Composition 01 – Physique-Chimie – 2025/26 - Corrigé

Exercice 1 – (06 points)

Nuisances sonores aériennes

1.a. Mesure de $5\lambda_0$ sur le schéma A : la distance correspondant à $5\lambda_0$ est environ 2,45 fois plus grande que le segment d'échelle mesurant 1,0 m. Ainsi, $5\lambda_0 = 2{,}45$ m et $\lambda_0 = 0{,}49$ m. **0,5 p**
On procède de même pour λ'. On obtient $\lambda' = 0{,}33$ m. **0,5 p**

b. Longueur d'onde et fréquence sont reliées par :

$\lambda = \dfrac{v_{son}}{f}$. Donc $f = \dfrac{v_{son}}{\lambda}$.

$f_0 = \dfrac{v_{son}}{\lambda_0}$ soit $f_0 = \dfrac{345\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{0{,}49\ \text{m}} = 7{,}0 \times 10^2$ Hz. **0,5 p**

$f' = \dfrac{v_{son}}{\lambda'}$ soit $f' = \dfrac{345\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{0{,}33\ \text{m}} = 1{,}0 \times 10^3$ Hz. **0,5 p**

c. Le décalage Doppler est $\Delta f = f_R - f_E$ avec f_E fréquence de l'onde sonore émise, ici f_0 et f_R fréquence de l'onde reçue lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie, ici f'.

$\Delta f = f' - f_0 = \dfrac{345\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{0{,}33\ \text{m}} - \dfrac{345\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{0{,}49\ \text{m}} = 3 \times 10^2$ Hz. **0,5 p**

Le décalage Doppler Δf est positif, donc l'hélicoptère se rapproche de l'observateur situé au point O.

2. Grâce à la formule $\Delta f = f_0 \times \dfrac{v_{hélico}}{v_{son} - v_{hélico}}$ donnée dans l'énoncé, on obtient :

$$v_{son} - v_{hélico} = f_0 \times \frac{v_{hélico}}{\Delta f}$$

$$f_0 \times \frac{v_{hélico}}{\Delta f} + v_{hélico} = v_{son}$$

$$v_{hélico} \times \left(\frac{f_0}{\Delta f} + 1\right) = v_{son}$$

$$v_{hélico} = \frac{v_{son}}{\dfrac{f_0}{\Delta f} + 1} = \frac{v_{son}}{\dfrac{f_0}{f' - f_0} + 1} = \frac{v_{son}}{\dfrac{f_0 + f' - f_0}{f' - f_0}}$$

$$v_{hélico} = \frac{v_{son} \times \left(\dfrac{v_{son}}{\lambda'} - \dfrac{v_{son}}{\lambda_0}\right)}{\dfrac{v_{son}}{\lambda'}} = \lambda' \times \left(\frac{v_{son}}{\lambda'} - \frac{v_{son}}{\lambda_0}\right)$$

$$v_{hélico} = v_{son} \times \left(1 - \frac{\lambda'}{\lambda_0}\right) = 345\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \times \left(1 - \frac{0{,}33\ \text{m}}{0{,}49\ \text{m}}\right)$$

soit environ $1{,}1 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ **1 p**

3.a. Le niveau d'intensité sonore à 10 m de l'hélicoptère est :

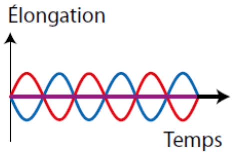
$$L_2 = 10 \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{1{,}2 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}\right) = 91 \text{ dB.}$$ **0,5 p**

b. L'atténuation du son est :
$A = L_{proche} - L_{éloigné}$
$A = 97$ dB – 91 dB = 6 dB. **0,5 p**

4. Le phénomène d'interférences permet d'expliquer l'atténuation du niveau sonore dans le casque. Si les deux signaux sonores qui interférent au niveau du casque sont en opposition de phase alors l'amplitude du signal résultant est plus faible que celle des signaux interférant.
L'amplitude du signal résultant peut même être nulle si les amplitudes des signaux interférant sont égales :

