

Exercice 1 : Un thermomètre et un saut de grenouille

(Partie A) → Thermomètre de Galilée

1- Principe de fonctionnement

1.1 : * Système étudié : { boule 1 }

* Référentiel d'étude : référentiel terrestre supposé galiléen

* Bilan des forces extérieures qui s'appliquent au système étudié :

- le poids $\vec{P}$ de la boule $\left\{ \begin{array}{l} \text{pt d'application : centre de gravité } G \\ \text{direction : verticale} \\ \text{sens : vers le centre de la Terre} \\ \text{norme : } P = m_{\text{boule}} \times g \end{array} \right.$

- la poussée d'Archimède $\vec{\pi}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{pt d'application : centre de gravité } G \\ \text{direction : verticale} \\ \text{sens : vers le haut} \\ \text{norme : } \pi = P_{\text{fluide déplacé}} \end{array} \right.$

Rqve : la boule est immobile dans l'huile : $\vec{P} + \vec{\pi} = \vec{0}$

1.2 : * $P = m_{\text{boule}} \times g = \rho \times V_b \times g$

* $\pi = P_{\text{fluide déplacé}} = \rho_l(T) \times V_b \times g$

1.3 : Pour rester immobile dans le référentiel terrestre, les forces qui s'appliquent à la boule doivent se compenser c'est à dire $\vec{P} + \vec{\pi} = \vec{0}$

$\Leftrightarrow \vec{P} = -\vec{\pi}$. En norme $P = \pi$

$\Leftrightarrow \rho \times V_b \times g = \rho_l(T) \times V_b \times g \quad \Leftrightarrow \quad \rho = \rho_l(T)$

1.4 : * Si $\rho > \rho_l$ alors $P > \pi$ et les boules restent en bas.

* Si $\rho < \rho_l$ alors $\pi > P$ et les boules restent en haut de la colonne.

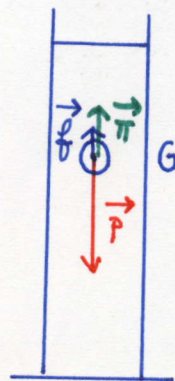
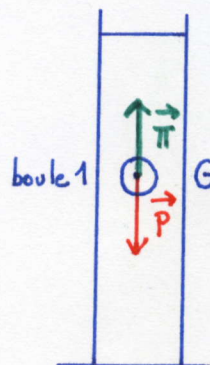
1.5 : lorsque la température du liquide augmente alors $\rho_l(T)$ diminue (cf texte introductif de l'énoncé) et ρ devient supérieure à $\rho_l(T)$ - la valeur du poids de la boule 1 devient supérieure à celle de la poussée d'Archimède : la boule 1 descend dans le liquide.

2- Étude du mouvement d'une boule

2.1 : * Système étudié : { boule }

* Référentiel d'étude : référentiel terrestre supposé galiléen

* les forces extérieures sont toujours $\vec{P}$ et $\vec{\pi}$ auxquelles vient s'ajouter la force de frottement fluide $\vec{f}$



→ pt d'application : centre de gravité G
 $\vec{f}$ direction : celle du mouvement ($\vec{f} = -k\vec{v}$)
 sens : opposé à celui du mouvement ($\vec{f} = -k\vec{v}$)
 norme : $f = k \times v$

d.2 : D'après la 2^e loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m_{boule} \times \vec{a}$

$$\Leftrightarrow \vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m \times \vec{a}$$

Projection sur axe Oz (axe du mv): $P_z + \pi_z + f_z = m \times a_z = m \times \frac{dv_z}{dt}$

$$P_z = +P ; \pi_z = -\pi ; f_z = -f ; v_z = +v$$

$$\text{D'où : } P - \pi - f = m \times \frac{dv}{dt}$$

$$\text{Il vient alors : } mg - \rho_L(\tau) V_b g - kv = m \frac{dv}{dt}$$

$$\text{Finalement : } \left(\frac{dv}{dt} = -\frac{k}{m} v + g \left(1 - \frac{\rho_L(\tau) V_b}{m} \right) \right)$$

