

FEUILLE D'EXERCICES DE SCIENCES PHYSIQUES N°21

Thème : Electrostatique

Applications directes :

1. Atome de Bohr

• Donnons les charges de ces deux particules

* Proton : $\oplus$ (q_p)

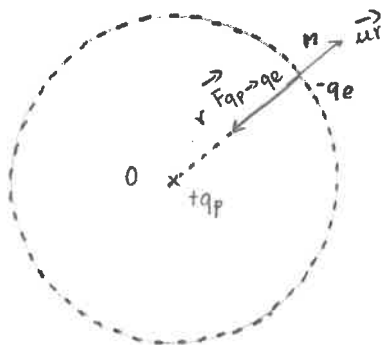
Electron : $\ominus$ (q_e)

b) Calculons le champ électrostatique E produit par un proton à une distance de $a = 53 \text{ p.m}$, appelée rayon de Bohr

$$E = \frac{q_p}{\pi 4 \epsilon_0 a^2} \quad \text{AN : } E = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times (52 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$E = \underline{1,67 \cdot 10^{12} \text{ V.m}^{-1}} \quad 5,1 \cdot 10^{11} \text{ V.m}^{-1}$$

c) Représentons la force subie par l'électron de l'atome d'hydrogène



$$q_e E = F_{q_p \to q_e} = - \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times (-1,6 \cdot 10^{-19})}{\pi 4 \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times (52 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$F_{q_p \to q_e} = - \frac{q_p q_e}{\pi 4 \epsilon_0 a^2}$$

$$F_{q_p \to q_e} = \underline{2,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}} \quad 8,2 \cdot 10^{-8}$$

d) Exprimons l'accélération de l'électron en coordonnées polaires

$$\vec{a} = - \frac{v^2}{a} \vec{u}_r + \frac{dv}{dt} \vec{u}_\theta$$

* Déduisons la vitesse de l'ion sur sa trajectoire

Système : { electron }

Bilan des actions : Poids, frottements négligés

$$\vec{F}_{q_p \to q_e} = - F_{p_p \to q_e} \vec{u}_r$$

Appliquons le principe fondamental de la dynamique (PFD)

$$m \vec{a} = \vec{F}_{q_p \to q_e} \Leftrightarrow m \left(- \frac{v^2}{a} \vec{u}_r + \frac{dv}{dt} \vec{u}_\theta \right) = - \frac{q_p q_e}{\pi 4 \epsilon_0 a^2} \vec{u}_r$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{q_p q_e}{\pi 4 \epsilon_0 a m}}$$

$\frac{dv}{dt} = 0 \rightarrow$ le mouvement est uniforme.

$$\text{AN : } v = \sqrt{\frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times (52 \cdot 10^{-12})^2 \times 9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

