QUESTIONS

a. Quelle est l'influence de la masse sur la période des oscillations du système ?
b. Quelle est l'influence de la constante de raideur du ressort sur la période des oscillations du système ?
c. Vérifier que l'élongation initiale n'a pas d'influence sur la période des oscillations du ressort.
d. Déterminer par analyse dimensionnelle les valeurs des coefficients α et β dans l'expression de la période $T = cm^{\alpha}k^{\beta}$.
c est une constante sans dimension.
e. Vérifier la pertinence de l'expression obtenue avec les résultats expérimentaux.

Doc. 3. Généralisation

Lorsque l'on considère un ressort horizontal de constante de raideur k dont les deux extrémités sont reliées à deux objets de masses différentes m_1 et m_2, on observe un mouvement analogue à celui du cas du système masse-ressort vertical. On peut alors démontrer que la période des oscillations libres observées lorsque les frottements sont négligeables s'exprime selon :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\mu}{k}}$$

où $\mu = \dfrac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}$ est la masse réduite du système.

QUESTIONS Partie B.

a. Que devient cette formule quand les deux masses sont égales ?
b. Que devient cette formule quand l'une des deux masses est négligeable devant l'autre ?

C. Étude simplifiée du principe de la spectroscopie infrarouge

Dans un modèle simple, on peut considérer que chaque liaison chimique d'une molécule se comporte comme un système masses-ressort dont la constante de raideur correspond à la force de la liaison chimique. Une radiation (dans le domaine de l'infrarouge) ne peut alors être absorbée qu'à condition que son nombre d'onde coïncide avec la période des oscillations libres de la liaison chimique.

DONNÉES

Masses molaires :
- $M(O) = 16{,}0\ g \cdot mol^{-1}$
- $M(C) = 12{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

Constante d'Avogadro $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$

QUESTIONS Partie C.

1. Calculs préliminaires
a. Rappeler le lien entre le nombre d'onde σ et la longueur d'onde λ, puis entre la longueur d'onde et la période T d'une onde électromagnétique.
b. En déduire le lien entre le nombre d'onde et la période d'une onde électromagnétique.
c. Application. Dans le cas du monoxyde de carbone, la bande relative à l'élongation de la liaison CO se situe aux alentours de 2 170 cm^{-1}. Estimer la valeur de la constante de raideur associée à la liaison triple CO.

2. Influence de la masse réduite
a. Comment justifier que le nombre d'onde d'un type de liaison donné dépende avant tout de la nature des deux atomes impliqués, et finalement assez peu des autres atomes de la molécule ?
b. Comment, néanmoins, justifier simplement que pour un aldéhyde, on observe une bande caractéristique (fine et intense) de la liaison C=O centrée entre 1 720 et 1 740 cm^{-1} alors que pour une cétone, cette même bande apparaît plutôt entre 1 710 et 1 720 cm^{-1} ?
c. Comment expliquer que la position de la bande relative à la liaison O–H d'un alcool, la chaîne carbonée reliée à l'atome d'oxygène n'ait quasiment aucun effet sur la position de la bande caractéristique en phase gazeuse (3 600 cm^{-1}).

3. Influence de la force de la liaison
On relève expérimentalement que les positions des bandes d'absorption relatives à l'élongation de liaisons engageant au moins un atome de carbone dépend avant tout de la multiplicité de cette liaison :
C≡C / C≡O / C≡N : environ 2 200 cm^{-1}
C=C / C=O / C=N : environ 1 700 cm^{-1}
C–C / C–O / C–N : environ 1 000 cm^{-1}
a. Prouver que ces observations ne peuvent pas s'interpréter par l'influence de la masse réduite.
b. En déduire que la force d'une liaison dépend avant tout de la multiplicité de cette liaison.
c. Préciser comment évolue la force d'une liaison avec cette multiplicité.

5 Une utilisation de la spectroscopie de RMN du proton en médecine : la SRM (7 points)

d'après La Spectrométrie du Proton par Résonance Magnétique Nucléaire in Vivo, N. ElTannir, C. David, Projet DESS "TBH", UTC, 01-02, URL : http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/01_02/Projets/spectrometrie/spectrometrie.htm

PROBLÉMATIQUE

Comment la spectroscopie de RMN du proton peut-elle apporter des informations sur un tissu vivant, constitué d'un grand nombre d'espèces ?

