1. Questions (13 pts)

1) le flux du déplacement électrique $\vec{D}$ à travers une surface S fermée est égale à la charge libre contenu dans le volume délimité par la surface S $\Rightarrow$ 1

$$\oint \vec{D}.\vec{dS} = Q_{libre}$$ 1

$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ avec $\vec{E}$ le champ électrique et $\vec{P}$ le vecteur polarisation. 1

2) CO = molécule diatomique hétéronucléaire $\Rightarrow$ polaire 1

$\Rightarrow$ 3 mécanismes microscopiques à l'origine de la polarisation 1

Apparition d'un dipôle électrique induit

1) polarisabilité électronique : déplacement / déformation du nuage électronique sous l'effet d'un champ électrique 1

2) polarisabilité atomique : déplacement des atomes par rapport à leur position d'équilibre dans l'édifice moléculaire sous l'effet d'un champ électrique 1

3) polarisabilité d'orientation : les molécules s'orientent dans la direction du champ appliqué $\Rightarrow$ les moments électriques permanents des molécules s'orientent 1

O_2 molécule diatomique homonucléaire 1

1 seul mécanisme à l'origine de la polarisation = polarisabilité électronique 1

3) Champ local = champ électrique qui s'applique sur une molécule β dans un ensemble de molécules. C'est le champ appliqué au milieu + le champ créé par toutes les autres molécules sur la molécule β

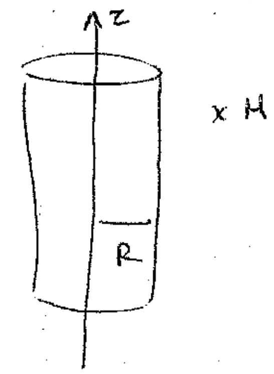
1

$\vec{E}$ = champ macroscopique regnant dans le milieu = champ moyenné sur un petit volume de dimensions grandes devant les dimensions atomiques 1

On peut considérer ses deux champs égaux dans le cas de milieux dilués (gaz par exemple) où l'on peut négliger les interactions entre dipôles électriques. 1

2. barreau aimanté (17 pts)

1)



plan $(M, \vec{e_r}, \vec{e_z})$ = plan de symétrie
plan $(M, \vec{e_r}, \vec{e_\theta})$ = plan de symétrie
Invariance par rotation + invariance par translation selon z $\Rightarrow$ $\vec{E}(M) = E_r(r)\,\vec{e_r}$ 1

Application du theorème de Gauss sur 1 cylindre d'axe (Oz), de rayon r et de hauteur h

$$\oiint \vec{E}.\vec{dS} = Q_{int}/\varepsilon_0 = \iint_{Slat} \vec{E}.\vec{dS} = E_r(r)\, 2\pi r h \qquad 1$$

$Q_{int} = \rho_0 \pi r^2 h$ si $r<R$
$Q_{int} = \rho_0 \pi R^2 h$ si $r>R$ 1

$$r<R \qquad E_r(r) = \rho_0 \frac{\cancel{\pi} r^{\cancel{2}} \cancel{h}}{\varepsilon\, 2\cancel{\pi}\cancel{r}\cancel{h}} = \frac{\rho_0 r}{2\varepsilon_0} \qquad \vec{E}(M) = \frac{\rho_0 r}{2\varepsilon_0}\vec{e_r}$$

$$r>R \qquad E_r(r) = \frac{\rho_0 \cancel{\pi} R^2 \cancel{h}}{2\cancel{\pi} r \cancel{h} \varepsilon_0} = \frac{\rho_0 R^2}{2r\varepsilon_0} \qquad \vec{E}(M) = \frac{\rho_0 R^2}{2r\varepsilon_0}\vec{e_r}$$

1

2) $\vec{M} = M\vec{e_z}$

$$1)\ r<R \qquad \vec{A}_{M,in} = \frac{\mu_0 \cancel{\varepsilon_0}}{\cancel{\rho_0}}\vec{M} \wedge \frac{\cancel{\rho_0} r}{2\cancel{\varepsilon_0}}\vec{e_r} = \frac{\mu_0 r}{2} M\, \vec{e_z} \wedge \vec{e_r} = \frac{\mu_0 r}{2} M\, \vec{e_\theta}$$

1

$$r>R \qquad \vec{A}_{M,ex} = \frac{\mu_0 \cancel{\varepsilon_0}}{\cancel{\rho_0}}\vec{M} \wedge \frac{\cancel{\rho_0} R^2}{2r\cancel{\varepsilon_0}}\vec{e_r} = \frac{\mu_0 R^2}{2r} M\, \vec{e_\theta}$$

b). * • $\vec{B}_{m,in} = \vec{rot}\,\vec{A}_{m,in}$

$\vec{A}_{m,in} = A_\theta(r)\,\vec{e_\theta}$ $\quad\quad \vec{B}_{m,in} = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial(rA_\theta)}{\partial r}\,\vec{e_z}$

$$\frac{\partial(rA_\theta)}{\partial r} = \frac{\partial\left(\mu_0\frac{r^2}{2}M\right)}{\partial r} = \frac{\mu_0 M}{2}\,2r = \mu_0 M r$$ 1

$$\vec{B}_{m,in} = \mu_0 M\,\vec{e_z} = \mu_0\vec{M}$$

* $\vec{B}_{m,ex} = \vec{rot}\,\vec{A}_{m,ex} = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial(rA_\theta)}{\partial r}\,\vec{e_z}$ 1

$$rA_\theta = \mu_0\frac{R^2}{2}M = \text{cste} \Rightarrow \vec{B}_{m,ex} = \vec{0}$$

3] a) A l'intérieur du barreau

$\vec{B}_{in} = \vec{B_a} + \vec{B}_{m,in} = \vec{B_a} + \mu_0\vec{M}$

$\vec{H}_{in} = \dfrac{\vec{B}_{in}}{\mu_0} - \vec{M} = \vec{B_a}/\mu_0$ 1

$\vec{M} = \chi_m\vec{H}_{in} = \chi_m\vec{B_a}/\mu_0$ 1

$\Rightarrow \vec{B}_{in} = \vec{B_a} + \chi_m\vec{B_a}$ 1

$= \vec{B_a}(1+\chi_m)$

A l'extérieur du barreau

$\vec{B}_{ex} = \vec{B_a} + \vec{B}_{m,ex} = \vec{B_a}$ 1

$\vec{H}_{ex} = \dfrac{\vec{B}_{ex}}{\mu_0} = \dfrac{\vec{B_a}}{\mu_0}$ 1

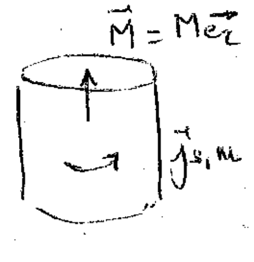
pas d'aimantation à l'extérieur du barreau

b) milieu paramagnétique $\chi_m > 0$ $\quad \vec{M}$ et $\vec{B_a}$ sont parallèles (m̄ direction, même sens) 1

milieu diamagnétique $\chi_m < 0$ $\quad \vec{M}$ et $\vec{B_a}$ antiparallèles (même direction, sens opposé) 1

4.] $\vec{M}$ uniforme donc $\vec{rot}\,\vec{M} = \vec{0}$ $\quad$ pas de densité volumique de courant d'aimantation 1

$$\vec{j}_{s,m} = \vec{M}\wedge\vec{n} = M\vec{e_z}\wedge\vec{e_r} = M\,\vec{e_\theta}$$ 1



1