Partie V : électromagnétisme
Chapitre 1.1

Correction – TD – Électrostatique

I Vrai-faux / questions courtes ⋆ | [• ◦ ◦]

1 - (V/F) Faux : $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E}$ avec $e > 0$, la force est donc dans le sens opposé au champ électrique.

2 - On suppose le noyau et l'électron ponctuels, et le noyau de charge $+e = 1.6 \times 10^{-19}$ C. La charge de l'électron est $-e$. Ils sont séparés d'une distance $d \simeq 10^{-10}$ m.

On a donc l'expression de la norme de la force :

$$||\vec{F}_{\text{élec}}|| = \frac{e \times e}{4\pi\epsilon_0\, d^2} \simeq 2 \times 10^{-8}\,\text{N}.$$

Ceci semble peu. mais comparons à la force de gravitation entre les deux, dont la norme est

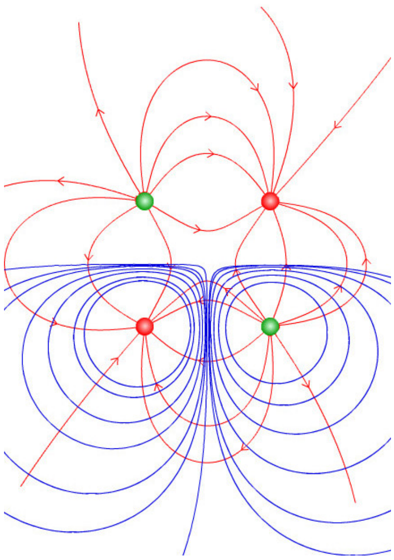
$$||\vec{F}_{\text{grav}}|| = \frac{G\, m_e \times m_p}{d^2} \simeq 10^{-47}\,\text{N}.$$

C'est incroyablement moins, et donc complètement négligeable devant la force électrostatique.

3 - (V/F) Vrai.

4 - (V/F) Vrai.

III Symétries du champ, tracé de lignes de champ et d'équipotentielles ⋆ | [• ◦ ◦]



Rouge : lignes de champ, bleu : équipotentielles. Ces dernières sont tracées dans la partie inférieure seulement. Elles sont symétriques dans la partie supérieure.

IV Calcul de flux et de circulation du champ $\vec{E}$ ⋆ | [• ∘ ∘]

1 - Faire un schéma.

On veut calculer $\displaystyle\int_{\mathcal{C},0..\pi} \vec{e}_\theta \cdot \overrightarrow{\mathrm{d}l}$.

Il faut donc l'expression de $\overrightarrow{\mathrm{d}l}$ le long de l'arc de cercle considéré. Il est selon $\vec{e}_\theta$, et sa longueur est $R\mathrm{d}\theta$. On a donc :

$$\begin{aligned}
\int_{\mathcal{C},0..\pi} \vec{e}_\theta \cdot \overrightarrow{\mathrm{d}l}
&= \int_0^\pi \vec{e}_\theta \cdot R\mathrm{d}\theta\vec{e}_\theta \\
&= \int_0^\pi R\mathrm{d}\theta \\
&= R\int_0^\pi \mathrm{d}\theta \\
&= R\pi.
\end{aligned}$$

Dans le cas où on intègre sur le cercle complet, θ varie de 0 à 2π. On a donc la même chose, mais à la fin du calcul on a $R\int_0^{2\pi} \mathrm{d}\theta = 2\pi R$.

On trouve donc $2\pi R$.

Remarque : On a dit en cours que la circulation du champ électrostatique sur un contour fermé est toujours nulle. Ici on ne trouve pas 0, mais il s'agit de la circulation du vecteur $\vec{e}_\theta$, et pas du tout de la circulation d'un champ électrostatique. On peut donc trouver 0.

2 - On trouve 0.

3 - Faire un schéma.

$$\begin{aligned}
\Phi_{\vec{E}} &= \oiint_S \vec{E}\cdot\overrightarrow{\mathrm{d}S} \\
&= \iint_{S_{\text{inf}}} \vec{E}\cdot\overrightarrow{\mathrm{d}S} + \iint_{S_{\text{latérale}}} \vec{E}\cdot\overrightarrow{\mathrm{d}S} + \iint_{S_{\text{sup}}} \vec{E}\cdot\overrightarrow{\mathrm{d}S} \\
&= \iint_{S_{\text{inf}}} E_0\vec{e}_r\cdot(-\mathrm{d}S\vec{e}_z) + \iint_{S_{\text{latérale}}} E_0\vec{e}_r\cdot\mathrm{d}S\vec{e}_r + \iint_{S_{\text{sup}}} E_0\vec{e}_r\cdot\mathrm{d}S\vec{e}_z \\
&= 0 + +E_0\iint_{S_{\text{latérale}}} \mathrm{d}S + 0
\end{aligned}$$

$$\boxed{\Phi_{\vec{E}} = E_0\,2\pi RL.}$$

V Énergie potentielle électrostatique et accélération d'une charge ⋆ | [• ∘ ∘]

On donne juste les réponses. Il faudrait évidemment faire un schéma, rédiger.

1 - a - $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E}$, donc la force est opposée au champ électrique. Il faut donc que le champ $\vec{E}$ soit vers le haut.

On sait par ailleurs que le champ électrique pointe vers les bas potentiels. Il faut donc que le potentiel le plus bas soit en haut. Il faut donc $V_0 > 0$.

b - $\|\vec{E}\| = \dfrac{|V_0 - 0|}{d} = 10\,\mathrm{V/m}$.

2 - **a -** $E_m = \frac{1}{2}mv^2 + qV = \frac{1}{2}mv^2 - eV$.

Les forces en présences sont conservatives. Il y a donc conservation de l'énergie mécanique entre l'instant initial et l'instant final.

On a donc $\frac{1}{2}m \times 0^2 - e \times 0 = \frac{1}{2}mv_f^2 - eV_0$, d'où $\boxed{v_f = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} = 5.9 \times 10^5 \text{ m/s.}}$

b - Cf au dessus.