Année universitaire 2015/2016

Site : ☒ Luminy ☐ St-Charles ☒ St-Jérôme ☐ Cht-Gombert ☒ Aix-Montperrin ☐ Aubagne-SATIS
Sujet session de : ☒ 1^{er} semestre ☐ 2^{eme} semestre ☐ Session 2 Durée de l'épreuve : 2h
Examen de : ☐ L1 ☒ L2 ☐ L3 ☐ M1 ☐ M2 ☐ LP ☐ DU Nom diplôme : **Licence Chimie**
Code Apogée du module : **SPC3U2TJ** Libellé du module : **Electromagnétisme pour la chimie (UE32C)**
Documents autorisés : ☐ OUI ☒ NON Calculatrices autorisées : ☒ OUI ☐ NON

Partie I : Électromagnétisme

1 Onde plane

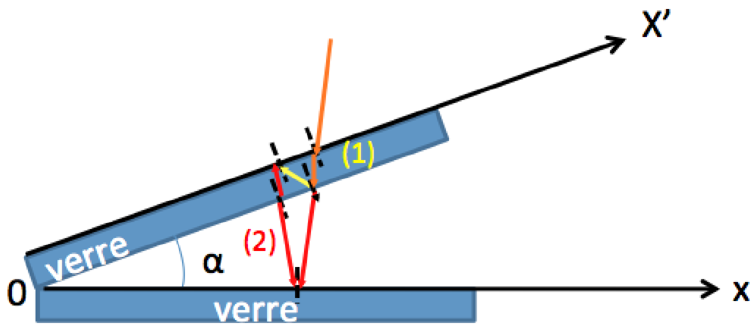
On considère un champ électrique, assimilé à une onde plane monochromatique de fréquence $f = 3\,\text{GHz}$, se propageant dans le vide. Ce champ s'exprime par l'expression : $\vec{E} = E_0\, cos(k\, y - \omega\, t)\, \vec{e_x}$.

1. Exprimer le vecteur d'onde $\vec{k}$ et calculer la valeur de sa norme.
2. Selon quelle direction se propage ce champ électrique ? (justifier)
3. A quoi correspond la grandeur ω ? Calculer sa valeur numérique ?
4. Comment est polarisé ce champ électrique ? (justifier)

Partie II : Optique physique

2 Interférences produites par un coin d'air

On considère un dispositif coin d'air, composé de deux lames de verre d'indice $n = 1.5$, formant un angle α entre elles. Une onde électromagnétique monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 650\, nm$ arrive avec une incidence quasi-normale sur ce dispositif.



1. A quel endroit peut-on observer un phénomène d'interférence ? Expliquer.

2. A chaque interface, l'angle d'incidence étant très faible, on considère que cet angle est nul et que les faisceaux arrivent en incidence normale. Etablir, sous cette approximation, la différence de marche $\delta(x)$ entre le faisceau (1) et le faisceau (2).
3. Exprimer l'intensité lumineuse observée le long de l'axe $(0X')$. Pour cela, comme l'angle α est petit, on fera l'approximation $tan(\alpha) \approx \alpha$.
4. Définir l'interfrange et ensuite, déterminer l'expression de l'interfrange pour ce dispositif.
5. On effectue une mesure de l'interfrange $i = 1\,mm$, quel est la valeur de l'angle α entre les deux lames de verre ?

3 Diffraction par des structures périodiques

- **Partie A.**

On considère une structure périodique à une dimension de périodicité a placée dans une enceinte sous vide $(n = 1)$ et illuminée par une onde plane monochromatique (*cf.* figure 1).
L'angle d'incidence (angle entre le vecteur d'onde incident et la normale à la structure périodique au point d'incidence) est noté θ_0.
L'angle de diffraction est noté respectivement θ^+ ou θ^- selon que l'onde diffractée se propage du même côté de la normale que l'onde incidente ou du côté opposé.

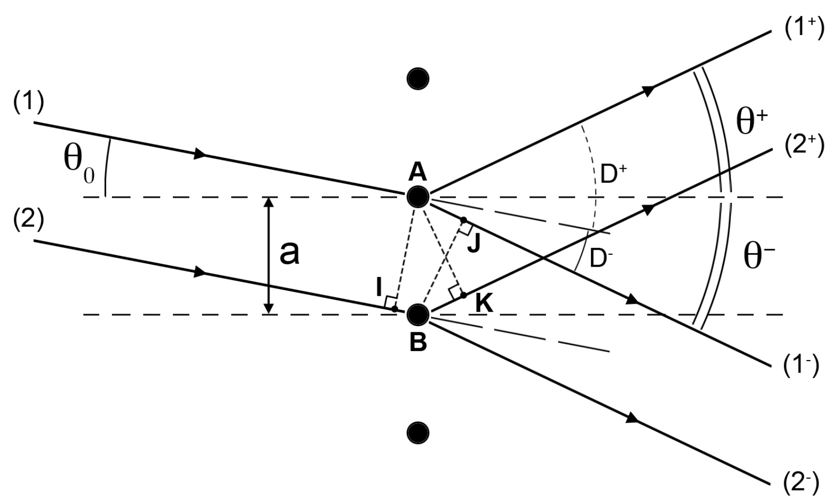


FIGURE 1 – Diffraction par une structure périodique à 1 dimension.

