UNIVERSITE TOULOUSE III **2007-2008**

Licence Physique-Chimie et Applications

Mention Sciences Physiques et Chimiques-L3

Electromagnétisme de la matière

Examen terminal

(*durée 2h*)

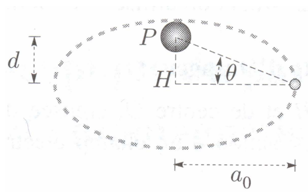
I. Cours :

1- Définitions et différences des trois formes de réponse magnétique : Dia-Para et Ferro-magnétisme *(en dix lignes)* **(2pts)**

2- Expliquer l'hystérésis magnétique par les domaines magnétiques *(en dix lignes et un graphe).* **(2 pts)**

II. Polarisabilité électronique de l'atome d'hydrogène.

Dans le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène, on suppose que l'électron a une trajectoire circulaire, de rayon a_0, autour du proton. On admet que, sous l'action d'un champ électrique appliqué $\boldsymbol{E_a}$ perpendiculaire au plan de la trajectoire, ce plan se trouve à une distance d du proton (voir figure ci-dessous).



1. Etablir la relation entre d, E_a et a_0. **(4 pts)**
2. En déduire la polarisabilité de l'atome en fonction de a_0. **(2 pts)**

III. Sphère uniformément aimantée

1- En régime statique.

On veut montrer que le champ magnétique créé par la matière à l'intérieur d'une sphère uniformément aimantée est **B** = 2/3 μ_0 **M**, où **M** est le vecteur aimantation volumique et μ_0 est la perméabilité magnétique du vide.

a) Justifier l'écriture du potentiel vecteur créé par la matière sous la forme : $\vec{A}_m = \mu_0 \vec{M} \wedge \dfrac{\varepsilon_0 \vec{E}^*}{\rho_0}$. **(1pt)**

b) On admettra sans démonstration que le champ auxiliaire E* en un point intérieur à la sphère est : $\vec{E}^*_{in} = \dfrac{\rho_0}{3\varepsilon_0} r\,\vec{e}_r$. En déduire le résultat cherché pour **B** en utilisant l'expression du rotationnel en coordonnées cylindriques donnée ci-dessous. **(3pts)**

$$\mathrm{rot}\vec{V} = \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial V_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial V_\varphi}{\partial z}\right)\vec{e}_\rho + \left(\frac{\partial V_\rho}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial \rho}\right)\vec{e}_\varphi + \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial(\rho V_\varphi)}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial V_\rho}{\partial \varphi}\right)\vec{e}_z$$

…/…

2- En régime sinusoïdal.

On considère une sphère de rayon R uniformément aimantée, constituée d'un matériau isolant, linéaire, homogène et isotrope, et dont la susceptibilité diélectrique est notée χ_e. Aucun champ externe n'est appliqué. L'aimantation volumique est uniforme et donnée en notation complexe : $\underline{\mathbf{M}} = M_0 \exp(-i\omega t)\, \mathbf{e}_z$, où M_0 est réel. On s'intéresse au champ électrique et à la polarisation induits par l'aimantation dépendante du temps. On utilisera les coordonnées cylindriques.

a) Donner l'expression du champ magnétique $\underline{\mathbf{B}}(t)$ créé par la matière à l'intérieur de la sphère. On donnera également $\mathbf{B}(t)$ en notation réelle. **(1pt)**

b) Montrer par des considération de symétrie que le champ électrique induit est orienté selon $\mathbf{e}_\varphi$.. **(1 pt)**

c) En utilisant la relation de Maxwell-Faraday, établir l'expression du champ électrique $\underline{\mathbf{E}}(t)$ induit à l'intérieur de la sphère en fonction de μ_0, M_0, ρ, ω et t. On donnera également $\mathbf{E}(t)$ en notation réelle. **(3pts)**

d) Donner l'expression de la polarisation volumique $\underline{\mathbf{P}}$ (et $\mathbf{P}$) en régime lentement variable en fonction de ε_0, μ_0, M_0, χ_e, ω, t, et des coordonnées d'espace. **(1pt)**

On donne l'expression du rotationnel en coordonnées cylindriques :

$$\mathrm{rot}\vec{V} = \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial V_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial V_\varphi}{\partial z}\right)\vec{e}_\rho + \left(\frac{\partial V_\rho}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial \rho}\right)\vec{e}_\varphi + \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial(\rho V_\varphi)}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial V_\rho}{\partial \varphi}\right)\vec{e}_z$$