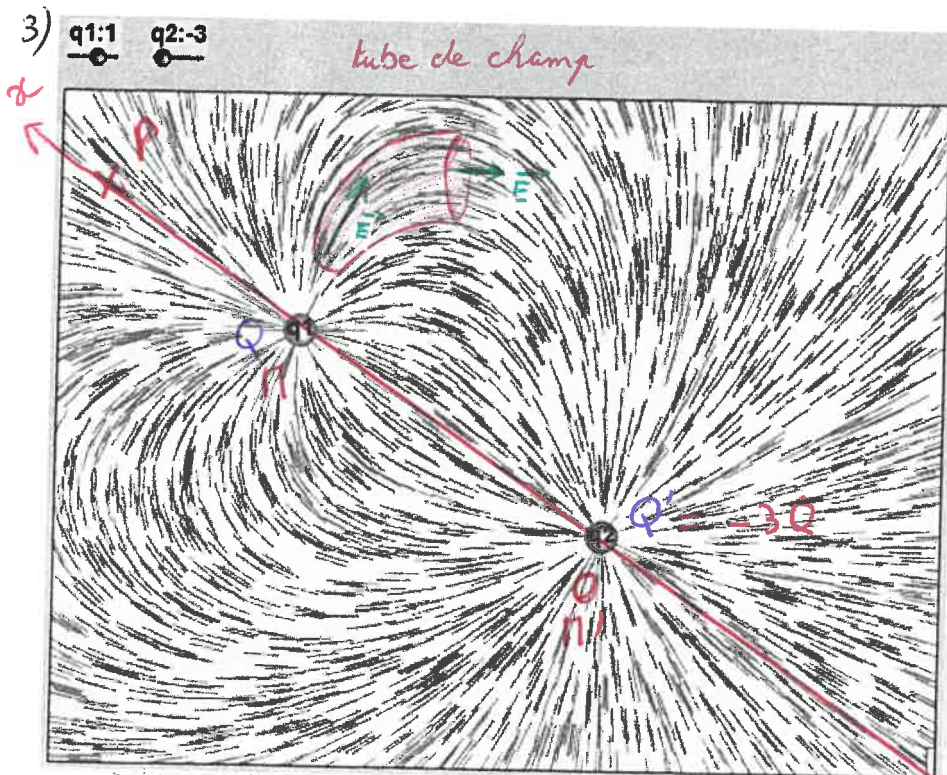
$$v = \underline{2,2 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}} \quad 2,2 \cdot 10^6$$



$$\|\vec{E}_{\text{créé par } Q}(M)\| = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 d^2} \quad \text{et} \quad \|\vec{E}_{\text{créé par } Q'}(M)\| = \frac{|Q'|}{4\pi\epsilon_0 d^2}$$

Ainsi $\frac{\|\vec{E}_{\text{créé par } Q}(M)\|}{\|\vec{E}_{\text{créé par } Q'}(M)\|} = \frac{|Q|}{|Q'|}$

2) On a $\|\vec{F}_{\text{créé par } Q}(M')\| = \frac{|Q Q'|}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \|\vec{F}_{\text{créé par } Q'}(M)\|$



Plus les lignes de champ sont resserrées plus le champ sera intense

D'après le théorème de superposition des charges, on a : $\vec{E}(M) = \vec{E}_{\text{créé par } Q}(M) + \vec{E}_{\text{créé par } Q'}(M)$

On ici Q et Q' sont de charge opposées donc il existe un point sur la droite QQ' tel que $\vec{E}(M) = 0$

On a donc $\vec{E}(P) = 0 \Leftrightarrow \frac{Q'}{4\pi\epsilon_0 x^2} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 (d-x)^2} = 0$

$$x^2 = 3(d-x)^2$$

$$x = \pm \sqrt{3}(d-x)$$

$$x(1 \mp \sqrt{3}) = \sqrt{3}d$$

maladroit

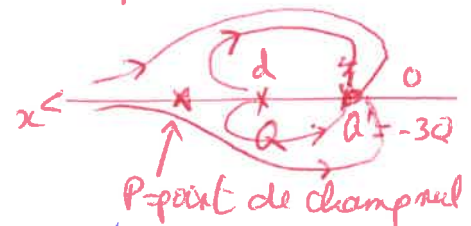
$$x_1 = \sqrt{3}d / (1 + \sqrt{3})$$

$$x_2 = -\sqrt{3}d / (1 - \sqrt{3})$$

($\Rightarrow \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{(-2x^2 + 6dx - 3d^2)}{x^2(d-x)^2} = 0$)

($\Rightarrow \frac{-2x^2 + 6dx - 3d^2}{x^2(d-x)^2} = 0$)

la distance choisie entre les charges est trop grande, on ne voit pas le point tel que $\vec{E}(M) = 0$.



