

Chapitre 10

Interactions fondamentales

1. Modélisation des interactions : forces

1.1 - Interaction gravitationnelle

Loi d'interaction gravitationnelle

L'interaction gravitationnelle entre deux points matériels A et B, de masses respectives m_A et m_B , séparés par une distance d , est modélisée par des forces de gravitation $\overrightarrow{F}_{A/B}$ et $\overrightarrow{F}_{B/A}$ telles que :

$$\overrightarrow{F}_{A/B} = -\overrightarrow{F}_{B/A} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \overrightarrow{u}_{A/B}$$

Unités du Système international :

m_A et m_B en kilogramme (kg) ;

d en mètre (m) ;

$F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en newton (N) ;

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, constante de gravitation ;

$\overrightarrow{u}_{A/B}$: vecteur de norme 1, de direction (AB) et orienté de A vers B.

Remarque

La loi d'interaction gravitationnelle se généralise à des corps à répartition sphérique de masse, ces corps sont alors assimilés à leur centre.

1.2 - Interaction électrostatique

Loi de Coulomb

L'interaction électrique entre deux points matériels A et B , de charges électriques

respectives q_A et q_B , séparés par une distance d , est modélisée par des forces $\overrightarrow{F_{B/A}}$

et $\overrightarrow{F_{A/B}}$ telles que :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}} = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2} \overrightarrow{u_{A/B}}$$

Unités du Système international :

q_A et q_B en coulomb (C) ;

d en mètre (m) ;

$F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en newton (N) ;

$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, constante de Coulomb dans le vide et dans l'air ;

$\overrightarrow{u_{A/B}}$, vecteur de norme 1, de direction (AB) et orienté de A vers B.

Ainsi, les charges de signes opposés s'attirent et les charges de même signe se repoussent.

Remarque

Lorsque les points matériels sont immobiles, on parle d'interaction électrostatique.

De plus, électriser un objet consiste à lui apporter ou à lui arracher des électrons par frottement ou par contact. Il est aussi possible de l'électriser localement en

provoquant un déplacement interne des charges électriques ; on parle d'électrisation par influence.

1.3 - Comparaison des interactions gravitationnelle et électrostatique

Ces deux interactions ont des analogies :

- Variation en $\frac{1}{d^2}$
- Portée illimitée.
- Forces représentées par des vecteurs de même direction.

Elles ont aussi des différences :

- L'interaction gravitationnelle s'applique entre deux points matériels de masses respectives m_A et m_B tandis que l'interaction électrostatique s'applique entre deux points matériels de charges respectives q_A et q_B .
- L'interaction gravitationnelle est prépondérante à l'échelle astronomique tandis que l'interaction électrostatique est prépondérante à l'échelle humaine, atomique.
- L'interaction gravitationnelle est toujours attractive tandis que l'interaction électrostatique est répulsive ou attractive.

2. Champs

2.1 - Champ de gravitation

Un champ de gravitation $\vec{\mathcal{G}}$ peut être créé en tout point de l'espace par un objet. La relation entre ce champ de gravitation et la force de gravitation \vec{F} exercée par cet objet sur un point matériel de masse m est :

$$\vec{\mathcal{G}} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Unités du Système international :

F en newton ;

m en kilogramme ;

\mathcal{G} en $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

La norme du champ est donnée par $\mathcal{G} = \frac{F}{m}$ (la valeur de cette norme dépend de la masse de l'objet qui crée le champ de gravitation et de la distance entre l'objet et le point matériel).

2.2 - Champ électrostatique

Un champ électrostatique \vec{E} peut être créé en tout point de l'espace par un objet chargé. La relation entre le champ électrostatique \vec{E} et la force électrostatique \vec{F} exercée par cet objet sur un point matériel de charge électrique q est :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Unités du Système international :

F en newton ;

q en coulomb ;

E en $\text{N}\cdot\text{C}^{-1}$.

La norme du champ est donnée par $E = \frac{F}{|q|}$ (la valeur de cette norme dépend notamment de la charge électrique de l'objet qui crée le champ électrostatique).

2.3 - Ligne de champ

Un champ peut être représenté en un point par un vecteur. Ce vecteur est tangent en ce point à une courbe appelée ligne de champ, ligne orientée dans le même sens que le vecteur champ. Ces lignes permettent de cartographier un champ.