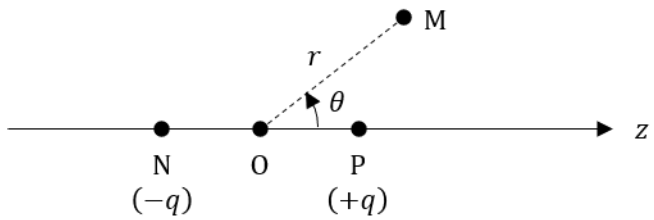
Action sur un dipôle électrostatique

Un dipôle rigide est constitué de 2 charges $-q$ et $+q$ positionnées en N et P. On note $a = \mathrm{NP}$ et θ.



Un champ électrostatique uniforme : $\overrightarrow{E}_{ext} = E_0 \overrightarrow{u}_z$ est appliqué.

1) Rappeler puis démontrer l'expression de la résultante des forces.

Correction

La résultante est nulle :

$$\overrightarrow{F} = \overrightarrow{F}_{ext/\mathrm{N}} + \overrightarrow{F}_{ext/\mathrm{P}} = -q\overrightarrow{E}_{ext} + q\overrightarrow{E}_{ext} = \overrightarrow{0}$$

2) Rappeler puis démonter l'expression du moment en O des forces.

Correction

Le moment tend à aligner le dipôle avec le champ.

$$\overrightarrow{\mathcal{M}}_{\mathrm{O}}\left(\overrightarrow{F}\right) = \overrightarrow{\mathrm{ON}} \wedge \overrightarrow{F}_{ext/\mathrm{N}} + \overrightarrow{\mathrm{OP}} \wedge \overrightarrow{F}_{ext/\mathrm{P}} \left(-\overrightarrow{\mathrm{ON}} + \overrightarrow{\mathrm{OP}}\right) \wedge q\overrightarrow{E}_{ext} = \boxed{\overrightarrow{p} \wedge \overrightarrow{E}_{ext}}$$

3) Expliquer qualitativement quelles sont les conséquences des valeurs des deux grandeurs précédentes.

Correction

Le centre de masse qui dipôle est immobile et il tend à s'aligner avec le champ.

4) Citer l'expression de l'énergie potentielle $\mathcal{E}_p$ et retrouver les résultats qualitatifs précédents.

Correction

Énergie potentielle :

$$\boxed{\mathcal{E}_p = -\overrightarrow{p} \cdot \overrightarrow{E}_{ext}}$$

On retrouve le fait que $\mathcal{E}_p$ ne dépend pas de la position du dipôle (de l'espace), donc la force est nulle. En revanche l'énergie potentielle est minimale si $\overrightarrow{p}$ colinéaire à $\overrightarrow{E}_{ext}$.

Un champ électrostatique non uniforme est appliqué : $\overrightarrow{E}_{ext} = \left(E_0 + \frac{zE_1}{L}\right)\overrightarrow{u}_z$ avec $L \gg a$.

5) En admettant que le moment dipolaire est aligné avec le champ, établir l'expression de la résultante de la force $\overrightarrow{F}$.

Correction

Puisque le moment dipolaire est aligné avec le champ : $\overrightarrow{p} = qa\overrightarrow{u}_z$. Ainsi,

$$\mathcal{E}_p = -qa\left(E_0 + \frac{zE_1}{L}\right) \quad \Rightarrow \quad \boxed{\overrightarrow{F} = -\frac{d\mathcal{E}_p}{dz}\,\overrightarrow{u}_z = \frac{qaE_1}{L}\,\overrightarrow{u}_z}$$

6) Rappeler les règles du comportement d'un dipôle dans un champ non uniforme vu en cours, et comparer à ce cas particulier.

Correction

Le dipôle s'aligne toujours avec le champ et il subit en plus une force de dérive vers les champs forts (ici selon $+\overrightarrow{u}_z$).