

Les champs vectoriels

1 La gravitation

1.1 L'interaction gravitationnelle

En XVII^e siècle, Newton formula une théorie de la gravitation universelle, il affirme que deux corps quelconques sont en interaction gravitationnelle du fait qu'ils possèdent une masse. Tous les corps possédant une masse s'attirent mutuellement. Cette attraction est modélisée par une force, la force d'attraction gravitationnelle.

Deux corps de masses m_A et m_B séparés par une distance d , s'attirent, cette attraction est modélisée par la force d'attraction gravitationnelle dont **l'expression vectorielle** est :

Les caractéristiques de ce vecteur force sont :

- Direction : Selon la droite fictive qui relie le centre des deux astres.
- Sens : De A vers B pour $\vec{F}_{B/A}$ et de B vers A pour $\vec{F}_{A/B}$
- La norme :

La force s'exprime en newton (N), les masses m_A et m_B en kilogrammes (kg) et la distance d en mètres (m). $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ représente la constante de gravitation universelle.

Exemple : Calculer la norme de la force d'interaction gravitationnelle du système Terre Lune.

Données :

- Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Masse de la Lune : $M_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$
- distance Terre/Lune : $d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$

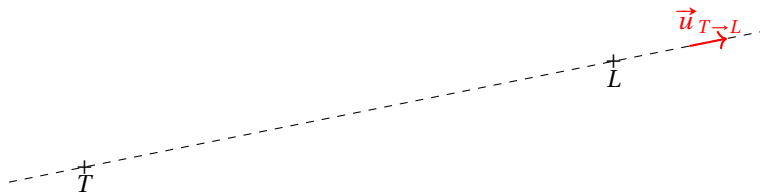
1.2 Expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle

Le vecteur unitaire, généralement noté $\vec{u}$ n'a aucun sens physique, **il sert uniquement à orienter correctement les forces sur un schéma**. Sa norme vaut $||\vec{u}|| = 1$, il ne faut donc **jamais** en tenir en compte dans les calculs!

Remarque : La troisième loi de Newton, vue en seconde, stipule que si A exerce une interaction sur B, alors B exerce une interaction sur A de même direction, même sens, mais de sens opposé. On a donc :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \quad \text{et} \quad F_{A/B} = F_{B/A}$$

Représentation du système Terre Lune en prenant pour échelle $1,0\text{ cm} \Leftrightarrow 10^{20}\text{ N}$:



1.3 Le champs gravitationnel

Une masse m_b plongée dans un champ de gravitation $\vec{\mathcal{G}}$ crée par une masse m_a subit une interaction modélisée par la force d'interaction gravitationnelle vue dans la première partie :

Il est donc possible de relier la masse m_b à un champ de gravitation créé autour d'elle :

L'unité du champ de gravitation est en newton par kilogramme ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$) Le signe « - » implique qu'une masse placée dans ce champ de gravitation subie une force attractive qui l'attire vers la planète.

Exemple : Calculer la norme du champ gravitationnel créé par la Terre au niveau de la Lune. En déduire la force exercée par la Terre sur la Lune.

1.4 L'intensité du champ de pesanteur

Calculer la norme du champ gravitationnel exercé par la Terre à sa surface :

Données : Rayon de la Terre : $R_T = 6371\text{ km}$

La norme du champ gravitationnel exercé par une planète à sa surface est nommée « intensité de la pesanteur » ou « accélération de la pesanteur » et se note « g ». Plus la valeur de g est grande, plus l'intensité de la pesanteur sur la planète est grande!

1.5 Force subie à la surface d'une planète

Un corps de masse m subit donc une force à la surface d'une planète égale à :

Cette force est appelée « poids » de l'objet et se note P :

Le poids que vous connaissez depuis la classe de troisième n'est autre que la force d'interaction gravitationnelle exercée par une planète à la surface de celle-ci!

2 L'électrostatique

2.1 L'interaction électrostatique

La loi de Coulomb représente la force d'interaction entre deux charges électriques au repos. L'expression de la force électrostatique est :

La norme de l'interaction coulombienne se détermine par la formule :

avec :

- q_A et q_B les charges électriques en Coulombs (C)
- d la distance entre les deux charges en mètres (m)
- k la constante de Coulomb : $k = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

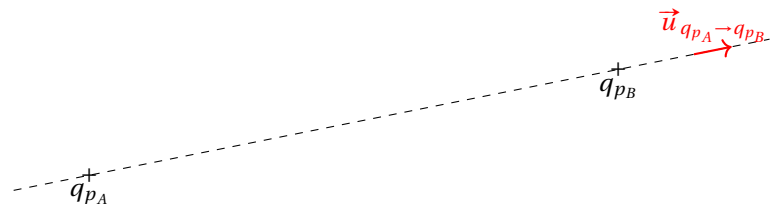
Remarque : A la différence de l'interaction gravitationnelle, lors d'une interaction électrostatique les **charges A et B peuvent être soit positives, soit négatives**, ce qui va changer l'orientation des vecteurs forces! Comme pour l'interaction gravitationnelle, la troisième loi de Newton (principe des actions réciproques) stipule que :

$$\vec{F}_{q_A/q_B} = -\vec{F}_{q_B/q_A}$$

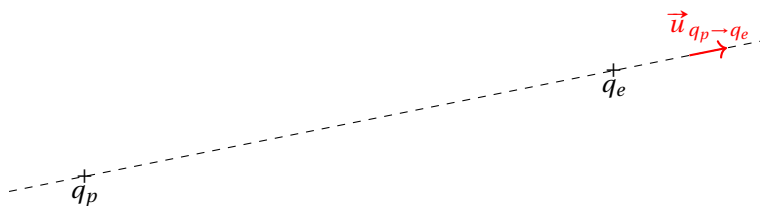
La charge électrique élémentaire correspond à la charge électrique d'un proton. Elle se note « e » et vaut $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$. Les charges respectives d'un proton et d'un électron sont donc :

- charge d'un proton $q_p = e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- charge d'un électron $q_e = -e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Exemple : Deux protons de charge q_{p_A} et q_{p_B} sont situés à une distance d de 5,45 pm. Calculer la norme de la force électrostatique et représenter les forces sur un schéma sans soucis d'échelle.



Un des protons est remplacé par un électron. Quelle est la norme de la force électrostatique? Représenter les forces sur un schéma sans soucis d'échelle.



A retenir

2.2 Expression du champ électrostatique

Une charge q_a plongée dans un champ électrostatique $\vec{E}$ créée par une charge q_b subit une interaction modélisée par la force d'interaction électrostatique vue dans la deuxième partie $\vec{F} = q \vec{E}$. On a donc :

Cette fois ci, le signe de la charge q_b pouvant être positif ou négatif, les vecteur champs $\vec{E}$ et donc les lignes de champs peuvent être orientées soit vers la charge q_b soit vers l'extérieur. (Voir tableau récapitulatif)

A retenir (Voir AE12)

Pour tous les champs :

- Les lignes de champs sont des courbes (ou droites) **orientées, tangentes aux vecteurs du champ** en question
- Les équipotentielle sont des **courbes fermées, perpendiculaires** aux lignes de champ.

Tableau récapitulatif

	Champ gravitationnel	Champ électrique
Caractéristique de la particule responsable du champ		
Schéma (vecteurs forces)		
Expression de la force		
Expression du champ		
Relation entre vecteur champ et vecteur force		
Schéma (vecteurs champs)		
Schémas (lignes de champs et lignes équipotentielles)		