L'équation différentielle est bien de la forme $\frac{dv}{dt} = A - Bv$

$$\text{avec } A = g \left(1 - \frac{\rho_L(\tau) V_b}{m} \right)$$

$$B = \frac{k}{m}$$

d.3 : lorsque la vitesse limite de la boule est atteinte : $v = v_{lim} = \text{constante}$
 et $\frac{dv}{dt} = \frac{dv_{lim}}{dt} = 0$

$$\text{On a alors } \frac{dv_{lim}}{dt} = 0 = A - Bv_{lim} \text{ d'où } v_{lim} = \frac{A}{B}$$

$$\text{A.N: } v_{lim} = \frac{9,5 \times 10^{-3}}{7,3 \times 10^{-1}} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{d.4} * \Delta v(t_0) = a(t_0) \times \Delta t = \left(\frac{dv}{dt} \right)_{t_0} \times \Delta t = (A - Bv(t_0)) \times \Delta t$$

$$\Delta v(t_0) = (9,5 \cdot 10^{-3} - 7,3 \cdot 10^{-1} \times 0) \times 0,10 = 9,5 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$$

$$* v(t_1) = v(t_0) + \Delta v(t_0) = 0 + 9,5 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1} = 9,5 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$$

$$* v(t_2) = v(t_1) + \Delta v(t_1) = 9,5 \times 10^{-4} + 8,8 \times 10^{-4} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$$

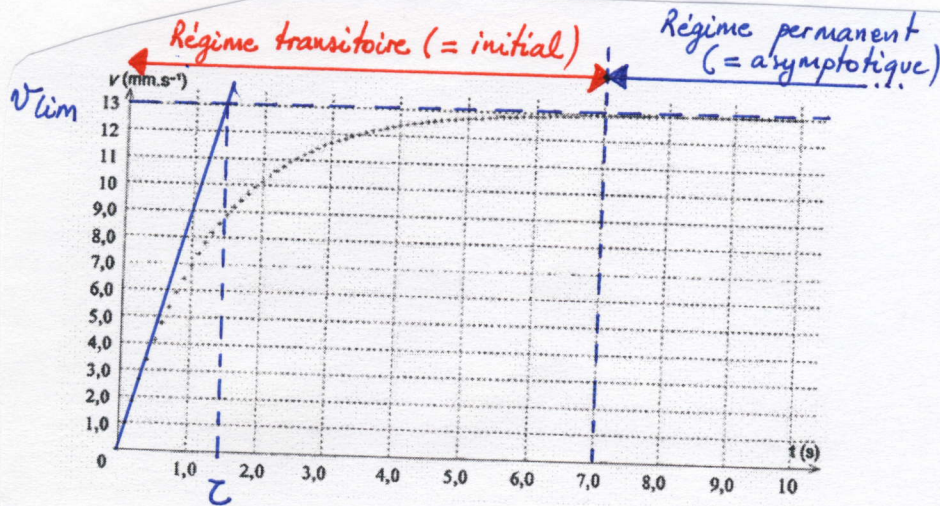
$$* \Delta v(t_2) = a(t_2) \times \Delta t = \left(\frac{dv}{dt} \right)_{t_2} \times \Delta t = (A - Bv(t_2)) \times \Delta t$$

$$\Delta v(t_2) = (9,5 \cdot 10^{-3} - 7,3 \cdot 10^{-1} \times 1,8 \cdot 10^{-3}) \times 0,10 = 8,2 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$$

Dates t en s	Vitesse v(t _n) en m.s ⁻¹	Δv(t _n) en m.s ⁻¹
t ₀ = 0	0	9,5 × 10 ⁻⁴
t ₁ = 0,10	9,5 × 10 ⁻⁴	8,8 × 10 ⁻⁴
t ₂ = 0,20	1,8 × 10 ⁻³	8,2 × 10 ⁻⁴

2.5 : Voir courbe ci-dessous

3



2.6 : Le temps caractéristique est l'abscisse du point d'intersection entre l'asymptote $v = v_{\text{lim}}$ et la tangente au point 0 de la courbe $v = f(t)$.
Graphiquement, on trouve : $\tau = 1,5 \text{ s}$.

2.7 : Le pas Δt doit être "petit" devant le temps caractéristique du mouvement.

