Année universitaire 2014/2015

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

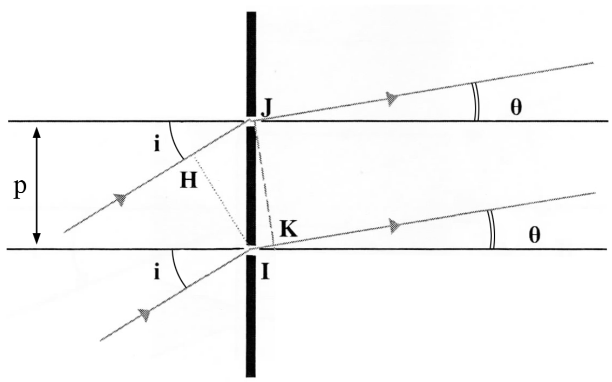
Partie optique physique (copie séparée)

Spectrométrie à réseau

La spectrométrie optique constitue un outil puissant pour connaitre la structure électronique des atomes et des molécules. Les analyses chimiques des contrôles de processus industriels, les analyses biomédicales, les analyses de pollutions atmosphériques sont pour une grande part faites par spectrométrie optique.

On considère dans la suite un spectromètre à réseau qui permet de disperser les lumières polychromatiques en diffractant les différentes composantes spectrales selon des angles différents. Le réseau du spectromètre est constitué d'un écran percé de fentes très fines, identiques, parallèles et séparées d'une distance p.

Le réseau est illuminé par un faisceau parallèle avec un angle d'incidence i ; l'angle de diffraction est noté θ (*cf.* schéma ci-dessous).



1. Exprimer en fonction de p, i et θ la différence de marche δ entre les deux rayons représentés sur la figure précédente.
2. En déduire l'expression du déphasage $\Delta\varphi$ entre 2 ondes de longueur d'onde λ diffractées par deux fentes successives selon l'angle θ.
3. Pour quelle(s) condition(s) obtient-on des interférences constructives entre ces ondes ? En tenant compte du signe de l'angle θ (les rayons diffractés peuvent être situés au dessus ou en-dessous de la normale au plan du réseau), justifier que la relation fondamentale des réseaux s'écrit :

$$k\lambda = p\,(\sin(i) \pm \sin(\theta))$$

4. Que vaut la déviation D (angle entre le faisceau incident et le faisceau diffracté) ?
5. On se place dans des conditions telles que $i \neq 0$.
   (a) Déterminer la condition sur i pour laquelle la déviation D est minimale.
   (b) En déduire la relation entre D et λ dans les conditions de déviation minimale.

6. On se place maintenant en condition d'incidence normale ($i = 0$).
   (a) Donner, dans ces conditions, l'expression de D à l'ordre k en fonction de p et λ.
   (b) On désigne par λ_{min} et λ_{max} les bornes extrêmes du spectre visible.
   Donner en fonction de p, λ_{min} et λ_{max} la valeur d'ordre k_l limite au-delà de laquelle un recouvrement partiel des spectres de diffraction risque de se produire.
   Faire l'application numérique pour $\lambda_{min} = 380\,\text{nm}$, $\lambda_{max} = 750\,\text{nm}$ et $p = 10\,\mu\text{m}$.

Spectrophotométrie d'absorption

Un spectrophotomètre est constitué d'une source munie d'un filtre monochromateur, d'une cuve transparente de largeur l=1 cm dans laquelle on place différentes solutions à analyser et d'un système de mesure constitué d'un capteur, d'un amplificateur et d'un analyseur.

Les solutions contiennent un colorant à différentes concentrations. Les mesures d'absorbance, réalisées à la longueur d'onde 580 nm, sont reportées en fonction de la concentration massique ρ dans le tableau ci-dessous :

ρ (mg.L^{-1})	0,60	1,50	2,40	3,00	4,50	6,00
A	0,075	0,250	0,420	0,515	0,775	1,040

1. Définir la transmittance T et l'absorbance A d'une solution.
2. Comment est choisie la longueur d'onde utilisée pour effectuer les mesures ?
3. Sachant que la masse molaire du violet cristalisé est $M = 408,19\,g.mol^{-1}$, déterminer la valeur du coefficient d'absorption molaire du violet cristallisé obtenue à partir de cette série de mesures.
4. La mesure d'une solution de violet cristallisé de concentration inconnue, réalisée dans les mêmes conditions donne $A = 0,531$. Déterminer la concentration molaire C de cette solution.

Partie électromagnétisme (copie séparée)

Loi de Coulomb

1. Rappeler l'expression de la loi de Coulomb, précisant l'expression de l'amplitude F de la force exercée dans l'air par un corps de charge q_1 sur un corps de charge q_2 qui lui est séparé d'une distance r. On note $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ la constante électrostatique et utilisera $\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ F/m pour valeur numérique de la permittivité de l'air.
2. Préciser la direction et le sens des forces $\vec{F}_{12}$ et $\vec{F}_{21}$ en fonction des signes respectifs des charges, le vecteur $\vec{F}_{12}$ désignant la force exercée par q_1 sur q_2 et $\vec{F}_{21}$ la force exercée par q_2 sur q_1. Faire un schéma pour un cas de deux forces attractives, en précisant le signe choisi pour chacune des charges.
3. Pourquoi la loi de Coulomb ne s'applique-t-elle pas directement aux interactions entre deux molécules, comme deux molécules d'eau ?