0,5 p



Son extérieur
Signal en opposition de phase
Signal résultant

5.a. Le phénomène de diffraction peut être pris en compte car l'ouverture de la porte est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde du son émis par l'hélicoptère. **0,5 p**

b. L'angle caractéristique θ est donné par la relation :

$\sin\theta = \dfrac{\lambda_0}{a}$; d'où $\sin\theta = \dfrac{0{,}49\ \text{m}}{0{,}80\ \text{m}}$ soit $\theta = 38°$. **0,5 p**

Exercice 2 - Datation d'une roche (10 points)

1. Le rubidium 87, un isotope radioactif adapté pour dater une roche

Q1. Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons mais ont un nombre de neutrons différent. **1 p**

Q2. On a la désintégration du rubidium 87 en strontium 87 :

$$^{87}_{37}\mathrm{Rb} \longrightarrow {}^{87}_{36}\mathrm{Sr} + \mathrm{e}^- \qquad \textbf{1 p}$$

Q3. Par l'augmentation du numéro atomique lors de la désintégration, on peut affirmer qu'il s'agit d'une désintégration β^-. **1 p**

Q4. Le temps de demi-vie d'un isotope est le temps nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux d'une population donnée (donc le temps $t_{1/2}$ tel que $N(t = t_{1/2}) = N_0/2$). **1 p**

Q5. On cherche le nombre maximal n_M de demi-vies marquant la limite de détection. Si on divise par deux le nombre de noyaux à chaque demi-vie, cela signifie qu'après $n \geq 0$ demi-vies, il reste :

$$N(n) = \frac{N_0}{2^n} \qquad \textbf{0,5 p}$$

Et alors :

$$N(n) = N_{\min} = 2,0 \times 10^9 \iff \frac{N_0}{2^n} = 2,0 \times 10^9 \iff \boxed{\frac{N_0}{2,0 \times 10^9} = 2^n}$$

Et comme on nous précise que que $\frac{5,8\times10^{20}}{2,0\times10^9} \in [2^{38}; 2^{39}]$, on peut affirmer que le nombre de noyaux sera insuffisant pour permettre la détection au-delà de <u>38 demi-vies</u>. **0,5 p**

Q6. En prenant en compte la durée d'une demi-vie de l'isotope étudié, on peut calculer :

$$38t_{1/2} = 38 \times 49,2 \times 10^9 = \underline{1,9 \times 10^{12}\,\text{ans}} \qquad \textbf{0,5 p}$$

Et comme la roche du site de Meymac n'aura pas plus de 2000 milliards d'années, le rubidium 87 est bien adapté à la datation. **0,5 p**

2. Datation radioactive au rubidium 87 dans une roche

Remarque : pour alléger la notation, on pose $N_R(t) = N_{\mathrm{Rb}}(t)$ et $N_S(t) = N_{\mathrm{Sr}}(t)$.

Q7. Soit $N_R(t) = N_R(0)e^{-\lambda t}$ la solution proposée. Dans ce cas, on a bien :

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}\,N_R(t)}{\mathrm{d}\,t} = -\lambda N_R(0)e^{-\lambda t} = -\lambda N_R(t)} \qquad \textbf{0,5 p}$$

La fonction proposée est donc bien solution de l'équation différentielle.

Q8. On a t_f tel que $N_R(t = t_f) = N_{\min}$. Alors avec l'expression de la solution, il vient :

$$N_R(t_f) = N_{\min} \implies N_R(0)e^{-\lambda t_f} = N_{\min} \implies e^{-\lambda t_f} = \frac{N_{\min}}{N_0} \qquad \textbf{0,5 p}$$

Et finalement, comme $\frac{N_{\min}}{N_0} > 0$, en passant au logarithme :

$$-\lambda t_f = \ln\left(\frac{N_{\min}}{N_0}\right) \implies \boxed{t_f = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N_{\min}}{N_0}\right)}$$ **0,5 p**

Q9. D'où,

$$t_f = -\frac{1}{1,41\times10^{-11}}\times\ln\left(\frac{2,0\times10^{9}}{5,8\times10^{20}}\right) = \underline{1,9\times10^{12}\,\text{ans}}$$ **0,5 p**

On remarque donc que notre première estimation était plutôt bonne, le résultat est identique.