Partie B → Saut d'une grenouille

$$1) \vec{v}_g = \frac{G_8 G_{10}}{2 \Delta t} = \frac{(2,9 \times 2) \cdot 10^{-2}}{2 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\vec{v}_{11} = \frac{G_{10} G_{12}}{2 \Delta t} = \frac{(3,2 \times 2) \cdot 10^{-2}}{2 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \text{ m.s}^{-1}$$

2) $\vec{v}_g$ } pt d'application : G_8
direction : celle de la droite ($G_8 G_{10}$)
sens : celui du mvt
norme : $v_g = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$

Avec l'échelle des vecteurs vitesse, $\vec{v}_g$ sera représenté par un vecteur de 3 cm de long

Idem pour $\vec{v}_{11} \leftrightarrow 3,2 \text{ cm}$

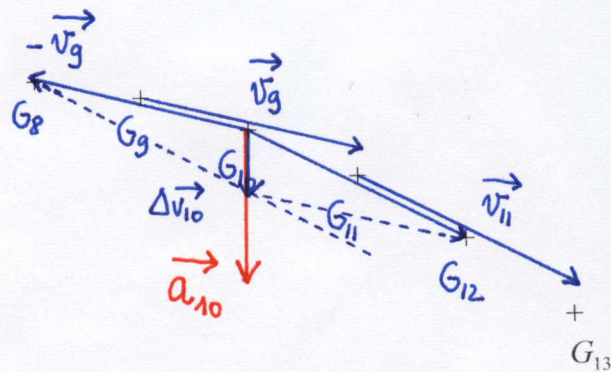
3) Sur la construction $\Delta \vec{v}_{10}$ mesure 0,8 cm donc $\Delta v_{10} = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$

$$4) a_{10} = \frac{\Delta v_{10}}{2 \Delta t} = \frac{0,4}{2 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

$\vec{a}_{10}$ } pt d'application : G_{10}
direction : celle de $\Delta \vec{v}_{10}$
sens : celui de $\Delta \vec{v}_{10}$
norme : 10 m.s^{-2}

Avec l'échelle des vecteurs accélération, $\vec{a}_{10}$ sera représenté par un vecteur de 2 cm de long

Echelle : 1/2



Exercice 2: Propriétés des solutions d'ammoniac

1.1: Préparation de la solution diluée S

* le facteur de dilution vaut $F = 100$

* lors d'une dilution, la quantité de soluté (ici ammoniac) ne varie pas

$$n_{\text{soluté prélevé de } S_0} = n_{\text{soluté de } S} \iff C_0 \times V_{S_0} = C_S \times V_S$$

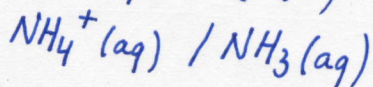
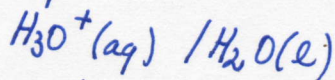
$$F = \frac{C_0}{C_S} = \frac{V_S}{V_{S_0 \text{ prél}}} = 100 \text{ d'où } \left(V_{S_0 \text{ prél}} = \frac{V_S}{100} \right) \text{ A.N: } V_{S_0 \text{ prél}} = \frac{1,00}{100} = 10,0 \text{ mL}$$

Pour la dilution, il faut une pipette jaugée de 10,0 mL munie de son pipeteur.
une fiole jaugée de 1,00 L
un bécier pour le prélèvement.

