Interactions fondamentales et notion de champ

Fiche méthode

(Physique-chimie 1re spécialité · Mouvement et interactions · Interactions fondamentales et introduction à la notion de champ)

La démarche pour une force ou un champ

1. Je repère la source et la cible : quelle charge ou quelle masse crée l'action, sur quoi elle s'exerce, à quelle distance (entre les centres).

2. Je convertis en unités SI : C, kg, m (nC $\to 10^{-9}$ C, cm $\to 10^{-2}$ m, km $\to 10^{3}$ m).

3. Je calcule la valeur avec les valeurs absolues et le carré de la distance, ou $E = \dfrac{U}{d}$ entre les armatures d'un condensateur plan.

4. Je donne direction et sens : signes des charges pour l'électrostatique, toujours vers l'astre pour la gravitation ; $\vec{F} = q\,\vec{E}$ ou $\vec{F} = m\,\vec{\mathcal{G}}$.

5. Je conclus : écriture vectorielle ou flèche à l'échelle, et l'autre corps subit la force opposée.

Le réflexe — une valeur de force ou de champ est toujours positive ; le signe des charges ne sert qu'à trouver le sens.

Cas 1 · Compter des électrons et interpréter une électrisation

Réflexe — charge négative : électrons gagnés ; positive : électrons perdus ; $N = \dfrac{|q|}{e}$.

Exemple. Un tissu synthétique porte $+0{,}48$ nC après avoir été frotté. Qu'a-t-il échangé ?

Charge positive : il a **perdu** des électrons, $N = \dfrac{0{,}48 \times 10^{-9}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 3{,}0 \times 10^{9}$. Le corps frotté contre lui les a gagnés : il porte $-0{,}48$ nC.

Attention — un corps neutre peut être attiré (influence) ; seule une répulsion prouve une charge.

Cas 2 · Appliquer la loi de Coulomb

Réflexe — SI, valeurs absolues, d^2 ; même signe : répulsion.

Exemple. $q_A = -5{,}0$ nC et $q_B = -2{,}0$ nC sont à 5,0 cm. Caractériser $\vec{F}_{A/B}$.

$F = 9{,}0 \times 10^{9} \times \frac{5{,}0\times10^{-9}\times2{,}0\times10^{-9}}{0{,}050^2} = 3{,}6 \times 10^{-5}$ N. $q_A\,q_B > 0$: force **répulsive**, portée par (AB), dans le sens de $\vec{u}_{AB}$.

Attention — les deux forces ont la même valeur ; ne pas oublier le carré.

Cas 3 · Comparer deux interactions

Réflexe — je calcule $\dfrac{F_e}{F_g}$: la distance se simplifie.

Exemple. Comparer la répulsion électrostatique et l'attraction gravitationnelle entre deux électrons.

$\dfrac{F_e}{F_g} = \dfrac{k\,e^2}{G\,m_e^2} = \dfrac{9{,}0 \times 10^{9} \times (1{,}60 \times 10^{-19})^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times (9{,}11 \times 10^{-31})^2} \approx 4{,}2 \times 10^{42}$, à toute distance : la répulsion l'emporte.

Attention — les deux portées sont infinies : la gravitation domine les astres parce que la matière est neutre.

Cas 4 · Caractériser un champ électrostatique

Réflexe — $E = k\,\dfrac{|Q|}{OM^2}$; $Q > 0$: il fuit O, $Q < 0$: vers O.

Exemple. Champ créé à 6,0 cm d'une charge $Q = -1{,}2$ nC ?

$E = 9{,}0 \times 10^{9} \times \frac{1{,}2\times10^{-9}}{0{,}060^2} = 3{,}0 \times 10^{3}$ V·m^{-1}, porté par (OM), **dirigé vers O** car $Q < 0$.

Attention — le champ ne dépend pas de la charge placée en M ; $\vec{F} = q\,\vec{E}$ change de sens si $q < 0$.

Cas 5 · Lire une ligne de champ, champ d'un condensateur plan

Réflexe — tangente + sens de la ligne ; lignes serrées = champ intense ; $E = \dfrac{U}{d}$ de + vers −.

Exemple. Armatures à 2,0 cm, tension 1,5 kV. Force sur un proton ?

$E = \frac{1{,}5\times10^{3}}{2{,}0\times10^{-2}} = 7{,}5 \times 10^{4}$ V·m^{-1} ; $F = e\,E = 1{,}2 \times 10^{-14}$ N, perpendiculaire aux armatures, **vers l'armature négative**, la même partout.

Attention — champ uniforme : aucune loi en $\dfrac{1}{d^2}$ entre les armatures.

Cas 6 · Champ de gravitation et champ de pesanteur en altitude

Réflexe — $r = R + h$; $g(h) = g_0\left(\dfrac{R_T}{R_T + h}\right)^2$.

Exemple. Champ de pesanteur à 20 000 km d'altitude ($g_0 = 9{,}81$ N·kg^{-1}, $R_T = 6\,370$ km) ?

$r = 26\,370$ km : $g = 9{,}81 \times \left(\frac{6\,370}{26\,370}\right)^2 \approx 0{,}572$ N·kg^{-1}, dirigé vers le centre de la Terre.

Attention — diviser par le carré de la distance au centre, jamais par l'altitude seule.

Les pièges

- Garder des nC ou des cm : erreur d'un facteur 10^9 ou 10^4.
- Oublier le carré de la distance, ou prendre l'altitude h au lieu de $R + h$.
- Donner une valeur négative à une force ou à un champ.
- Croire que la charge (ou la masse) la plus grande subit la plus grande force.
- Penser que le champ entre les armatures est plus intense près de l'une d'elles.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).