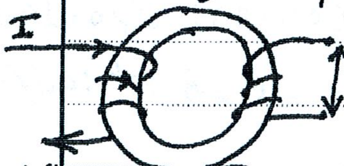
page 1

L3-SPC . Electromagnétisme . Session 1.

I . Pertes magnétiques

1 pt



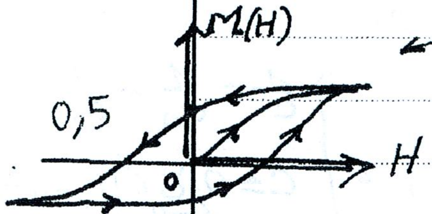
$e(t) = -\dfrac{d\phi(B(t))}{dt}$ — Intégrateur — ϕ donc B

I détermine H

et $M(H) = \dfrac{B}{\mu_0} - H$

1pt Hystérésis : $M(H_0)$ dépend
dépend de la procédure suivie pour atteindre H_0 ; il existe un cycle d'Hystérésis (mémoire)

0,5



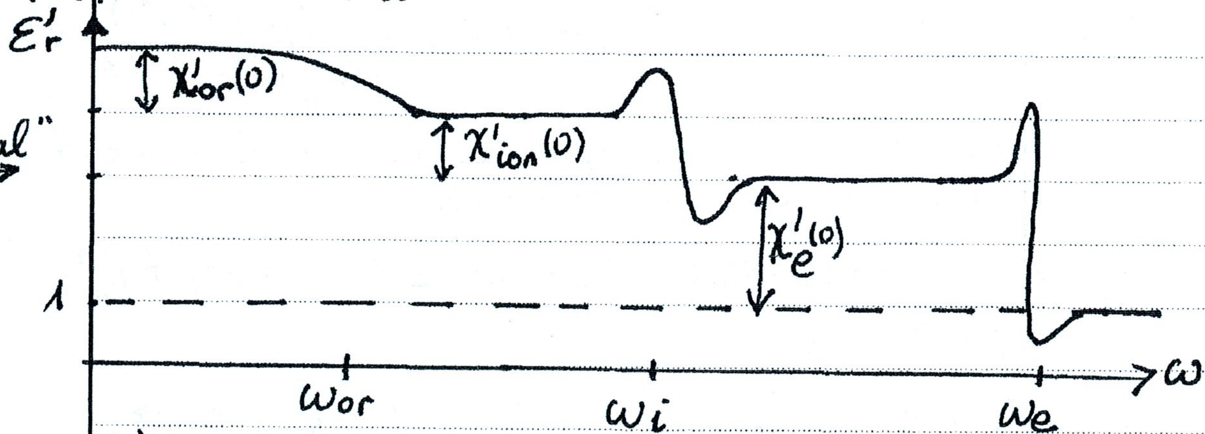
[- Cycle "mesuré" grâce au dispositif ci-dessus.]

0,5 Une paroi de Bloch est une région frontière entre deux domaines de vecteurs aimantations différents, où l'aimantation change de direction de façon continue.

1pt $W_{cycle} = \oint \vec{H}.d\vec{B} = \mu_0 \oint \vec{H}.d\vec{M}$

II . Permittivité d'un matériau l.h.i.

Cas "général"



1pt A) 1. Dans ce cas $\omega_e \sim 10^{15}$ rad/s et $\omega_{ion} \sim 10^{13}$ rad/s et il n'y a pas de dipôles, donc $\chi_{or}' = 0$

1pt 2. $n_{opt} = \sqrt{\varepsilon_r'} = \sqrt{1 + \chi_e'} = 3$.

B) $\{0 < \omega < 10^7\}$ → les dipôles, les ions et les électrons répondent à l'excitation électrique

1pt 3. $\{10^{10} < \omega < 10^{12}\} \rightarrow$ les dipôles ne répondent pas. Seuls les ions et les électrons répondent à l'excitation
$\{10^{13} < \omega < 10^{15}\}$ seuls les électrons répondent ".

1pt 4. Pour le matériau A, à $\omega = 6{,}28\ 10^6$ rad/s on a $\varepsilon'_r = 16$

$$C = \varepsilon'_r \varepsilon_0 \frac{S}{e} = \frac{16}{36\pi\, 10^9 \times 10^{-6}\text{m}} 1\text{m}^2 = 1{,}41\ 10^{-4} \text{F/m}^2$$

1,5pt

0,5 5. Tout se passe comme si on avait deux capacités en série. Pour le matériau A, $\varepsilon'_r)_A = 16$

0,5 Pour le matériau B, $\varepsilon'_r)_B = 25$

$C_A = 1{,}41.10^{-4}$ F/m²

0,5 $C_B = \frac{25}{16} C_A = 2{,}21.10^{-4}$ F/m²

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_B}$$

$C \simeq 0{,}86 \times 10^{-4}$ F/m²

0,5pt 6. $\varepsilon'_r(10^{18}\text{ rad/s}) = 1$ (les électrons ne "suivent" plus l'excitation électrique.