On a donc $\Delta = 12d^2 = (d\sqrt{3})^2$

Ainsi $x_1 = \frac{d}{2}(3 + \sqrt{3}) \approx 2,36d$ et $x_2 = \frac{d}{2}(3 - \sqrt{3}) \approx 0,633d$

On seulement x_2 appartient à QQ' car $0,633d \in [0, d]$

Ainsi le point d'abscisse $\frac{d}{2}(3 - \sqrt{3})$ sur la droite QQ' où Q' est l'origine, est un endroit où le champ est nul.

d'après les lignes de champ

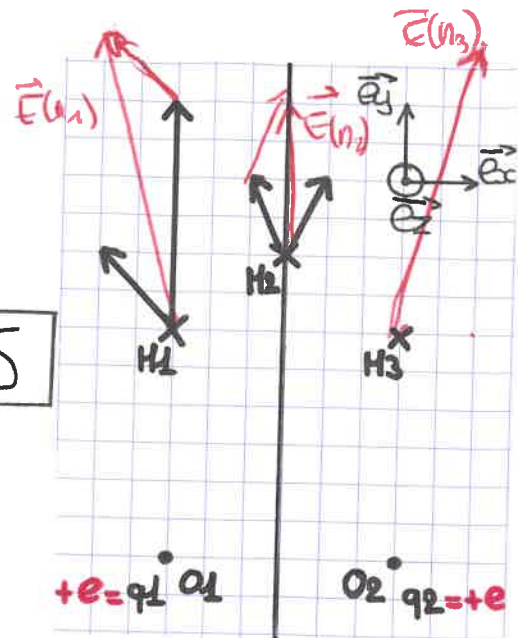
P n'appartient pas au segment [M']

groupe 2

Julie
Alicia
Célia

Continuité des vecteurs équivalents

TD 21 - AD n°5



$$1) \vec{E}_{q1}(M_1) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0(O_1M_1)^2} \vec{e}_y$$

$$\vec{E}_{q2}(M_1) = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0(O_2M_1)^2} \left(\frac{-2\vec{e}_x + 2\vec{e}_y}{2} \right) \quad \text{TS charges}$$

on divise par 2 car on veut exprimer $\vec{E}_{q2}(M_1)$ selon un vecteur unitaire donc on divise par la norme $\|\vec{u}\| = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$= \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0(O_2M_1)^2} (-\vec{e}_x + \vec{e}_y)$$

$$\Rightarrow \vec{E}(M_1) = \vec{E}_{q1}(M_1) + \vec{E}_{q2}(M_1) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0(O_1M_1)^2} \vec{e}_y + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0(O_2M_1)^2} (-\vec{e}_x + \vec{e}_y)$$

$$\vec{E}(M_1) = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{-\vec{e}_x}{(O_2M_1)^2} + \vec{e}_y \left(\frac{1}{(O_1M_1)^2} + \frac{1}{(O_2M_1)^2} \right) \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{(O_1M_1)^2} + \frac{q_2}{(O_2M_1)^2} \right) \vec{e}_y - \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0(O_2M_1)^2} \vec{e}_x$$

$$q_1 = q_2 = e.$$

$$\|\vec{e}_x + 2\vec{e}_y\| = \sqrt{5}$$

$$2) \vec{E}_{q1}(M_2) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0(O_1M_2)^2} \left(\frac{\vec{e}_x + 2\vec{e}_y}{\sqrt{5}} \right) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0(O_1M_2)^2} \left(\frac{\vec{e}_x + 2\vec{e}_y}{\sqrt{5}} \right)$$

$$\vec{E}_{q2}(M2) = \frac{q2}{4\pi\epsilon_0 (O2M2)^2} \left(-\vec{e}_x + 2\vec{e}_y \right)$$

$$= \frac{q2}{4\pi\epsilon_0 (O2M2)^2} \left(-\frac{\vec{e}_x}{\sqrt{5}} + \frac{2\vec{e}_y}{\sqrt{5}} \right)$$

$$\Rightarrow \vec{E}(M2) = \vec{E}_{q1}(M2) + \vec{E}_{q2}(M2)$$

$$= \frac{q1}{4\pi\epsilon_0 (O1M2)^2} (\vec{e}_x + 2\vec{e}_y) +$$

$$\frac{q2}{4\pi\epsilon_0 (O2M2)^2} \left(-\frac{\vec{e}_x}{\sqrt{5}} + \frac{2\vec{e}_y}{\sqrt{5}} \right)$$

