

DE LA LIAISON COVALENTE À LA SPECTROSCOPIE INFRAROUGE

(Adapté d'un ancien problème de bac)

Consigne individuel puis en petit groupe (pour la production d'un poster).

Elaborer les questions... puis les résoudre...

Les vibrations des liaisons de valence sont à l'origine des spectres d'absorption dans l'infrarouge proche. Une molécule absorbe de façon intense les ondes électromagnétiques dont la fréquence est proche d'une valeur appelée « fréquence propre de vibration » de la liaison covalente. Les atomes liés se mettent alors à vibrer autour de leur position d'équilibre. Un modèle simple de la liaison chimique covalente qualifié de « modèle à oscillateur harmonique » (voir document 1) assimile la liaison entre deux atomes à une liaison solide-ressort.

1. Période propre d'un oscillateur harmonique

On étudie un dispositif solide-ressort, schématisé dans les documents 2 et 3. L'une des extrémités d'un ressort de raideur k est maintenue fixe. L'autre extrémité est reliée à un solide de masse m . La masse oscille autour de sa position d'équilibre avec une période notée T , appelée « période propre ». Les données sont présentées dans les documents 2 et 3.

2. Spectre infrarouge

On assimile la liaison covalente O-H à un oscillateur harmonique de constante de raideur $k = 7,2 \times 10^2 \text{ N.m}^{-1}$ et de masse réduite m_r . On peut montrer que la masse réduite (document 4) peut s'exprimer sous la forme :

$$m_r = \frac{M(\text{O}) \times M(\text{H})}{(M(\text{O}) + M(\text{H})) \times N_A}$$

Données :

Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

DOCUMENTS

Document 1 : Approximation de l'oscillateur harmonique

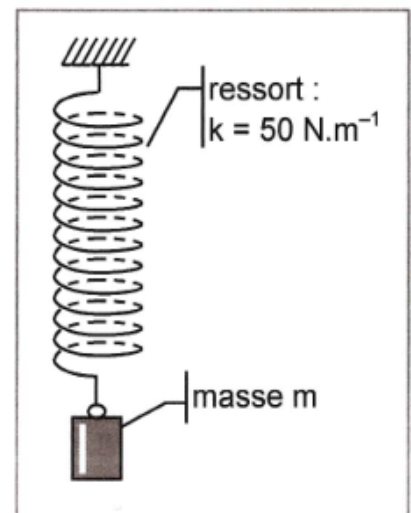
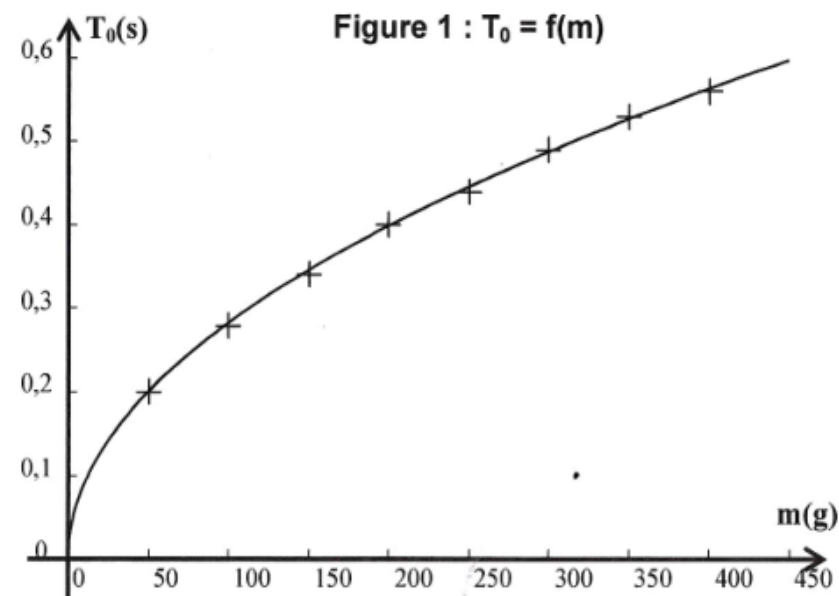
Une liaison peut être assimilée à un ressort de constante de raideur k_r et de longueur à l'équilibre r_e .

Document 2 : Étude expérimentale du dispositif solide-ressort : influence de m

On étudie l'influence de la masse m du solide suspendu au ressort sur la période propre T_0 des oscillations. On utilise un ressort de constante de raideur $k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ et on relève la période propre T_0 des oscillations pour différentes masses m :

m (g)	50	100	150	200	250	300	350	400
T_0 (s)	0,20	0,28	0,34	0,40	0,44	0,49	0,53	0,56

