Exercice 1 : Le dépoussiéreur électrostatique

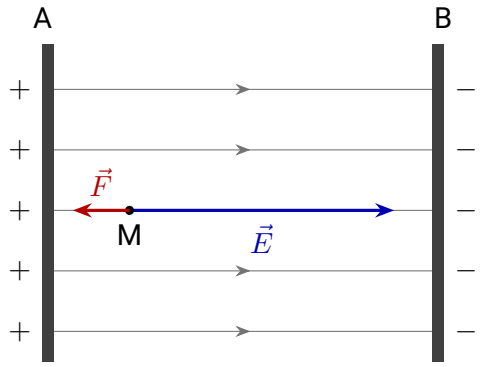
6 points

1) Le champ électrostatique qui règne entre les plaques est perpendiculaire à celles-ci et orienté de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement, donc de A vers B (rappel : $1\,\mathrm{N{\cdot}C^{-1}} = 1\,\mathrm{V{\cdot}m^{-1}}$).

Longueur de la flèche à l'échelle $1\,\mathrm{cm}$ pour $1{,}0 \times 10^5\,\mathrm{N{\cdot}C^{-1}}$:

$$\ell = \frac{3{,}5 \times 10^5}{1{,}0 \times 10^5} \times 1\,\mathrm{cm} = \boxed{3{,}5\,\mathrm{cm}}$$

Le vecteur $\vec{E}$ part du point M (schéma ci-contre, en bleu).



Flèche bleue : $3{,}5\,\mathrm{cm}$. Force $\vec{F}$ en rouge, sans échelle.

2) Le champ est uniforme : les lignes de champ sont des segments parallèles entre eux, perpendiculaires aux plaques et régulièrement espacés. On les oriente dans le sens de $\vec{E}$, de A vers B (en gris sur le schéma).

3) Une charge q placée dans un champ électrostatique $\vec{E}$ subit la force

$$\boxed{\vec{F} = q\,\vec{E}}$$

Valeur : $F = |q| \times E = 2{,}4 \times 10^{-17} \times 3{,}5 \times 10^5 = \boxed{8{,}4 \times 10^{-12}\,\mathrm{N}}$ (deux chiffres significatifs, comme q et E).

Direction : celle de $\vec{E}$, perpendiculaire aux plaques. Sens : la charge q est négative, donc $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont de sens contraires ; $\vec{F}$ est orientée de B vers A.

La poussière est entraînée vers la plaque A, chargée positivement, sur laquelle elle se dépose : c'est ainsi que l'électrofiltre retient les poussières.

Exercice 2 : Io, satellite de Jupiter

8 points

Conversions en mètres : $d = 4{,}22 \times 10^5\,\mathrm{km} = 4{,}22 \times 10^8\,\mathrm{m}$ et $R_\mathrm{J} = 7{,}15 \times 10^4\,\mathrm{km} = 7{,}15 \times 10^7\,\mathrm{m}$.

1) **a.** On choisit le vecteur unitaire $\vec{u}$ porté par la droite (JI), orienté du centre J de Jupiter vers le centre I d'Io. La force gravitationnelle est attractive : elle est dirigée de I vers J, dans le sens contraire de $\vec{u}$. D'après la loi de la gravitation universelle :

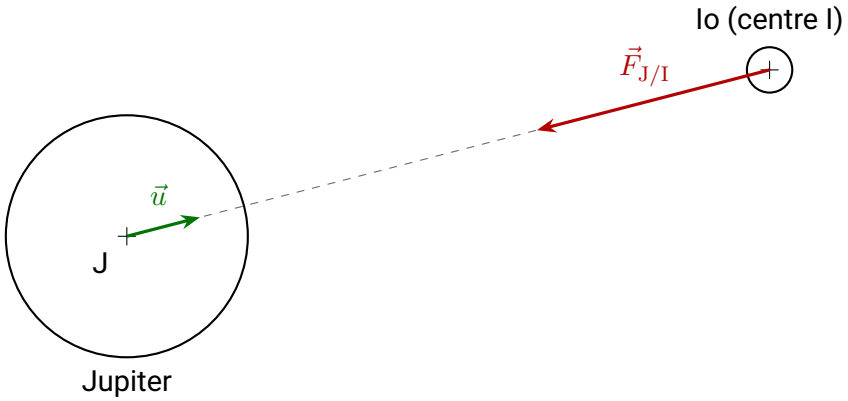
$$\boxed{\vec{F}_{\mathrm{J/I}} = -\,G\,\frac{M_\mathrm{J}\,M_\mathrm{I}}{d^2}\,\vec{u}}$$

b. Valeur de la force :

$$F = G\frac{M_\text{J}\,M_\text{I}}{d^2} = 6{,}67\times10^{-11}\times\frac{1{,}90\times10^{27}\times8{,}93\times10^{22}}{(4{,}22\times10^{8})^2} = \boxed{6{,}35\times10^{22}\,\text{N}}$$