III.1 a) Le potentiel vecteur créé par la matière aimantée est :

$$\vec{A}_m(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \vec{M} \times \frac{(\vec{r}-\vec{r}')}{\|\vec{r}-\vec{r}'\|^3} dV = \vec{M} \times \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{(\vec{r}-\vec{r}')}{\|\vec{r}-\vec{r}'\|} dV \right)$$

car $\vec{M}$ est UNIFORME

2pts

$$= \mu_0 \vec{M} \times \frac{\varepsilon_0 \vec{E}^*}{\rho_0} \text{ avec } \vec{E}^* = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{\rho_0 (\vec{r}-\vec{r}')}{\|\vec{r}-\vec{r}'\|^3} . dV$$

est le "champ électrique auxilliaire" dû à une charge fictive en densité ρ_0.

1. b) Le champ est radial. Théorème de Gauss $\Rightarrow 2\pi\rho h E^*_{in} = \pi \rho^2 h \frac{\rho_0}{\varepsilon_0}$

$$\Rightarrow E^*_{in} = \frac{\rho_0}{2\varepsilon_0} \rho .$$

2pts

$$\vec{A}_m(\vec{r}) = \mu_0 M \vec{e}_z \times \frac{\varepsilon_0}{\rho_0} \times \frac{\rho_0}{2\varepsilon_0} . \rho\, \vec{e}_\rho = \mu_0 M \frac{\rho}{2} \vec{e}_\varphi$$

$$\vec{B} = \vec{\text{rot}}\, \vec{A}_m = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho . \mu_0 M \frac{\rho}{2}\right) \vec{e}_z = \mu_0 M . \vec{e}_z = \mu_0 \vec{M} .$$

1pt 2. a) $\vec{B}(t) = \mu_0 . M_0 \exp - i\omega t . \vec{e}_z$ et $\vec{B}(t) = \mu_0 M_0 \cos\omega t . \vec{e}_z$

2pts b) Tout plan contenant Oz est un plan d'antisymétrie des sources de courant donc le champ électrique lui est perpendiculaire : $\vec{E} = E . \vec{e}_\varphi$

c) M.F. $\Rightarrow$ $\vec{\text{rot}}\,\underline{\vec{E}} = -\dfrac{\partial \underline{\vec{B}}}{\partial t} = i\omega\,\mu_0 M_0\, e^{-i\omega t}\,\vec{e_z}$

$\left\{\vec{\text{rot}}\,\underline{\vec{E}}\right\}_z = \dfrac{1}{\rho}\left[\dfrac{\partial}{\partial \rho}(\rho \underline{E}_\varphi) - \underbrace{\dfrac{\partial \underline{E}_\rho}{\partial \varphi}}_{0}\right]$ car $\vec{\text{rot}}\,\underline{\vec{E}}$ est selon $\vec{e_z}$

2pts

D'où $\dfrac{\partial}{\partial \rho}(\rho\, \underline{E}_\varphi) = \mu_0 M_0 . i\omega . e^{-i\omega t} \rho$

$\Rightarrow \rho\, \underline{E}_\varphi = \mu_0 M . i\omega . e^{-i\omega t} \dfrac{\rho^2}{2} + \underbrace{c^{te}}_{0}$ car E_φ

ne dépend ni de φ, ni de z (invariances).

$\Rightarrow$ $\underline{E}_\varphi = \dfrac{i}{2} . \mu_0 M_0 . \rho . \omega e^{-i\omega t}$ et $E_\varphi = \dfrac{1}{2}\mu_0 M \rho \omega \sin\omega t$

1pt

d) $\underline{\vec{P}} = \chi_e \varepsilon_0 \underline{\vec{E}} = \dfrac{i}{2} . \mu_0 \varepsilon_0\, \chi_e M_0 \rho \omega e^{-i\omega t}\, \vec{e_\varphi}$

$\vec{P} = \dfrac{1}{2} \mu_0 \varepsilon_0\, \chi_e M_0 \rho \omega \sin\omega t . \vec{e_\varphi}$