Puis on trace la courbe : $T_0 = f(m)$

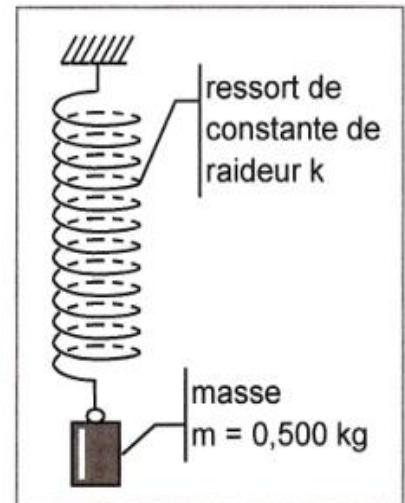
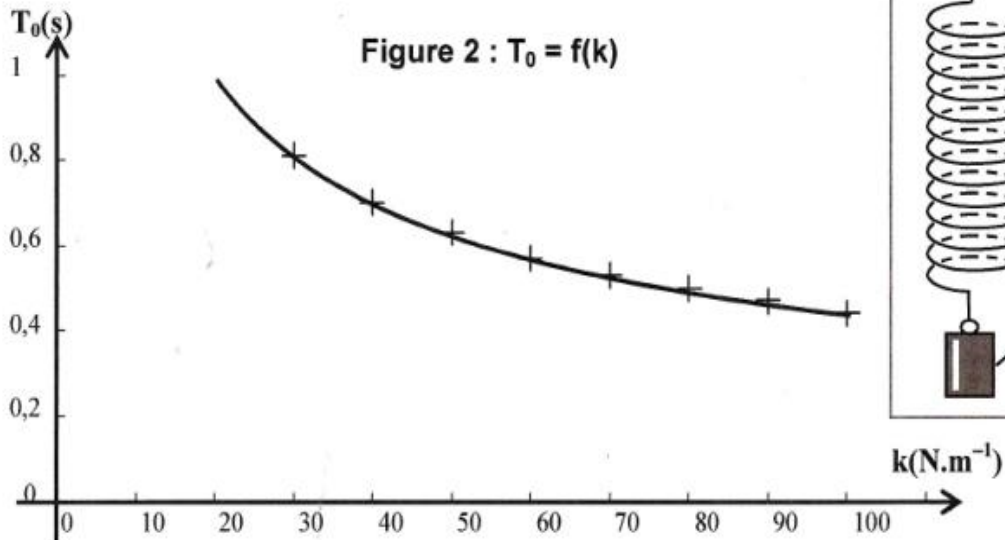


Document 3 : étude expérimentale du dispositif solide-ressort : influence de k

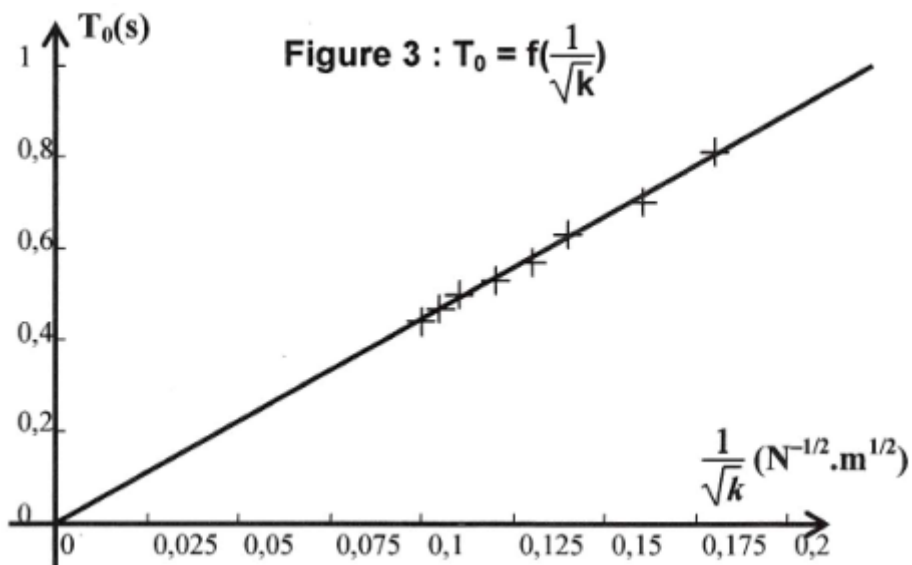
À l'aide du dispositif expérimental utilisé dans le document 2, on étudie ensuite l'influence de la constante de raideur k du ressort sur la période propre T_0 des oscillations. Pour cela on utilise un solide de masse $m = 0,500$ kg et on relève la période propre T_0 des oscillations du dispositif solide-ressort pour différents ressorts de constantes de raideur k :

k ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$)	30	40	50	60	70	80	90	100
T_0 (s)	0,81	0,70	0,63	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44

On trace T_0 en fonction de k :



On trace à présent T_0 en fonction de $\frac{1}{\sqrt{k}}$:



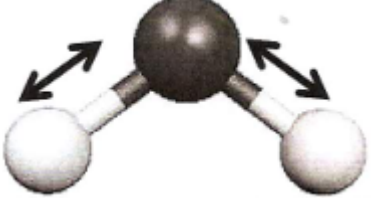
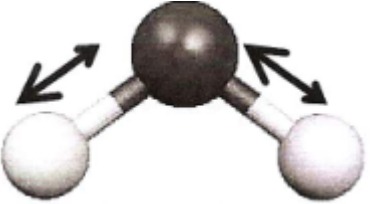
Document 4 : Oscillateur solide-ressort

Un ressort lié à chaque extrémité à des masses m_A et m_B est équivalent à un oscillateur dont une extrémité est fixe et dont la masse m_r , dite masse réduite, fixée à l'extrémité du ressort

$$\text{est : } m_r = \frac{m_A \times m_B}{m_A + m_B}.$$

Document 5 : Spectre infrarouge de la vapeur d'eau

La molécule à l'état de vapeur absorbe du rayonnement, notamment dans l'infrarouge. Elle présente trois modes normaux de vibration, tous dans le domaine infrarouge proche :

<p>un mode de vibration d'élongation (stretching) symétrique situé à 3652 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $2,74\text{ }\mu\text{m}$).</p> <p>Les deux liaisons s'allongent et se raccourcissent simultanément.</p>	
<p>un mode de vibration d'élongation (stretching) antisymétrique situé à 3756 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $2,66\text{ }\mu\text{m}$).</p> <p>Lorsqu'une liaison s'allonge, l'autre se raccourcit et vice-versa.</p>	
<p>un mode de vibration de déformation (dit de cisaillement) situé à 1595 cm^{-1} (soit pour une longueur d'onde de $6,27\text{ }\mu\text{m}$).</p> <p>L'angle entre les liaisons H-O-H oscille.</p>	