

N° d'Anonymat :

Singier

21/11

L253

138/13



Licence de Chimie

Institut de Chimie - UMR 7177 CNRS/ULP - 4, rue Blaise Pascal - F 67000 Strasbourg

Professeur Roberto Marquardt 0(033)3.90.24.13.07 (direct) 0(033)3.90.24.15.89 (fax) roberto.marquardt@chimie.u-strasbg.fr

Examen en Interactions Ondes et Matière

Date : 21/01/2008

Durée : 1h30

Lieu : Amphi Forestier

Nombre de pages : 4

Remarques :

- Le numéro d'anonymat est obligatoire. Écrivez-le sur chaque feuille.
- Avant de commencer à résoudre les exercices, lisez attentivement le texte entier.
- Il n'est pas nécessaire de résoudre les questions dans l'ordre.
- Le barème des questions est indiqué par les valeurs \boxed{n} dans les cases.
- Tous documents sont permis. L'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire 86.228 du 28/07/1986. Tout échange de calculatrice et documents entre les candidats est interdit.

1 Questions de cours

$\boxed{3}$

Crocher la bonne réponse, sans justifier :

	vrai	faux
Dans une onde électromagnétique d'état de polarisation linéaire, la force du champ électrique ne change que le long d'une droite.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La direction de propagation d'une onde électromagnétique est donnée par la force du champ électrique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une onde électromagnétique monochromatique est nécessairement égale à une onde plane.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une molécule chirale peut faire tourner la polarisation d'une onde électromagnétique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dans une molécule, les positions des atomes sont toujours fixes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un atome peut absorber du rayonnement électromagnétique à n'importe quelle fréquence, il suffit que l'intensité du rayonnement soit importante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Ondes

6

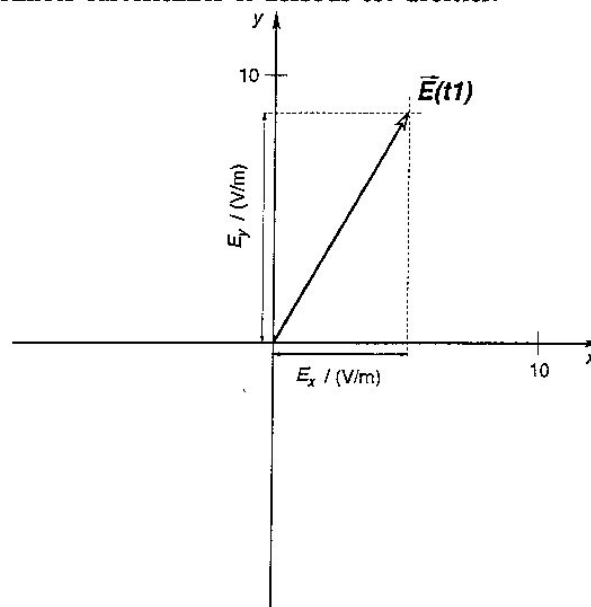
Soit $\vec{E}(x, y, z, t)$ le vecteur de la force du champ électrique d'une onde électromagnétique plane donné par ses composantes E_x , E_y et E_z de la forme suivante :

$$\begin{aligned} E_x &= 5,00 \text{ V/m} \cos(kz - \omega t) \\ E_y &= 8,66 \text{ V/m} \cos(kz - \omega t) \\ E_z &= 0,00 \text{ V/m}. \end{aligned}$$

Le vecteur d'ondes possède l'amplitude $k = 0,146 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ et pointe en direction de l'axe z . Questions : (ne donner que les 3 premiers chiffres significatifs)

- Calculer la longueur d'onde λ , la fréquence ν , la fréquence circulaire ω , ainsi que le nombre d'onde $\tilde{\nu}$ de ce rayonnement. Dans quelle région spectrale se trouve-t-il ?
- Le système de coordonnées ci-dessous montre le plan xy (pour $z = 0$), ainsi que le vecteur \vec{E} en unité de volt par mètre à l'instant $t_1 = 0 \text{ fs}$. Calculer la période T du rayonnement en unité de fs et dessiner, dans le même graphique, le vecteur \vec{E} pour $z = 0$ à l'instant $t_2 = 1/3 T$. Indiquer ce vecteur avec le symbole $\vec{E}(t_2)$.
- Est-ce que le rayonnement est polarisé ? Si oui, quel est l'état de polarisation ?
- Calculer la magnitude du champ magnétique pour $z = 0$ à l'instant $t_1 = 0 \text{ fs}$ et $t_2 = 1/3 T$ en unité de tesla. Dessiner, dans le graphique donné ci-dessous, la direction du champ magnétique, à partir de l'origine, à ces deux instants. Indiquer ces directions avec les symboles $\vec{B}(t_1)$ et $\vec{B}(t_2)$, respectivement.
- Calculer l'intensité moyenne du rayonnement.

Données : constante électrique $\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1} \text{ J}^{-1}$, célérité $c \approx 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Le système de coordonnées cartésiennes ci-dessous est droitier.



