PGM DE COLLE n°21 — MPI

Du 24/03 au 28/03

Chapitres concernés :

		Cours	TD	TP
MPI	TP11. Polarisation / interférences lumineuses	✓	✓	✓
	EM8. Rayonnement dipolaire électrique	✓	✓	
	MQ1. Introduction à la physique quantique	✓	✓	
	MQ2. Mécanique ondulatoire de Schrödinger	§ A, B et C		
	Capacités numériques	✓	✓	
MP2I	Mouvements à force centrale	✓	✓	✓

Questions de cours :

MPI

1) ChEM5-TP11B : Définir « **direction de polarisation** » et « onde **polarisée rectilignement / circulairement** ». Définir « **polariseur** », décrire l'effet d'un polariseur et citer la loi de Malus. Préciser comment distinguer expérimentalement une onde polarisée rectilignement d'une onde polarisée circulairement.

2) ChO2-TP11B : Décrire le protocole permettant de déterminer la longueur d'onde d'un LASER avec le dispositif des fentes d'Young.

3) ChO3-TP11C-D : Décrire le protocole permettant de déterminer l'indice optique du verre d'une lamelle de microscope avec l'interféromètre de Michelson en coin d'air et éclairé en lumière blanche.

4) ChO3-TP11C-D : Avec l'interféromètre de Michelson en lame d'air, décrire le protocole permettant de déterminer (*) la largeur de la raie verte du Mercure ou l'écart du doublet jaune du Sodium.

5) 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.

6) 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 $\ddot{p} = \frac{d^2p}{dt^2}$.
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.

7) 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 $\frac{1}{r}$).*

8) ChMQ1 : Dualité onde-particule pour la matière : Décrire une expérience (fentes d'Young) mettant en évidence le comportement ondulatoire de la matière et donner la relation de De Broglie. Pour une particule matérielle, présenter le critère distinguant les cas où les effets quantiques se manifestent et où ils sont négligeables.

9) ChMQ1+2 : Notion de fonction d'onde : définition, interprétation probabiliste. Pour un problème unidimensionnel : donner l'équation de Schrödinger. Donner l'interprétation probabiliste des interférences de matière avec les fentes d'Young. Définir « **état stationnaire** », établir l'équation vérifiée par la partie spatiale $\varphi(x)$ de la fonction d'onde et l'expression de la partie temporelle de la fonction d'onde, montrer que la densité de probabilité est indépendante du temps. Citer les propriétés de $\varphi(x)$.

10) ChMQ2 : Pour une particule libre non localisée, montrer que les fonctions d'onde solutions correspondant aux états stationnaires s'écrivent $\psi(x,t) = Ae^{-i(\omega t \pm kx)}$. Etablir la relation de dispersion puis

(*) au choix du colleur

la relation de De Broglie. Interpréter la difficulté de normalisation des fonctions d'onde $\psi(x,t) = Ae^{-i(\omega t \pm kx)}$. Faire le lien entre localisation spatiale d'une particule, paquet d'ondes et inégalité de Heiseinberg. Donner l'expression du vecteur densité de courant de probabilité associé à une particule libre.

11) ChMQ2 : Citer des exemples physiques pouvant être modélisés par une marche de potentiel : $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 : \text{zone } I \\ V_0 > 0 & \text{si } x > 0 : \text{zone } II \end{cases}$. Soit une particule d'énergie $E > V_0$, indiquer le comportement classique puis déterminer les fonctions d'onde solutions et <u>commenter</u>. Définir les coefficients de réflexion R et de transmission T en utilisant les courants de probabilités. <u>Commenter</u> les courbes $R(E)$ et $T(E)$.

12) ChMQ2 : On considère une marche de potentiel : $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 : \text{zone } I \\ V_0 > 0 & \text{si } x > 0 : \text{zone } II \end{cases}$. Soit une particule d'énergie $0 < E < V_0$, indiquer le comportement classique puis déterminer les fonctions d'onde solutions. Caractériser la fonction d'onde dans la zone II. Introduire la profondeur de pénétration et tracer la densité de probabilité de présence dans la zone II. <u>Commenter.</u>

13) ChMQ2 : Citer des exemples physiques pouvant être modélisés par une barrière de potentiel : $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \; ou \; x > a \\ V_0 > 0 & \text{si } x \in]0, a[: \text{zone } II \end{cases}$. Soit une particule d'énergie $0 < E < V_0$, indiquer le comportement classique puis tracer l'allure de la densité de probabilité de présence pour $x > 0$. Définir « **effet tunnel** » et donner qualitativement l'influence de la hauteur ou de largeur de la barrière de potentiel sur le coefficient de transmission dans la zone $x > a$.

14) ChMQ2 : États stationnaires d'une particule dans un puits de potentiel infini $V(x) = \begin{cases} +\infty & \text{si } x < 0 \text{ ou si } x > a \\ 0 & \text{si } x \in]0, a[\end{cases}$. Etablir les solutions et les niveaux d'énergie de la particule confinée. Avec quels autres domaines de la physique, cette situation est-elle analogue ?

15) Capacité numérique : étude du stigmatisme d'une lentille demi-boule pour un point source à l'infini sur l'axe optique. Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de tracer les rayons émergeant de la lentille.

16) Capacité numérique : résolution numérique de l'équation de Laplace à deux dimensions $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$ avec des conditions aux limites de type Dirichlet. V est un tableau de $nx \times ny$ éléments avec nx (resp^t ny) le nombre de points sur l'intervalle $[0, Lx]$ (resp^t $[0, Ly]$) où on cherche le potentiel. Décrire la méthode des différences finies : établir le schéma numérique explicite qui permet de calculer le potentiel $V[i][j]$ en (x_i, y_j) connaissant les potentiels en (x_{i-1}, y_j), (x_{i+1}, y_j), (x_i, y_{j-1}) et (x_i, y_{j+1}). Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de résoudre l'équation de Laplace par itérations successives.

MP2I (liste non exhaustive de QC)

17) 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.

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

19) 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 3^e loi de Kepler. Etablir la relation entre l'énergie mécanique et le rayon de la trajectoire. Altitude d'un satellite géostationnaire.

20) Définir « force **newtonienne** » et donner des exemples. Soit un point M soumis à une force newtonienne attractive, établir l'expression de l'énergie potentielle effective. Préciser la nature du mouvement et le type de trajectoire en fonction de la valeur de l'énergie mécanique.

<u>(*)</u> au choix du colleur