= 0 car $q1 = q2 = +e$
et ici $(O1M2)^2 = (O2M2)^2$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q1}{(O1M2)^2} - \frac{q2}{(O2M2)^2} \right) \vec{e}_x + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q1}{(O1M2)^2} + \frac{q2}{(O2M2)^2} \right) \frac{2\vec{e}_y}{2}$$

$$= \frac{2q1}{4\pi\epsilon_0 (O1M2)^2} \frac{\vec{e}_y}{\sqrt{5}}$$

3) réponses correctes :

$$\rightarrow \boxed{b)} \vec{E}(M3) = 2\vec{e}_x + 8\vec{e}_y$$

$$\text{car } \vec{E}_{q1}(M3) = 2\vec{e}_x + 2\vec{e}_y$$

$$\vec{E}_{q2}(M3) = 6\vec{e}_y$$

$$\text{donc } \vec{E}(M3) = \vec{E}_{q1}(M3) +$$

$$\vec{E}_{q2}(M3) = 2\vec{e}_x + 2\vec{e}_y + 6\vec{e}_y = 2\vec{e}_x + 8\vec{e}_y$$

$$\rightarrow \boxed{c)} \vec{E}(M2) \in P$$

$$\text{car } P = (M2, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$$

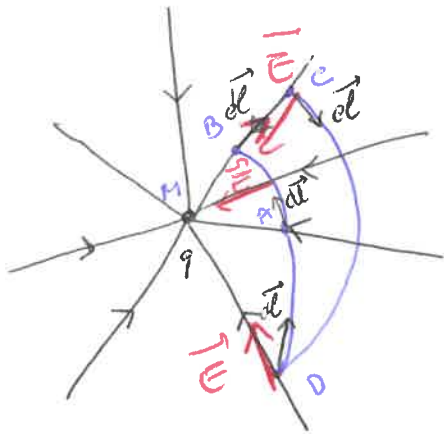
1^{ère} propriété topographique : si $M2 \in P$ le plan de symétrie des charges, alors $\vec{E}(M2) \in P$

réponses fausses :

$$\rightarrow a) \vec{E}(M3) = -2\vec{e}_x + 8\vec{e}_y = \vec{E}(n_1)$$

$$\rightarrow d) \vec{E}(M2) \perp P$$

$$\vec{E}(M3) = \text{sym } \vec{E}(n_1)$$



$$\mathcal{C}(\vec{E})_{A \rightarrow B} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

car $\vec{E} \perp AB$ et $\vec{E} \perp CD$

$$\mathcal{C}(\vec{E})_{A \rightarrow B} = 0 = \mathcal{C}(\vec{E})_{C \rightarrow D} \quad \text{car } \cancel{\|\vec{MB}\| = \|\vec{MA}\|} \text{ et } \cancel{\|\vec{MC}\| = \|\vec{MD}\|}$$

$$\mathcal{C}(\vec{E})_{B \rightarrow C} < 0 \quad \text{car } \cancel{\|\vec{MB}\|} < \cancel{\|\vec{MC}\|}$$

$$\mathcal{C}(\vec{E})_{B \rightarrow C} = \int_B^C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad \text{negatif}$$

$$\mathcal{C}(\vec{E})_{D \rightarrow A} > 0 \quad \text{car } \cancel{\|\vec{MD}\|} > \cancel{\|\vec{MA}\|}$$

car $\vec{E}$ et $d\vec{\ell}$ sont
colinéaires et
de sens opposé.

$$= \int_{D-}^A \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

$$= \int_D^A \|\vec{E}\| \cdot \|d\vec{\ell}\| \cos(\underbrace{\vec{E}, d\vec{\ell}}_{\text{angle inférieur à } 90^\circ})$$

donc $\cos(\vec{E}, d\vec{\ell})$ positif