

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DES SCIENCES

Diplôme : Licence Physique-Chimie

Module : Électromagnétisme

Date : 8 mars 2017, 9h-11h

Rédacteur : Christophe Chatelain

Sans document, ni calculatrice.

Exercice 1 : Assemblée de charges ponctuelles (6 points)

- 1.1.** On considère deux charges q_A et q_B , situées respectivement aux points A et B . On se place au point M du segment AB tel que $\overrightarrow{AM} = \frac{2}{3}\overrightarrow{AB}$. Quelle doit être la valeur de q_B (en fonction de q_A) pour que le champ électrique s'annule au point M ?
- 1.2.** On considère deux charges q_A et $q_B = 5q_A$, situées respectivement aux points A et B . On recherche le point M de la droite (AB) où le champ électrique s'annule.
- 1.2.1.** Écrire la condition d'annulation du champ électrique $\vec{E}(M)$ en fonction de $x = \|\overrightarrow{AM}\|/\|\overrightarrow{AB}\|$.
- 1.2.2.** En déduire la position du point M .

Exercice 2 : Diffusion d'un électron par un ion (4 points)

- 2.1.** On considère un ion de charge $+Z|e|$, immobile à l'origine O . Depuis l'infini, on envoie un électron de charge $-|e|$ avec une vitesse initiale $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$. À mesure que l'électron se rapproche de l'ion, sa trajectoire se courbe sous l'effet de la force électrostatique. On suppose que l'électron n'entre pas en collision avec l'ion mais poursuit son chemin. Lorsque l'électron s'éloigne de l'ion, sa trajectoire devient de plus en plus rectiligne mais dans une direction différente de celle dans laquelle il avait été envoyé. On parle de diffusion de l'électron par l'ion.
- 2.1.1.** Donner l'expression du potentiel $V(M)$ créé par l'ion en tout point M de coordonnées cartésiennes $(x \ y \ z)$.
- 2.1.2.** En déduire l'expression de l'énergie potentielle E_p de l'électron lorsqu'il se trouve au point M .
- 2.1.3.** Déterminer l'énergie totale de l'électron initialement.
- 2.1.4.** Quelle sera la vitesse $v(\infty)$ de l'électron après diffusion, lorsqu'il sera de nouveau infiniment loin de l'ion ?
- 2.1.5.** Si la distance minimale à laquelle passe l'électron de l'ion est r_0 , quelle est sa vitesse maximale $v_{\max}$?
- 2.1.6.** Lors du passage de l'électron à son voisinage, l'ion reste immobile grâce à l'action d'une force de réaction. Quelle est la valeur maximale prise par la norme de cette force de réaction ?

Exercice 3 : Molécule d'eau (10 points)

On considère une molécule d'eau (H_2O). La molécule est globalement neutre mais l'oxygène, dont le noyau comporte 8 protons, a tendance à attirer à lui l'électron des deux atomes d'hydrogène. Dans un modèle simpliste, mais très utilisé, la molécule est assimilée à trois charges ponctuelles :

- une charge $-2q$ à l'origine O ,
- une charge $+q$ au point de coordonnées $(1 \ 1 \ 0)$,
- une charge $+q$ au point de coordonnées $(1 \ -1 \ 0)$

On s'est placé dans le système de coordonnées cartésiennes.

3.1. Dans cette question, on va étudier les symétries de la molécule (**6 points**).

3.1.1. La distribution de charge présente deux plans de symétrie. Représenter schématiquement ces deux plans puis définissez-les mathématiquement (par exemple, par un point et deux vecteurs ou deux axes appartenant au plan).

3.1.2. Expliquez pourquoi le champ électrique est nécessairement dirigé dans la direction de $\vec{u}_x$ pour tout point de l'axe (Ox) .

3.1.3. Que pouvez-vous dire sur le champ électrique aux points $(3 \ 0 \ 1)$, $(3 \ 1 \ 0)$ et $(3 \ -3 \ 1)$? Donnez l'expression la plus générale du champ $\vec{E}$ dans le repère $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ en ces trois points.

3.2. Dans cette question, on va introduire une approximation du potentiel à grande distance (**4 points**).

3.2.1. Donner l'expression du potentiel électrique $V(M)$ en tout point M de l'espace en fonction de coordonnées cartésiennes $(x \ y \ z)$ de M .

3.2.2. On se place maintenant dans l'approximation où z est très grand devant à la fois 1, x et y . Utilisez le développement de Taylor

$$(1 + \epsilon)^\alpha \simeq 1 + \alpha\epsilon, \quad (\epsilon \ll 1)$$

pour déterminer une approximation de

$$\frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + z^2}}$$

lorsque z est grand devant tous les autres termes. a et b sont deux constantes quelconques.

3.2.3. En déduire une approximation du potentiel $V(M)$ lorsque z est grand.

3.2.4. Déterminer le champ électrique dans cette approximation.