3 Matière

6

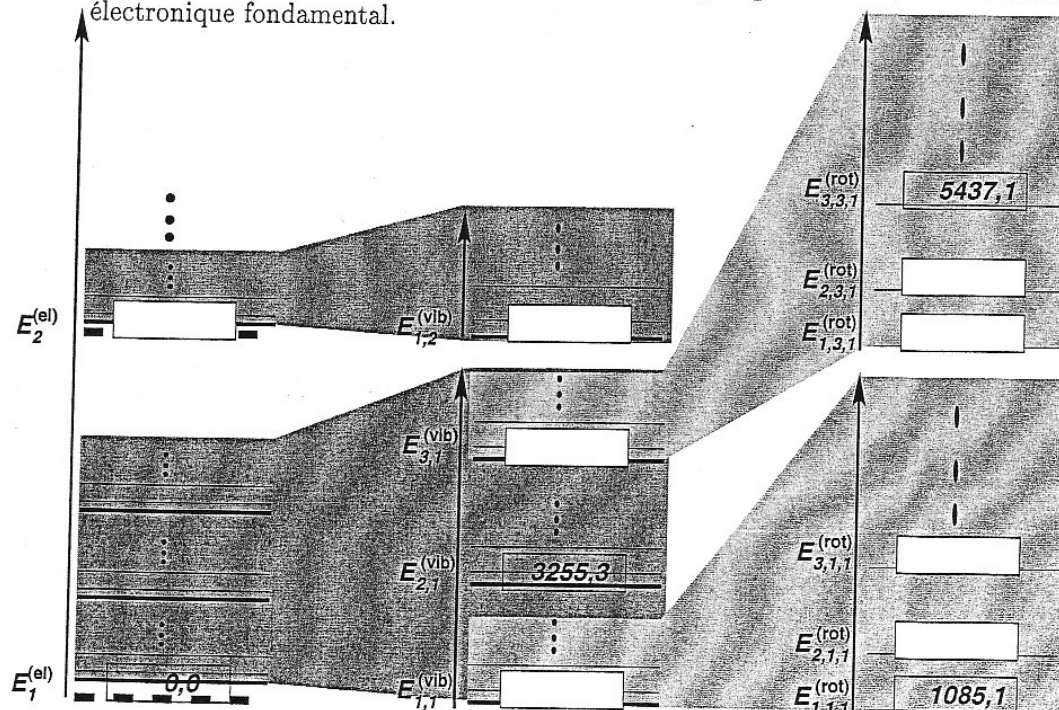
Dans une première approximation, l'énergie d'un état quantique de la molécule CO (isotopologue $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$) est donné par la somme des énergies des mouvements électronique, vibrationnel et rotationnel. Les paramètres dans le tableau suivant permettent de calculer les nombres d'onde correspondant à ces énergies :

	niveau électronique 1	niveau électronique 2
$E^{\text{el}}/(\text{hc cm}^{-1})$	0,0	65074,8
$\tilde{\nu}/\text{cm}^{-1}$	2170,2	1516,6
d_{CO}/pm	112,8	123,5
$I/\text{u Å}^2$		
B/cm^{-1}		

$$m_{^{12}\text{C}} = 12 \text{ u}, m_{^{13}\text{C}} = 13,003 \text{ u}, m_{^{16}\text{O}} = 15,995 \text{ u}.$$

Questions : (ne donner que le premier chiffre décimal après la virgule)

- Calculer les moments d'inertie I puis compléter le tableau ci-dessus à l'aide de l'expression $B = 16,858 \text{ cm}^{-1} / (I/(\text{u Å}^2))$. Comment appelle-t-on B ?
- Calculer à l'aide des données ci-dessus les nombres d'onde $E/(\text{hc cm}^{-1})$ correspondant aux énergies dans les cases indiquées dans le diagramme ci-dessous et compléter-les.
- Calculer le nombre d'onde vibrationnel de l'isotopologue $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ dans le niveau électronique fondamental.



4 Interaction ondes et matière

5

- a) Dans une transition d'émission à partir d'un état initial i d'une molécule de CO se trouve dans un état excité initial i . Lors d'une transition d'émission vers l'état (rotationnel, vibrationnel et électronique) fondamental, elle émet un photon de nombre d'onde $2174,1 \text{ cm}^{-1}$. Trouvez, parmi les états quantiques dont les énergies ont été calculées dans le diagramme de la question 3, le nombre d'onde et les nombres quantiques de l'état initial i de cette transition.
- b) Cette transition est due à une interaction du moment dipolaire électrique avec le rayonnement. La section efficace intégrée de cette transition est déterminée expérimentalement et possède la valeur $0,15 \text{ pm}^2$. Donner les valeurs du coefficient d'Einstein A_{if} et du moment de transition électrique M_{if} correspondants.
- c) Supposez que la molécule se trouve dans l'état initial excité i et dans un espace où il n'y a pas de rayonnement, ni d'autre matière. Est-ce que la molécule restera toujours dans cet état ? Justifier la réponse en proposant éventuellement une réaction qui décrit le mécanisme de perte d'énergie et donner une valeur pour le temps de demi-réaction.
- d) Un spectroscopiste affirme, de façon peut-être trop superficielle : "La molécule de CO possède une transition électronique à $65074,8 \text{ cm}^{-1}$." Est-ce vrai ou faux ? Justifier votre réponse à l'aide du diagramme complété de la question 3.