3. Datation d'une roche du site de Meymac au strontium 87

Q10. Comme chaque noyau de rubidium forme un noyau de strontium, il vient très logiquement :

$$\boxed{N_{S,\text{formé}}(t) = N_R(0) - N_R(t)} \qquad (3)$$ **0,5 p**

Q11. On a la solution à l'équation différentielle modélisant la désintégration du rubidium :

$$N_R(t) = N_R(0)e^{-\lambda t} \implies N_R(0) = N_R(t)e^{\lambda t}$$

Et en injectant ce résultat dans (3), il vient :

$$N_{S,\text{formé}}(t) = N_R(t)e^{\lambda t} - N_R(t) \implies \boxed{N_{S,\text{formé}}(t) = N_R(t)\left(e^{\lambda t}-1\right)}$$ **0,5 p**

Q12. Par lecture graphique, et d'après la forme proposée pour l'équation 3, il vient :

$$e^{\lambda t_{\text{roche}}} - 1 = 0,0042 \implies e^{\lambda t_{\text{roche}}} = 1,0042 \implies \boxed{t_{\text{roche}} = \frac{1}{\lambda}\ln(1,0042)}$$ **0,5 p**

D'où,

$$t_{\text{roche}} = \frac{1}{1,41\times10^{-11}}\ln(1,0042) = \underline{2,97\times10^{8}\,\text{ans}}$$ **0,5 p**

Exercice 3 – Décomposition de l'acide nitreux (04 points)

1.

		$HNO_{2\,(aq)}$ →	$NO_{(g)}$ +	$2H^+_{(aq)}$ +	$NO_3^-{}_{(aq)}$	
Av.	**Quantité de matière…**	**…de HNO_2**	**…de NO**	**…de H^+**	**…de NO_3^-**	
0	**…apportée à l'état initial**	$6{,}25 \times 10^{-2}$ mol	0	0	0	
x	**…en cours de réaction**	$6{,}25 \times 10^{-2} - 2x$	x	$2x$	x	
$x_f = x_{max} = 3{,}125 \times 10^{-2}$ mol	**…présente à l'état final**	0	$3{,}125 \times 10^{-2}$ mol	$6{,}25 \times 10^{-2}$ mol	$3{,}125 \times 10^{-2}$ mol	1 p

2.

$$v_{D(HNO_2)} = -\frac{d[HNO_2]}{dt} \quad \text{et} \quad v_{A(NO_3^-)} = \frac{d[NO_3^-]}{dt}$$

On trace les tangentes à la courbe et on calcule leurs coefficients directeurs :

$$v_{D(HNO_2)}(0) = -\frac{0{,}625 - 0}{0 - 20} = \mathbf{3{,}1} \times 10^{-2}\ \text{mol·L}^{-1}\text{·h}^{-1}$$ 0,5 p

$$v_{A(NO_3^-)}(0) = \frac{0{,}40 - 0}{40 - 0} = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol·L}^{-1}\text{·h}^{-1}$$ 0,5 p

3.

Les deux courbes se coupent à la date t_1 = 25 **h** 0,25 p
À cette date, $[HNO_2] = [NO_3^-] = 0{,}200$ mol·L^{-1} donc 0,25 p
$[H^+] = 2[NO_3^-] = 0{,}400$ mol·L^{-1} et il y a eu dégagement 0,25 p
de $n_{NO} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol de NO. 0,25 p

4.

$$v_{D(HNO_2)} = -\frac{d[HNO_2]}{dt} \quad \text{et} \quad v_{A(NO_3^-)} = \frac{d[NO_3^-]}{dt}$$

On trace les tangentes à la courbe et on calcule leurs coefficients directeurs :

$$v_{D(HNO_2)}(25) = -\frac{0 - 0{,}200}{50 - 25} = \mathbf{8{,}3 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}.h^{-1}}$$ 0,5 p

$$v_{A(NO_3^-)}(25) = \frac{0{,}200 - 0{,}080}{25 - 0} = \mathbf{4{,}8 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}.h^{-1}}$$ 0,5 p