# PGM DE COLLE n°18 MP

Du 10/02 au 14/02

| **Chapitres concernés :** | | Cours | TD | TP |
|---|---|---|---|---|
| MP | EM6. Ondes électromagnétiques dans un plasma | ✓ | ✓ | |
| | EM7. Ondes électromagnétiques dans un milieu ohmique | ✓ | | |
| | EM8. Rayonnement dipolaire électrique | § A | | |
| | O3. Interférences par division d'amplitude – Interféromètre de Michelson | ✓ | ✓ | |
| | O4. Interférences à N ondes - Réseaux | ✓ | | |
| MPSI | Propagation d'un signal<br>Mouvements à force centrale | ✓ | ✓ | ✓ |

## Questions de cours :

### MP

**1)** ChO3 : Décrire l'interféromètre de Michelson et présenter son schéma équivalent.

**2)** ChO3 : Définir « **contact optique** », « **teinte plate** » et les configurations « **lame d'air** » et « **coin d'air** ». Définir « interférences **localisées** » et préciser où les interférences sont localisées en lame / coin d'air.

**3)** ChO3 : Interféromètre de Michelson en configuration lame d'air : établir l'expression de la différence de marche. En déduire la nature des franges d'interférences. Citer les conditions d'éclairage et d'observation en lame d'air. Indiquer comment évolue la figure d'interférences lorsque l'on se rapproche du contact optique en chariotant le miroir mobile.

**4)** ChO3 : Interféromètre de Michelson en configuration coin d'air : citer les conditions d'éclairage et d'observation et préciser la nature des franges d'interférences. Décrire la figure d'interférences en lumière blanche avec les termes « **teintes de Newton** », « **blanc d'ordre supérieur** » et « spectre **cannelé** ».

**5)** ChO4 : Définir « **réseau optique** » et ses caractéristiques : « **pas** » et « **nombre de motifs par unité de longueur** ».

**6)** ChO4 : Après avoir établi la différence de marche entre 2 ondes issues de motifs consécutifs, établir la relation fondamentale des réseaux.

**7)** ChO4 : Après avoir établi les expressions de la vibration lumineuse complexe résultant de la superposition de N ondes et de l'éclairement résultant, montrer que la demi-largeur des pics principaux de la courbe d'intensité en fonction du déphasage vaut 2π/N.

**8)** ChEM6 : Soit $\underline{\vec{E}}(x,t) = \underline{\overrightarrow{E_0}} e^{i(\omega t - \underline{k} \cdot x)}$ le champ électrique associé à une *pseudo*-OPPM transverse dans un plasma dilué : en notation complexe, exploiter l'équation du mouvement d'un électron du plasma pour établir l'expression de la conductivité complexe $\underline{\gamma} = -i\frac{n^* e^2}{m_e \omega}$ avec $n^*$ la densité volumique d'électrons.

**9)** ChEM6 : Soit $\underline{\vec{E}}(x,t) = \underline{\overrightarrow{E_0}} e^{i(\omega t - \underline{k} \cdot x)}$ le champ électrique associé à une *pseudo*-OPPM transverse dans un plasma. Sachant que la conductivité complexe du plasma s'écrit $\underline{\gamma} = -i\frac{n^* e^2}{m_e \omega}$, établir la relation de dispersion. Expliquer la notion de fréquence de coupure et citer son ordre de grandeur dans le cas de l'ionosphère. Distinguer onde évanescente et onde progressive.

**10)** ChEM6 : Définir vitesses de phase $v_\varphi$ et de groupe $v_g$. Sachant que, dans un plasma pour $\omega > \omega_p$, $k = \frac{1}{c}\sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}$, déterminer l'expression de $v_\varphi$ et de $v_g$. Définir « milieu **dispersif** ». Définir un « **paquet d'ondes** ». Pour un signal somme de 2 OPPM de pulsations $\omega_1$ et $\omega_2$ proches, décrire sa propagation dans un milieu dispersif. Généraliser à un paquet d'ondes quelconque.

**11)** ChEM7 : Simplifier les équations de Maxwell dans un milieu ohmique en régime lentement variable, citer les approximations associées.

**12)** ChEM7 : Etablir puis commenter l'équation vérifiée par le champ électrique associé à une onde électromagnétique dans un milieu ohmique en régime lentement variable.

**13)** ChEM7 : A partir de l'équation $\Delta\vec{E} = \mu_0 \gamma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ et du champ complexe $\underline{\vec{E}}(z,t) = E_0 e^{i(\omega t - \underline{k} z + \varphi_0)} \overrightarrow{e_x}$ existant dans un milieu ohmique : ① établir la relation de dispersion, ② établir l'expression du champ réel en introduisant l'épaisseur de peau et ③ expliquer l'effet de peau.

(*) au choix du colleur

**14)** ChEM7 : Définir « conducteur **parfait** ». Que peut-on dire des champs $\vec{E}$, $\vec{B}$ et $\vec{j}$ dans un tel milieu ?

