

## L3 LICENCE DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### Partiel d'Electromagnétisme

*Durée : 1h30 - Tous documents interdits*

#### I. QUESTION DE COURS : (2pts)

Énoncez les différents mécanismes microscopiques responsables de la polarisation dans la matière.

#### II THEOREME DE GAUSS DANS UN MILIEU MATERIEL : (8pts)

On considère un câble coaxial faisant office de condensateur cylindrique. Le diélectrique présent entre le conducteur central (de rayon  $a$ ) et l'armature externe (de rayon  $b$ ) est caractérisé par sa permittivité  $\epsilon$ . On connecte le conducteur central à un générateur de tension  $V_0$  ce qui se traduit par l'apparition d'une distribution de charges uniforme  $\sigma$  à sa surface ; l'armature externe est connectée à la masse du générateur.

- 1 Énoncer le théorème de Gauss dans un MILIEU MATERIEL.
- 2 Exprimer le vecteur déplacement électrique  $\mathbf{D}$  dans le diélectrique.
- 3 Dédurre le champ électrique  $\mathbf{E}$  dans le diélectrique.
- 4 Exprimer la densité de charge  $\sigma$  en fonction de  $V_0$ , de  $\epsilon$  et des rayons  $a$  et  $b$ .
- 5 A quelle vitesse se déplacerait une onde électromagnétique dans ce câble avec  $\epsilon_r = 2.25$  ?

#### II. POLARISATION IONIQUE : (10pts)

Le chlorure de potassium KCl est un cristal ionique de symétrie cubique. Sa structure est représentée sur la figure ci-dessous par des boules noires pour les ions  $K^+$  et blanches pour  $Cl^-$ . Il contient  $3.2 \cdot 10^{28}$  ions de chaque espèce par  $m^3$ . La masse molaire des ions  $K^+$  et  $Cl^-$  est approchée par la valeur commune  $M=37g$ .

On considère un monocristal cubique de volume unité dont le centre O choisi comme origine est situé sur un ion. Il contient  $n$  ions  $K^+$  et  $Cl^-$  de masse  $m$  repérés par les vecteurs respectifs  $\mathbf{r}_i$  et  $\mathbf{r}_j$ .

- 1 Montrer que le moment dipolaire résultant du monocristal est nul.

2 Un champ électrique  $\mathbf{E}$  constant est appliqué suivant l'axe Oz du cube. Les ions  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont alors déplacés de  $\mathbf{u}$  et  $\mathbf{v}$  selon Oz. Exprimer la polarisation induite  $\mathbf{P}$  et sa composante suivant l'axe Oz.

3 L'équilibre des ions  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  du cristal dans le champ  $\mathbf{E}$  est réalisé par les forces de rappel respectives  $-m\omega_0^2\mathbf{u}$  et  $-m\omega_0^2\mathbf{v}$ . On donne la fréquence propre d'oscillations  $f_0 = \omega_0/2\pi = 510^{12}$  Hz.

a. Exprimer la susceptibilité électrique  $\chi$  du cristal

b. Calculer la permittivité relative  $\epsilon_r$  en négligeant la polarisation des électrons.

On donne : Le nombre d'Avogadro  $N = 6.02 \cdot 10^{23}$ , la charge élémentaire  $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C et  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  S.I.

4 On applique au cristal un champ électrique sinusoïdal  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos\omega t$ . Les ions  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  se meuvent alors avec la pulsation  $\omega$  et subissent les forces de frottement respectives :  $-m\beta d\mathbf{u}/dt$  et  $-m\beta d\mathbf{v}/dt$ .

a. Exprimer le déplacement des ions sous forme complexe  $\underline{\mathbf{u}} = \underline{\mathbf{u}}_0 \exp-j\omega t$ .

b. Exprimer la susceptibilité complexe du cristal  $\chi(\omega)$  en fonction de la susceptibilité statique  $\chi(0)$  que l'on définira.