1. À l'aide de la figure 1, exprimer en fonction de d, θ^+ et θ^- la différence de marche δ^+ entre les rayons diffractés (1^+) et (2^+) et la différence de marche δ^- entre les rayons diffractés (1^-) et (2^-).
   Exprimer les déphasages $\Delta\phi^+$ et $\Delta\phi^-$ associés.
2. Dans quelle condition l'intensité diffractée est-elle maximale ?
   Retrouver alors la relation fondamentale des réseaux :
   $$m\lambda = a\,(\sin\theta_0 \pm \sin\theta) \qquad \text{(avec } m \in \mathbb{N})$$
3. Que vaut l'angle de déviation D entre l'onde incidente et l'onde diffractée ?
4. En exprimant $\partial D/\partial\theta$ chercher la condition sur θ pour laquelle la déviation D est minimale.
5. En déduire la relation entre θ, m, λ et a dans ces conditions.
6. On se place en condition d'incidence normale.
   Quelle est la relation entre θ, m, λ et a dans ces conditions particulières de diffraction ?

- **Partie B.**

On étudie à présent la diffraction par une structure cristalline. Celle-ci est constituée d'un empilement périodiques de plans atomiques (*cf.* figure 2).
Une onde monochromatique atteint ce cristal placé dans une enceinte sous vide avec un angle d'incidence θ_0 entre le vecteur d'onde incident et les plans atomiques (hkl). L'intensité diffractée est maximale suivant la direction formant un angle θ_{hkl} avec les plans (hkl).

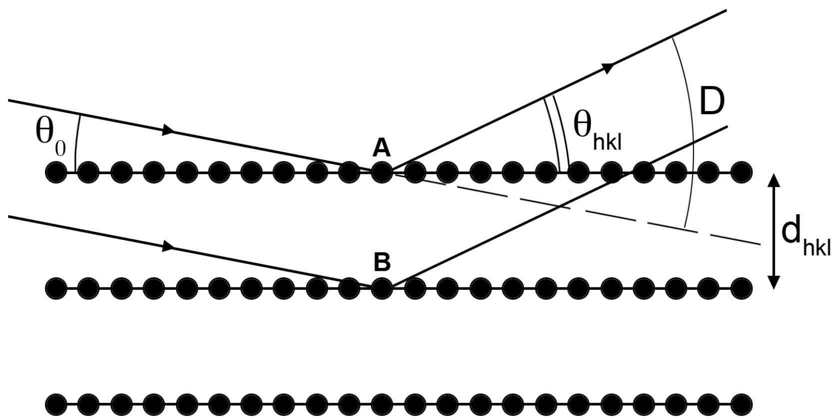


FIGURE 2 – Diffraction par une famille de plans réticulaires.

1. En considérant que les plans atomiques se comportent comme des miroirs pour l'onde incidente, donner la relation entre θ_{hkl} et θ_0.
2. En utilisant les résultats obtenus dans la partie A, retrouver alors la loi de Bragg donnant les conditions pour lesquelles l'intensité diffractée est maximale :

$$m\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta_{hkl} \qquad \text{(avec } m \in \mathbb{N}\text{)}$$

3. Quelle condition doit remplir d_{hkl} pour l'onde incidente soit diffractée par la structure cristalline ?
4. Lorsque les plans (hkl) du cristal se trouvent en condition de diffraction (condition de Bragg), quel est l'angle entre le faisceau indicent et le faisceau diffracté ?
5. On réalise à présent une expérience de diffraction en illuminant un cristal à l'aide d'un faisceau de rayons X de longueur d'onde $\lambda = 1,54\,\text{Å}$.
Au cours de l'expérience, le cristal effectue une rotation θ sur lui même tandis qu'un détecteur effectue conjointement une rotation 2θ autour du même axe.
Des *maxima* d'intensité sont obtenus pour les valeurs suivantes de l'angle θ :

θ (°)	20,24	29,30	36,82	43,79	50,69

   (a) Quel est l'intérêt de faire tourner le détecteur d'un angle 2θ lorsque le cristal tourne d'un angle θ ?
   (b) En supposant que la diffraction a lieu à l'ordre 1 (*i.e.* $m = 1$), quelles sont les distances interéticulaires d_{hkl} correspondant aux intensités mesurées ?
   (c) Le cristal étudié est un échantillon métallique présentant une structure cristalline cubique. S'agit-il selon vous de molybdène de paramètre de maille $a_{Mo} = 3,147\,\text{Å}$ ou de tungstène de paramètre de maille $a_W = 3,1652\,\text{Å}$?

Rappel : Pour une structure cubique de paramètre de maille a : $d_{hkl} = a/\sqrt{N}$, avec $N = h^2 + k^2 + l^2$