Longueur de la flèche à l'échelle $1\,\text{cm}$ pour $2{,}0\times10^{22}\,\text{N}$: $\ell = \dfrac{6{,}35\times10^{22}}{2{,}0\times10^{22}}\times1\,\text{cm}\approx3{,}2\,\text{cm}$.

Le vecteur $\vec{F}_{\text{J/I}}$ a pour point d'application le centre I d'Io ; il est porté par la droite (IJ) et orienté vers J (schéma ci-dessous).



Flèche rouge : $3{,}2\,\text{cm}$, issue de I et dirigée vers J. Le vecteur $\vec{u}$ (vert) a une longueur arbitraire.

2) **a.** Un objet de masse m situé à la distance R_J du centre de Jupiter subit de sa part une force de valeur $F = G\dfrac{M_\text{J}\,m}{R_\text{J}^2}$. Par définition du champ de gravitation, $F = m\times g_\text{J}$, donc

$$g_\text{J} = \frac{G\,M_\text{J}}{R_\text{J}^2} = \frac{6{,}67\times10^{-11}\times1{,}90\times10^{27}}{(7{,}15\times10^{7})^2} = \boxed{24{,}8\,\text{N·kg}^{-1}}$$

b. On assimile le poids de l'astronaute à la force de gravitation exercée par Jupiter :

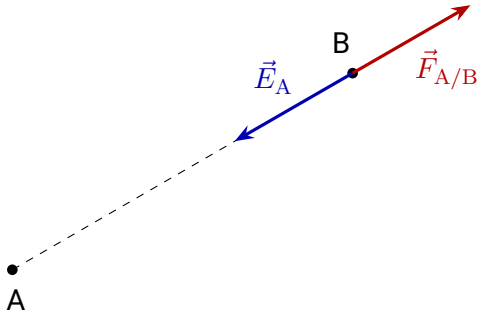
$$P = m\times g_\text{J} = 170\times24{,}79 = \boxed{4{,}21\times10^{3}\,\text{N}}$$

(avec la valeur non arrondie de g_J). Sur Terre, où $g\approx9{,}8\,\text{N·kg}^{-1}$, ce poids serait d'environ $1{,}7\times10^{3}\,\text{N}$: il est environ deux fois et demie plus grand sur Jupiter.

Exercice 3 : Deux objets ponctuels chargés

6 points

1) La charge q_A est négative : le champ $\vec{E}_A$ qu'elle crée en B est porté par la droite (AB) et dirigé vers A.
On a $\vec{F}_{A/B} = q_B \vec{E}_A$ avec $q_B < 0$: la force est de sens contraire au champ, donc dirigée de A vers B. Les deux charges, de même signe, se repoussent.



Longueurs arbitraires.

2) La valeur du champ créé par une charge ponctuelle à la distance d est $E_A = k\,\dfrac{|q_A|}{d^2}$, d'où, avec $d = 1{,}5 \times 10^{-2}\,\text{m}$:

$$|q_A| = \frac{E_A\, d^2}{k} = \frac{3{,}84 \times 10^{-3} \times (1{,}5 \times 10^{-2})^2}{9{,}0 \times 10^{9}} = 9{,}6 \times 10^{-17}\,\text{C}$$

Comme $q_A < 0$: $\boxed{q_A = -9{,}6 \times 10^{-17}\,\text{C}}$.

3) Valeur de la force : $F_{A/B} = |q_B| \times E_A = 3{,}2 \times 10^{-17} \times 3{,}84 \times 10^{-3} = \boxed{1{,}2 \times 10^{-19}\,\text{N}}$.

Vérification par la loi de Coulomb : $F_{A/B} = k\,\dfrac{|q_A\, q_B|}{d^2} = 9{,}0 \times 10^{9} \times \dfrac{9{,}6 \times 10^{-17} \times 3{,}2 \times 10^{-17}}{(1{,}5 \times 10^{-2})^2} \approx 1{,}2 \times 10^{-19}\,\text{N}$.