EXERCICES DIPOLE ELECTROSTATIQUE .

Exercice 1 :molécule de fluorure d'hydrogène

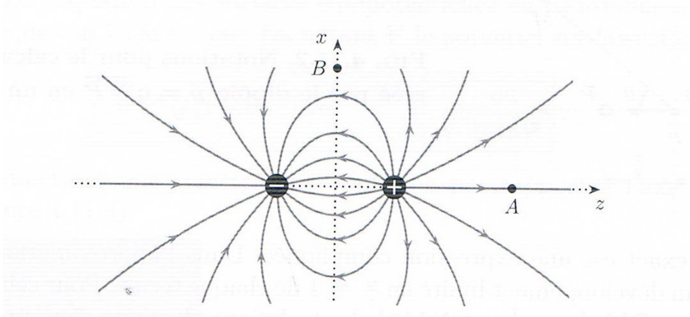
1- On considère la molécule HF dont la liaison est modélisée par un transfert total de l'électron de l'hydrogène sur l'atome de fluor (liaison dite ionique) . Cet électron étant associé avec ceux du fluor , ils forment une sphère chargée négativement centrée sur l'atome de fluor . On désigne respectivement par H et F les positions des noyaux d'hydrogène et de fluor .

a- Effectuer l'inventaire des charges (protons , électrons) présentes au niveau des noyaux d'hydrogène et de fluor dans la molécule HF .Donner la valeur du moment dipolaire p_{mod} en Debye de la molécule ainsi modélisée . On donne le numéro atomique du fluor Z = 9 , la distance entre le noyau d'hydrogène et le noyau de fluor $d=0{,}92.10^{-10}m$ et $1\text{D}=\frac{1}{3}.10^{-29}C.m$.

b- On mesure expérimentalement un moment dipolaire de $p_{\text{exp}}=1{,}83\,D$. Interpréter physiquement ce résultat . Pourquoi le moment dipolaire n'est-il pas nul ? Pour quel type de molécule diatomique le serait-il et quelle serait alors la nature de la liaison ?

2-On modélise une molécule de fluorure d'hydrogène H-F, l'atome de fluor porte une charge -q et l'atome d'hydrogène une charge opposée +q. Cette distribution de charge, globalement neutre, porte le nom de dipôle électrostatique. On note d la distance entre les deux atomes.

a-La carte du champ électrostatique créé par un dipôle est représentée ci-dessous.



À l'aide d'une analyse des symétries, justifier la direction du champ électrostatique $\vec{E}$ aux points A et B.

Comment doit être situé le réseau d'équipotentielles par rapport aux lignes de champ électrostatique?

b-Rappeler en quoi consiste l'approximation dipolaire électrostatique. Donner l'expression du moment dipolaire du dipôle

c- L'origine des potentiels est prise à l'infini. En se plaçant dans le cadre de l'approximation dipolaire, montrer que le potentiel électrostatique V(M) en un point M repéré par les coordonnées sphériques r, θ et φ s'écrit $V(r,\theta)\approx\frac{qa\cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

d- En restant dans l'approximation dipolaire, en déduire l'expression du champ électrostatique .

e-Déterminer l'équation des surfaces équipotentielles.

f-Déterminer l'équation des lignes de champ .

Exercice 2: système cerceau - charge

Soit un cerceau de centre O, de rayon R, portant la densité linéique de charge λ. On place une charge −q en un point A de l'axe du cerceau à une distance d du centre du cerceau. On définit un axe Oz d’origine O, centre du cerceau, et dirigé dans le sens de $\vec{OA}$.

Le point M au niveau duquel nous allons calculer le potentiel est situé sur cet axe.

Enfin, on sait que la distance d est du même ordre de grandeur que le rayon R du cerceau et que l’origine des potentiels est pris à l’infini.

1- Faire un schéma de la situation.

2- Quelle doit être la densité linéique de charge λ pour que la charge totale portée par le cerceau soit égale à +q ?

2- Calculer le potentiel créé par l’ensemble du cerceau et de la charge, en tout point M de l’axe Oz.

3- Montrer que lorsque le point M est suffisamment éloigné de l’ensemble chargé , on peut assimiler l’ensemble du cerceau et de la charge à un dipôle électrostatique de moment dipolaire $\vec{p}$.

Exprimer ce moment en fonction de R, q et d.

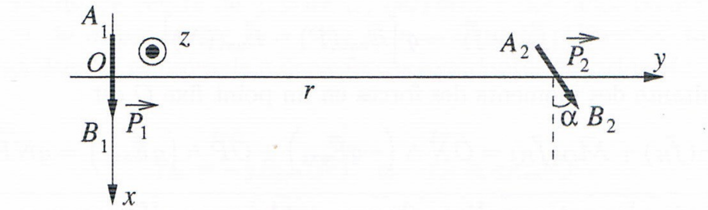
Données :

Champ électrique en un point de l'axe (Oz) d'un cerceau de rayon R, de centre O portant une charge uniforme de densité linéique λ :

$$\vec{E}(M)=\frac{\lambda R z}{2\epsilon_0(\sqrt{R^2+z^2})^3}\vec{u}_z$$

Potentiel créé à grande distance par un dipôle de moment $\vec{p}$ centré en O : $V(M)=\frac{\vec{p}.\vec{OM}}{4\pi\epsilon_0 OM^3}$.

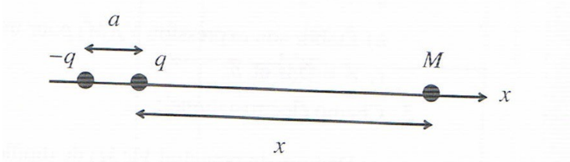
Exercice 3 :



Soient [A_1 B_1] et [A_2 B_2] deux dipôles électriques de même moment dipolaire p en norme placés dans la disposition du schéma ci-dessus, la distance r est supposée très inférieure à la dimension des dipôles .
1- Déterminer le champ électrique créé par le dipôle 1 au centre du dipôle 2 .
2- Déterminer l'énergie potentielle d'interaction et le moment en O de la force exercée par le dipôle 1 sur le dipôle 2 .
3- Pour quelle valeur de α le dipôle 2 a-t-il une position d'équilibre stable ?

Exercice 4:interaction de Van Der Waals .
On étudie l'interaction entre une molécule d'eau A et une deuxième molécule B. On modélise la molécule d'eau qui présente un moment dipolaire $\vec{p}_a = p_a \vec{e}_x$ par un dipôle électrostatique composé de deux charges ponctuelles q et -q (correspondant au barycentre des charges positives et négatives de la molécule globalement neutre). Ces deux charges sont distantes de a .

1- Déterminer l'expression du champ électrostatique $\vec{E}_x$ créé par ce dipôle en un point M de son axe très éloigné de l'origine (x » a) .



La molécule B placée en M acquiert alors un moment dipolaire induit $\vec{p}_i = \epsilon_0 \alpha \vec{E}_x$ où la constante α est nommée polarisabilité.
2- Quelle est la dimension de α ?
3- On rappelle qu'un dipôle rigide de moment dipolaire $\vec{p}$ plongé dans un champ extérieur $\vec{E}_{ext}$ subit une force $\vec{F} = (\vec{p}.\vec{grad})\vec{E}_{ext}$. Déterminer la force $\vec{F}_{VdW}$ s'exerçant entre les deux molécules . Justifier que l'on parle ici de force attractive à courte portée .