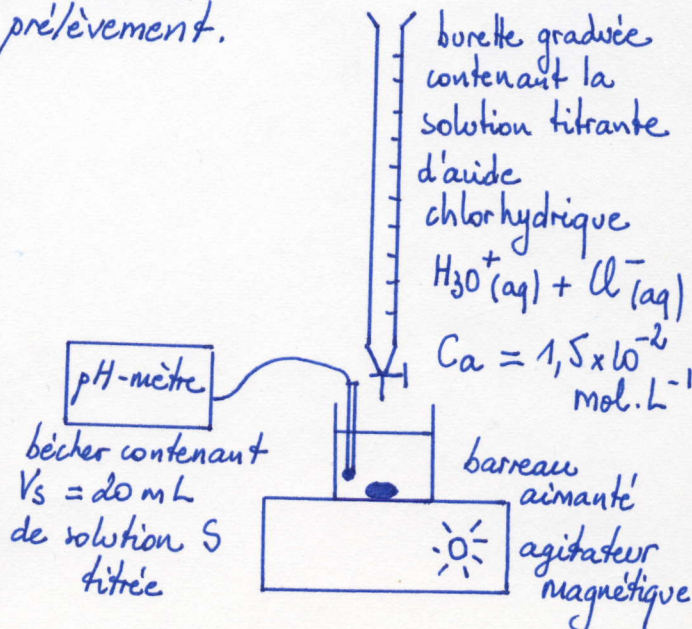
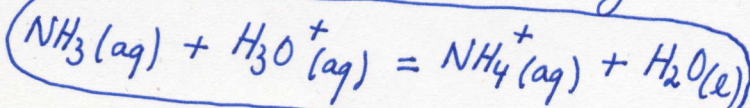
1.2: Titrage de la solution diluée S

1.2.1: Schéma légendé voir ci - contre

1.2.2: Couples acide / base mis en jeu



Equation de la réaction de titrage:



1.2.3 : Détermination des concentrations

1.2.3.a : À l'équivalence, la courbe dérivée $\frac{dpH}{dV_a} = f(V_a)$ présente un extrémum. L'abscisse de cet extrémum donne la valeur du volume de solution aide versé à l'équivalence.

Graphiquement, on lit : $V_{aE} = 14 \text{ mL}$

1.2.3.b : * L'équivalence est l'état final du système où il y a changement de réactif limitant.

* Dans l'état final de l'équivalence : $n_{NH_3}^i - x_E = 0$ (ET) $n_{H_3O^+}^{versé à E} - x_E = 0$

On en déduit : $n_{NH_3}^i = n_{H_3O^+}^{versé à E}$

$$\Leftrightarrow C_s \times V_s = C_a \times V_{aE} \quad \Leftrightarrow C_s = \frac{C_a \times V_{aE}}{V_s}$$

A.N: $C_s = \frac{1,5 \times 10^{-2} \times 14}{20} = 1,1 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$

* $C_0 = 100 \times C_s = 100 \times 1,1 \times 10^{-2} = 1,1 \text{ mol. L}^{-1}$

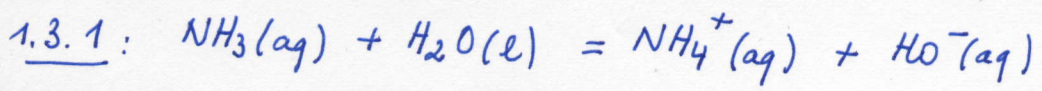
* $C_0 = 1,1 \text{ mol. L}^{-1}$: on retrouve la donnée de l'exercice.

1.2.4 : D'après la courbe $pH = f(V_a)$, on lit graphiquement qu'à l'équivalence $pH_E \approx 6$.

• On doit choisir un indicateur coloré dont la zone de virage contient la valeur de pH_E . Ici, on choisirait le rouge de méthyle.

• L'équivalence serait repérée par un passage d'une coloration jaune à rouge du milieu réactionnel.

1.3 : Étude de l'équilibre dans la solution diluée S



1.3.1.a : Par définition $K = Q_{r,eq}$

$$K = \frac{[NH_4^+]_{eq} \times [HO^-]_{eq}}{[NH_3]_{eq}}$$

1.3.1.b : $K = \frac{[NH_4^+]_{eq} \times [HO^-]_{eq}}{[NH_3]_{eq}} \times \frac{[H_3O^+]_{eq}}{[H_3O^+]_{eq}}$

$$K = \frac{[NH_4^+]_{eq}}{[NH_3]_{eq} \times [H_3O^+]_{eq}} \times [HO^-]_{eq} \times [H_3O^+]_{eq}$$

$K = \frac{1}{K_{a2}} \times K_e$ d'où $K = \frac{K_e}{K_{a2}}$

A.N: $K = \frac{K_e}{K_a} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pK_a}} = 10^{pK_a - pK_e}$

