

TD – Oscillateurs harmoniques

Remarque : exercice avec \star : exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des “ce qu’il faut savoir faire”) | $[\bullet \circ \circ]$: difficulté des exercices

I Vrai-faux/questions courtes _____ \star | $[\bullet \circ \circ]$

1 - Rappel : on utilise la formule $\vec{F} = -k(l - l_0)\vec{u}_{\text{ext}}$.

Cas 1 : ici $l = x$ et $\vec{u}_{\text{ext}} = \vec{e}_x$, donc

$$\vec{F} = -k(x - l_0)\vec{e}_x.$$

Cas 2 : ici $l = x_H - x$ (l doit être positif, or ici $x_H > x$) et $\vec{u}_{\text{ext}} = -\vec{e}_x$, donc

$$\vec{F} = +k(x_H - x - l_0)\vec{e}_x.$$

Cas 3 : ici $l = x - x_H$ et $\vec{u}_{\text{ext}} = \vec{e}_x$, donc

$$\vec{F} = -k(x - x_H - l_0)\vec{e}_x.$$

Cas 4 : ici $l = |z| = -z$ (l doit être positive car c’est la longueur du ressort) et $\vec{u}_{\text{ext}} = -\vec{e}_z$, donc

$$\vec{F} = k(-z - l_0)\vec{e}_z.$$

Cas 5 : ici $l = z$ et $\vec{u}_{\text{ext}} = \vec{e}_z$, donc

$$\vec{F} = -k(z - l_0)\vec{e}_z.$$

V Vibration d’une molécule de HCl

1 - L’atome de chlore est 35 fois plus lourd que celui d’hydrogène, il ne se déplacera donc pas beaucoup.

2 - On peut redémontrer l’équation habituelle pour le mouvement d’une masse accrochée à un ressort, et aboutir à l’expression de la pulsation $\omega_0 = \sqrt{k/m}$.

On en déduit $k = m\omega_0^2 = 4\pi^2 m f^2 = 4\pi^2 \frac{M_H}{N_A} f^2 = 475 \text{ N m}^{-1}$.

3 - Énergie $E = \frac{1}{2}hf = 2,8 \times 10^{-20} \text{ J}$. Il s’agit de l’énergie mécanique totale $E_m = E_p + E_c$ du système, qui se conserve au court du mouvement car pas de phénomènes dissipatifs.

Lorsque le ressort est à l’équilibre on a $E_p = 0$, d’où $E_c = E_m$ et on inverse pour obtenir

$$v = \sqrt{2E_m/m}.$$

4 - L’amplitude est maximale lorsque l’énergie cinétique est nulle (à l’extrémité du mouvement) : on a alors $\frac{1}{2}kx_{\text{max}}^2 = E_m$, d’où

$$x_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2E_m}{k}} = 10,9 \text{ pm}.$$

L’énoncé indique que la longueur d’équilibre de la liaison est $l_0 = 127 \text{ pm}$. Nous avons montré que la molécule oscille autour de cette position d’équilibre avec une amplitude de 10 pm environ, donc de près de 10% de la longueur d’équilibre.