Potentiel dipolaire Dans une molécule d'eau, chacune des deux liaisons oxygène-hydrogène est représentée par deux charges électriques δ^+ et $\delta^-/2 = -\delta^+$, égales et opposées, et séparées d'une distance d. Nous étudions une de ces liaisons.

1. Donner l'expression du potentiel électrique $V(M)$ créé par les deux charges δ^+ en H et $\delta^-/2$ en O en un point d'observation M en fonction de δ^+, $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ et des distances OM et HM.
2. Donner la forme d'une surface équipotentielle de votre choix pour ce système de deux charges.
3. Préciser sur cette surface la direction et le sens du champ électrique $\vec{E}(M)$ qui dérive du potentiel $V(M)$.
4. On donne l'expression des distances OM et HM en fonction de d, $r = CM$ la distance entre M et C le centre du segment OH, et $\theta = (\overrightarrow{OH}, \overrightarrow{CM})$ l'angle entre les vecteurs $\overrightarrow{OH}$ et $\overrightarrow{CM}$:

$$OM = r\sqrt{1 + \frac{d}{r}\cos\theta + \frac{1}{4}\left(\frac{d}{r}\right)^2} \qquad HM = r\sqrt{1 - \frac{d}{r}\cos\theta + \frac{1}{4}\left(\frac{d}{r}\right)^2} \tag{1}$$

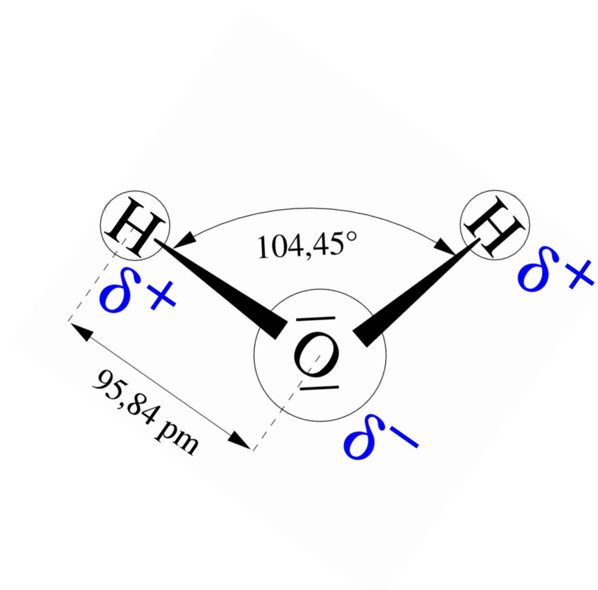
5. Montrer à l'aide du développement limité $(1+x)^\alpha \simeq 1+\alpha x$ au voisinage de $x=0$, qu'au premier ordre,

$$OM - HM \simeq d\cos\theta \qquad OM \times HM \simeq r^2 \tag{2}$$

6. En déduire l'expression du moment dipolaire électrique p de la liaison tel que le potentiel dans l'approximation dipolaire $r \gg d$ s'écrive :

$$V_{r\gg d}(M) \simeq \frac{p\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \tag{3}$$

Moment dipolaire électrique de la molécule d'eau



1. Calculer le moment dipolaire électrique p_ℓ d'une des deux liaisons OH de la molécule d'eau, avec $d = 95,84\cdot 10^{-12}$m et $\delta^+ = e/3,07$ où $e = 1,6\ 10^{-19}C$ est le quantum de charge.
2. Le vecteur moment dipolaire électrique de chaque liaison est le vecteur de longueur p_ℓ colinéaire à la droite reliant les deux charges, et orienté depuis le charge négative vers la charge positive. Faire un schéma représentant la molécule et les vecteurs moments dipolaires électriques de ses deux liaisons.
3. Sachant que les moments dipolaires s'additionnent comme des vecteurs, faire un schéma représentant la molécule et son vecteur moment dipolaire électrique total $\vec{p}_m$.
4. Donner la valeur du moment dipolaire électrique total $p_m = \|\vec{p}_m\|$ de la molécule d'eau. L'angle entre les deux liaisons vaut $\alpha = 104,45°$.

Dipôle de Hertz Le champ électrique complexe créé par un dipôle électrique oscillant à la pulsation ω avec une amplitude complexe $\vec{p}$ vaut :

$$\vec{E}(M) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{\omega^2}{c^2}(\vec{p}-(\vec{p}\cdot\vec{u})\vec{u}) + \left(\frac{i\omega}{cr}-\frac{1}{r^2}\right)(\vec{p}-3(\vec{p}\cdot\vec{u})\vec{u})\right\}\frac{e^{i\omega(\frac{r}{c}-t)}}{r} \tag{4}$$

avec c la vitesse de la lumière dans le vide, $r = PM$ la distance entre le centre P du dipôle et le point d'observation M, et $\vec{u} = \overrightarrow{PM}/r$ le vecteur unitaire dirigé depuis P vers M : $\vec{u}\cdot\vec{u} = 1$.

1. Quelle partie $\vec{E}_{HF}$ de ce champ électrique prédomine en régime haute-fréquence ?
2. Comment ce champ haute-fréquence décroît-il avec la distance ?
3. Montrer que ce champ haute-fréquence est une onde transverse, c'est-à-dire de fonction d'onde $\vec{E}_{HF}$ orthogonale au vecteur d'onde $\vec{k} = \frac{\omega}{c}\vec{u}$.
4. Faire un schéma indiquant le vecteur d'onde $\vec{k}$, le champ électrique $\vec{E}_{HF}$ et $\vec{B}_{HF}$ le champ magnétique associé à cette onde électromagnétique.