$K = 10^{9,2 - 14} = 10^{-4,8} = 1,6 \times 10^{-5}$

6

1.3.2 : Composition de S

Equation		NH ₃ (aq) + H ₂ O(l) = NH ₄ ⁺ (aq) + HO ⁻ (aq)			
Etat	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)			
Etat initial	0	C _S x U _S	Excès	0	0
Etat final	x _{eq}	C _S U _S - x _{eq}	Excès	x _{eq}	x _{eq}

1.3.2.a

1.3.2.b $K = \frac{[NH_4^+]_{eq} \times [HO^-]_{eq}}{[NH_3]_{eq}} = \frac{\left(\frac{x_{eq}}{U_S}\right) \times \left(\frac{x_{eq}}{U_S}\right)}{\left(\frac{C_S U_S - x_{eq}}{U_S}\right)}$

$K \approx \frac{\frac{x_{eq}^2}{U_S^2}}{C_S}$ car $C_S U_S - x_{eq} \approx C_S U_S$ (x_{eq} est négligeable devant $C_S U_S$)

Finalement, $K \approx \frac{x_{eq}^2}{C_S \times U_S^2}$

1.3.2.c : De la relation précédente, on en déduit $x_{eq} = \sqrt{K \times C_S \times U_S}$

$x_{eq} = U_S \sqrt{K \times C_S}$

⚠ $x_{eq} > 0$
seule solution possible en chimie

A.N: $x_{eq} = 1,0 \times \sqrt{1,6 \times 10^{-5} \times 1,1 \times 10^{-2}} = 4,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$

* $x_{eq} = 4,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ et $C_S U_S = 1,1 \times 10^{-2} \times 1,0 = 1,1 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$\frac{C_S U_S}{x_{eq}} = \frac{1,1 \times 10^{-2}}{4,2 \times 10^{-4}} = 26$: x_{eq} est négligeable devant $C_S U_S$.

1.3.3 : Etude conductimétrique

1.3.3.a : Par définition, la conductivité de la solution d'ammoniac s'exprime par : $\sigma = \lambda_{HO^-} [HO^-]_{eq} + \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+]_{eq}$

D'après le tableau d'avancement : $[HO^-]_{eq} = \frac{\lambda_{HO^-}^{eq}}{U_S} = \frac{x_{eq}}{U_S} = [NH_4^+]_{eq}$

D'où $\sigma = (\lambda_{HO^-} + \lambda_{NH_4^+}) [HO^-]_{eq}$

$[HO^-]_{eq} = [NH_4^+]_{eq} = \frac{\sigma}{\lambda_{HO^-} + \lambda_{NH_4^+}}$

$$\text{A.N.: } [\text{HO}^-]_{\text{eq}} = [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = \frac{8,52 \times 10^{-3}}{199 \cdot 10^{-4} + 73,4 \cdot 10^{-4}} = 3,13 \times 10^{-1} \text{ mol.m}^{-3} \quad (7)$$

On en déduit $[\text{HO}^-]_{\text{eq}} = [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = 3,13 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

1.3.3.b : * Par définition : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$

* Dans toute solution aqueuse, par définition du produit ionique de l'eau;

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = \frac{K_e}{[\text{HO}^-]_{\text{eq}}}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = -\log \frac{K_e}{[\text{HO}^-]_{\text{eq}}}$$

$$\text{A.N.: } \text{pH} = -\log \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{3,13 \cdot 10^{-4}}$$

$$\text{pH} = 10,5$$

Cette valeur est en accord avec le pH initial de la solution S mesuré sur la courbe $\text{pH} = f(V_a)$ quand $V_a = 0 \text{ mL}$.

Exercice 3 : Le polonium 210 (Pour les non spés...)

1) Un noyau de polonium 210 ${}^{210}_{84}\text{Po}$ est composé de $Z = 84$ protons et $N = A - Z = 210 - 84 = 126$ neutrons.

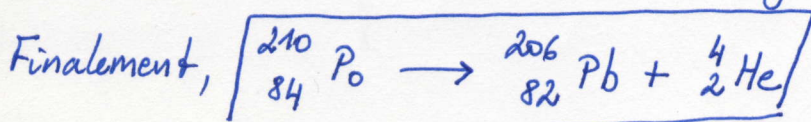
2) Lors d'une transformation nucléaire, les lois de Soddy sont respectées :

- conservation du nombre total de nucléons
- conservation de la charge électrique

Le polonium 210 est radioactif α : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$ (particule α)

• $210 = A + 4$ d'où $A = 206$

• $84 = Z + 2$ d'où $Z = 82 \rightarrow$ noyau de plomb



3) Des noyaux isotopes sont des noyaux différents d'un même élément chimique. Ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent.

4) Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un noyau radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés : $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$

5) a) loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$

N_0 : nbre de noyaux radioactifs à $t=0$

λ : constante de désintégration radioactive en s^{-1}

$N(t)$: nbre de noyaux radioactifs à la date t .

b) $A(t) = - \frac{dN(t)}{dt}$ et $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \times N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N(t)$ d'où $A(t) = - \frac{dN(t)}{dt} = \lambda \times N(t)$

c) Par définition: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

A.N: $\lambda = \frac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600} = 5,80 \times 10^{-8} s^{-1}$ pour $^{210}_{84}Po$ ($t_{1/2} = 138j$)

6) a) * Par définition, $n = \frac{m}{M(^{210}Po)}$
 * Par définition, $N = n \times N_A$

$N = \frac{m}{M(^{210}Po)} \times N_A$

A.N: $N = \frac{1,00}{210} \times 6,022 \times 10^{23} = 2,87 \times 10^{21}$ noyaux

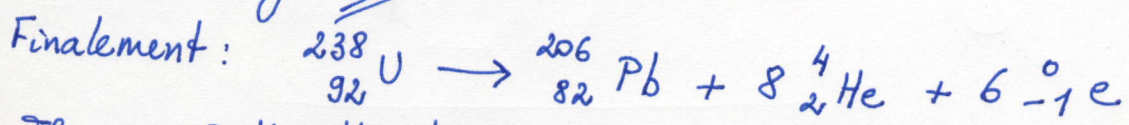
b) Un gramme de polonium 210 contient $2,87 \times 10^{21}$ noyaux et correspond à une activité $A = \lambda \times N = 5,80 \times 10^{-8} \times 2,87 \times 10^{21} = 1,66 \times 10^{14} Bq$ soit une activité de 166 000 milliards de becquerels.

7) • conservation du nombre total de nucléons:

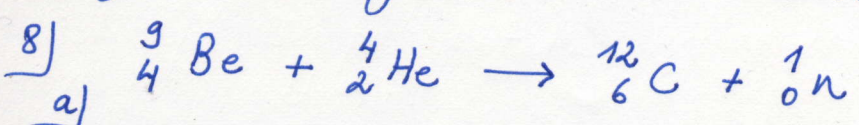
$238 = 206 + 4x + 0$ d'où $x = \frac{238-206}{4} = 8$

• conservation de la charge électrique:

$92 = 82 + 2x - y \iff 92 = 82 + 16 - y$
 d'où $y = 6$



Il y a 8 désintégrations α et 6 désintégrations β^- .



a) * Perte de masse du système $\Delta m = m_{finale} - m_{initiale}$
 * Energie de cette réaction $E = |\Delta E| = |\Delta m| \times c^2$

b) * $\Delta m = [m(^{12}_6C) + m(^1_0n)] - [m(^9_4Be) + m(^4_2He)]$

$$\Delta m = [11,99671 + 1,00866] - [9,00998 + 4,00151]$$

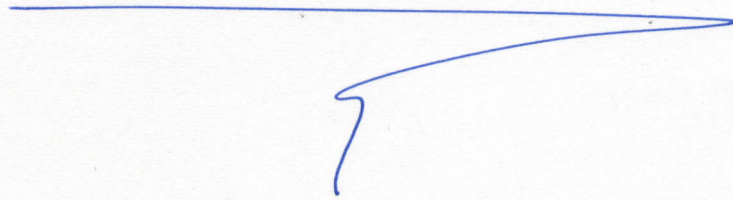
$$\Delta m = -6,12000 \times 10^{-3} \text{ u} = -1,0162 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

La perte de masse du système correspond à une perte d'énergie

$$\begin{aligned} \Delta E = \Delta m \times c^2 &= -1,0162 \times 10^{-29} \times (2,99792 \cdot 10^8)^2 \\ &= -9,1334 \times 10^{-13} \text{ J} \end{aligned}$$

La réaction libère une énergie de $9,1334 \times 10^{-13} \text{ J}$.

