sur la gravitation, proposa une formulation identique pour les phénomènes d'attraction et de répulsion électriques. Il montra que :

- Les charges sont soumises à une interaction électrique
- Deux charges de même signe se repoussent alors que deux charges de signes contraires s'attirent.
- La portée de l'interaction est infinie.

2) Loi de Coulomb :

L'interaction entre deux corps ponctuels A et B portant les charges respectives q_A et q_B a les caractéristiques suivantes :

- **Point d'application** : la force exercée par A sur B a son point d'application en B, celle exercée par B sur A a son point d'application en A.
- **Direction** : La droite (AB)
- **Sens** : deux charges de même signe se repoussent, deux charges de signes opposés s'attirent.
- **Valeur** :

$$F = k \frac{|q_A \times q_B|}{AB^2}$$

F en newton (N)
Avec : $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ SI}$
 q_A et q_B en coulomb (C)
AB en mètres (m)

Exemple :

Calculer la valeur de la force d'interaction électrique entre deux électrons séparés d'une distance de 0,10 nm.

$$F = 8,99 \cdot 10^9 \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{(0,1 \cdot 10^{-9})^2} = 2,30 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

III) L'interaction forte :

Fiche d'activités

Une autre interaction se manifeste dans le noyau et empêche la dispersion des protons. Cette interaction porte le nom **d'interaction forte**.

Caractéristiques :

- Elle est indépendante de la charge électrique, elle intervient entre nucléons, qu'ils soient protons ou neutrons.
- Elle est de très courte portée, de l'ordre de 10^{-15} m. Au delà de 10^{-14} m elle devient négligeable devant les autres interactions.
- Elle est toujours attractive.

IV) Qu'est-ce qui assure la cohésion de la matière ?

	Interaction gravitationnelle	Interaction électrique	Interaction forte
A l'échelle astronomique	Prédominante	Négligeable car à cette échelle, les objets sont globalement neutres	Négligeable
A l'échelle humaine	Négligeable	Prédominante	Négligeable
A l'échelle atomique	Négligeable	Prédominante	Négligeable
A l'échelle du noyau	Négligeable	Négligeable pour les noyaux tels que $Z < 83$	Prédominante si $Z < 83$ Elle permet d'expliquer la cohésion du noyau.
		En compétition pour les noyaux lourds ($Z > 83$)	

Pour les noyaux lourds, la répulsion électrostatique entre protons devient si forte qu'aucun noyau n'est stable au delà du bismuth (83 protons). Ces noyaux sont dits radioactifs, c'est-à-dire qu'ils se transforment spontanément en noyaux plus légers en émettant une ou plusieurs particules. Ce phénomène prouve que l'interaction forte est à courte portée, puisqu'elle n'est pas suffisante pour maintenir la cohésion des gros noyaux.