Doc. Spectres de RMN de quelques espèces naturelles

L'IRM n'est pas la seule utilisation de la spectroscopie de RMN dans le domaine de la médecine. La SRM (Spectroscopie par Résonance Magnétique) est une utilisation de la spectroscopie de RMN *in vivo*, souvent en complément de l'IRM. La SRM du proton est surtout utilisé pour effectuer des diagnostics sur le cerveau. Elle peut permettre d'identifier la nature d'une tumeur détectée lors d'un examen par IRM, en détectant des variations de concentrations de certaines espèces chimiques présentes dans le cerveau. Certaines biopsies peuvent être remplacées par des procédures de SRM nettement moins invasives et douloureuses.
L'image par résonance magnétique, en IRM, est réalisée essentiellement à partir de la fréquence de résonance des protons de l'eau présente en grande quantité dans le corps humain. La SRM permet de mesurer les fréquences de résonance des protons d'autres espèces chimiques présentes dans l'organisme, en supprimant le signal provenant des protons de l'eau.
Parmi les principales espèces chimiques étudiées en SRM du proton, on trouve :

la Choline (Cho), dont la présence dans une concentration supérieure à la normale peut traduire la prolifération de cellules membranaires dans le cas d'une tumeur.

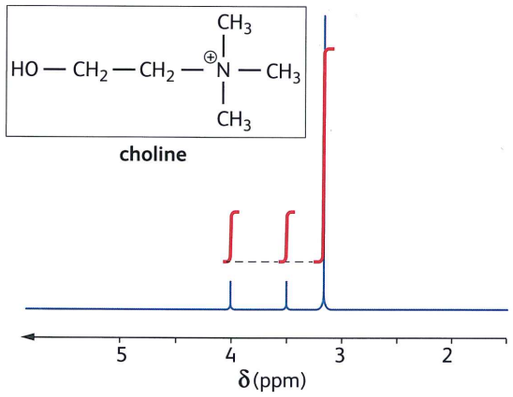

Fig. 1. Spectre de RMN du proton de la choline.

Le Lactate (Lac), normalement non détecté dans les spectres relatifs à des cerveaux sains. Les tumeurs malignes cérébrales sont traduites par une augmentation de la concentration en lactate.

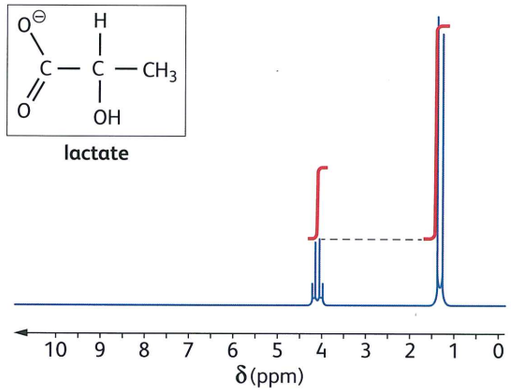

Fig. 2. Spectre de RMN du proton du lactate.

La Créatine (Cr), souvent utilisée comme référence en SRM, sa concentration étant peu affectée lors d'une pathologie.

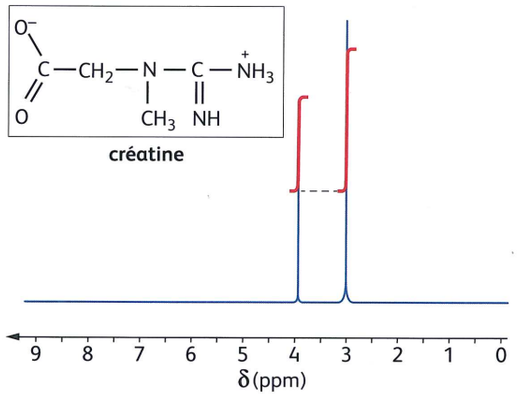

Fig. 3. Spectre de RMN du proton de la créatine.