3) $\Delta E < 0$: l'énergie est perdue par le système et cédée au milieu extérieur



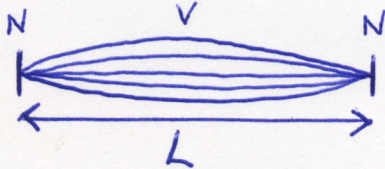
Exercice 3 : Acoustique musicale (Pour les spés...)

1. Emission d'un son

1.1 : Pour produire un son, les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique sont : vibrer et émettre.

1.2 : * Les cordes de la harpe permettent de créer une vibration sonore.
* La caisse de résonance de la harpe permet d'émettre l'onde sonore en amplifiant la vibration.

2.1 Allure de la corde lorsqu'elle vibre dans le mode fondamental :



La corde forme un fuseau de vibration, formé de deux nœuds et d'un ventre.

2.2 : Lorsque la corde vibre dans son mode fondamental, une onde stationnaire s'installe dans la corde. La condition de stabilité des ondes stationnaires est donc vérifiée : $L = n \times \frac{\lambda}{2}$

Ici, mode fondamental donc $n = 1$

Par conséquent $L = \frac{\lambda}{2}$

2.3 : Par définition de la longueur d'onde : $\lambda = v \times T = \frac{v}{f}$
d'où $f = \frac{v}{\lambda}$

Puisque $L = \frac{\lambda}{2}$ alors $\lambda = 2 \times L$ d'où $f = \frac{v}{2L}$

2.4 : D'après la question précédente : $v = 2 \times L \times f$

A.N : $v = 2 \times 72 \cdot 10^{-2} \times 440$

$v = 6,3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$

Rqve : $f_{la_3} = 440 \text{ Hz}$

2.5 : D'après les questions précédentes :

$L_1 = \frac{v}{2 \times f_1}$

A.N : $L_1 = \frac{6,3 \times 10^2}{2 \times 110} = 2,9 \text{ m}$

Par conséquent il faudrait une corde de 2,9 m de long, ce qui n'est pas envisageable.

$$2.6: f_1 = \frac{v}{2 \times L_1}$$

(11)

Pour L_1 fixée, f_1 peut être modifiée si la célérité v de l'onde est modifiée. Or $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ Pour diminuer la fréquence, il faut donc diminuer la célérité v de l'onde.

On peut donc agir sur :

- la tension T de la corde en la diminuant
- la masse linéique μ de la corde en l'augmentant (changer de corde)

2.7 : En soulevant la palette de l'une des cordes, on raccourcit la corde de quelques centimètres (cf texte introductif de l'énoncé)

$$f = \frac{v}{2L}$$

Les autres paramètres étant constants, si L diminue, la fréquence f du son émis par la corde augmente et le son sera plus aigu.

3.1 : La hauteur du son est la fréquence de son fondamental.

Graphiquement, on lit $f(\text{do}_2) = 130 \text{ Hz}$

3.2 : Les autres fréquences obtenues sont les fréquences des harmoniques

• $f(\text{harmonique}) = n \times f(\text{fondamental})$ où n est entier supérieur ou égal à 1

4.1 : Pour qu'il y ait effet de consonance, il faut que les deux notes jouées aient des harmoniques en commun.

$f(\text{harmoniques})$ pour do_2 : 130 Hz (260 Hz) 390 Hz (520 Hz) 650 Hz (780 Hz)

$f(\text{harmoniques})$ pour do_3 : (260 Hz) (520 Hz) (780 Hz)

Les notes do_2 et do_3 ont des harmoniques en commun : les deux notes $\text{do}_2 - \text{do}_3$ permettent d'obtenir un intervalle consonant.

4.2 : Soit L' , le niveau sonore pour les 2 notes : $I' = 2I$

$$L' = 10 \log \frac{I'}{I_0} = 10 \log \left(\frac{2I}{I_0} \right) = 10 \log 2 + 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 3 + 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Le niveau sonore L' n'est pas doublé mais augmenté de 3 dBA.