**15)** ChEM7 : Soit un dioptre ① vide (z < 0) / ② conducteur parfait (z > 0), on écrit les champs électriques complexes incident et réfléchi sous la forme :

$$\underline{\overrightarrow{E_i}} = E_0 e^{i(\omega t - kz)}\overrightarrow{e_x} \quad et \quad \underline{\overrightarrow{E_r}} = \underline{\overrightarrow{E_{0r}}}.e^{i(\omega_r t + k_r z)}$$

Montrer que $\underline{\overrightarrow{E_r}} = -E_0 e^{i(\omega t + kz)}\overrightarrow{e_x}$.

Donnée : relation de passage en un point du dioptre $\overrightarrow{E_2} - \overrightarrow{E_1} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_{1\to 2}$

**16)** ChEM7 : En z < 0, les champs électriques et magnétiques incidents et réfléchis s'écrivent :

$\overrightarrow{E_i} = E_0 cos(\omega t - kz)\overrightarrow{e_x}$ ; $\overrightarrow{E_r} = -E_0 cos(\omega t + kz)\overrightarrow{e_x}$ ; $\overrightarrow{B_i} = \frac{E_0}{c}cos(\omega t - kz)\overrightarrow{e_y}$ ; $\overrightarrow{B_r} = \frac{E_0}{c}cos(\omega t + kz)\overrightarrow{e_y}$

Montrer que l'onde résultante est stationnaire en rappelant les caractéristiques d'une telle onde.

**17)** ChEM7 : Cavité à une dimension : on considère 2 plans conducteurs parfaits en $z = -a$ et $z = 0$ qui délimite du vide. Pour $z \in ]-a, 0[$, on cherche $\vec{E}$ sous la forme $\vec{E}(z,t) = F(t) \cdot K(z) \cdot \overrightarrow{e_x}$. Appliquer la méthode de séparation des variables pour exprimer $G(t)$ et $F(z)$. Montrer que les conditions aux limites impose la quantification du nombre d'onde angulaire. Exprimer le champ $\vec{E}(z,t)$, commenter. En déduire les longueurs d'onde possibles, valider « graphiquement » cette expression.

Donnée : relation de passage en un point du dioptre $\overrightarrow{E_2} - \overrightarrow{E_1} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_{1\to 2}$

**18)** ChEM8 : Définir « **dipôle électrique oscillant** ». Citer des exemples de systèmes modélisables par un dipôle électrique oscillant. Citer les 3 échelles de longueur associées au dipôle oscillant et formuler les approximations reliant ces 3 échelles.

**19)** ChEM8 : Pour un moment dipolaire $\vec{p}(t) = p(t)\overrightarrow{u_z} = p_0 \cdot \cos(\omega t + \psi)\,\overrightarrow{u_z}$, on a :

$\vec{E}(M,t) = \frac{\mu_0 \sin(\theta)}{4\pi r} \cdot \ddot{p}\left(t - \frac{r}{c}\right) \cdot \overrightarrow{u_\theta} = -\frac{\mu_0 \omega^2 \sin(\theta)}{4\pi r} \cdot p_0 \cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\theta}$ et

$\vec{B}(M,t) = \frac{\mu_0 \sin(\theta)}{4\pi rc} \cdot \ddot{p}\left(t - \frac{r}{c}\right) \cdot \overrightarrow{u_\varphi} = -\frac{\mu_0 \omega^2 \sin(\theta)}{4\pi rc} \cdot p_0 \cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\varphi}$ avec $\omega = kc$ et $\ddot{p} = \frac{d^2 p}{dt^2}$.

① Vérifier la compatibilité du champ électromagnétique créé par le dipôle avec les symétries et les invariances du dipôle. ② Vérifier l'homogénéité des expressions des champs électrique et magnétique. ③ Montrer que cette onde EM a localement une structure d'onde plane.

**20)** ChEM8 : Pour un moment dipolaire $\vec{p}(t) = p(t)\overrightarrow{u_z} = p_0 \cdot \cos(\omega t + \psi)\,\overrightarrow{u_z}$, on a :

$\vec{E} = -\frac{\mu_0 \omega^2 \sin(\theta)}{4\pi r} \cdot p_0 \cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\theta}$ et $\vec{B} = -\frac{\mu_0 \omega^2 \sin(\theta)}{4\pi rc} \cdot p_0 \cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\varphi}$

① Exprimer la valeur moyenne du vecteur de Poynting. ② Représenter l'indicatrice de rayonnement. ③ Exprimer la puissance moyenne rayonnée au travers d'une sphère de rayon $r$. Commenter *(discuter en particulier la dépendance des champs en $\frac{1}{r}$).*

**MPSI** (liste non exhaustive de QC)

**21)** Onde stationnaire : expression générale et cas particulier des ondes stationnaires sinusoïdales. Définir nœuds et ventres de vibration. Exprimer la distance séparant 2 nœuds (ou 2 ventres) consécutifs.

**22)** Définir « force **centrale** » et donner des exemples. Soit un point M soumis à une force centrale, montrer que le moment cinétique est conservé. Donner les deux conséquences de la conservation du moment cinétique.

**23)** Enoncer les lois de Kepler et les adapter pour l'étude d'un satellite planétaire.

**24)** Mouvement circulaire d'un point M soumis à l'interaction gravitationnelle exercée par un point O. Prouver que le mouvement est uniforme et établir l'expression de la vitesse. Prouver la 3e loi de Kepler. Etablir la relation entre l'énergie mécanique et le rayon de la trajectoire.

(*) au choix du colleur