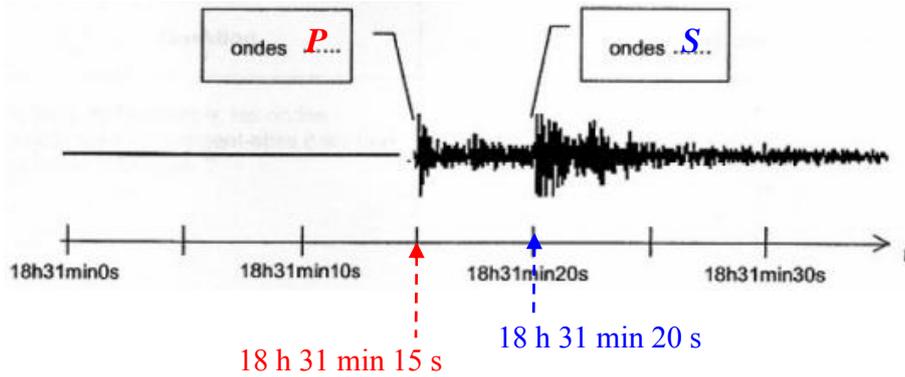


DS de sciences physiques (3h30) - correction

EXERCICE I : UN SÉISME DANS LE JURA

1. Étude d'un sismogramme

1.1.



Lors d'un séisme les ondes sont toutes émises à la date t_0 depuis un même point (l'épicentre).

Les ondes P ont une célérité moyenne $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ supérieure à la célérité des ondes S, $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$.

Le sismographe détecte donc en premier les ondes P puis après les ondes S.

1.2. Dates d'arrivée : - des ondes P: $t_p = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 15 \text{ s}$

- des ondes S: $t_s = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 20 \text{ s}$

1.3. Soit d la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit.

La célérité notée v_s des ondes S est: $v_s = \frac{d}{(t_s - t_0)}$ (1) La célérité notée v_p des ondes P est: $v_p = \frac{d}{(t_p - t_0)}$ (2)

1.4. Pour retrouver l'expression demandée il faut éliminer le terme t_0 . On a :

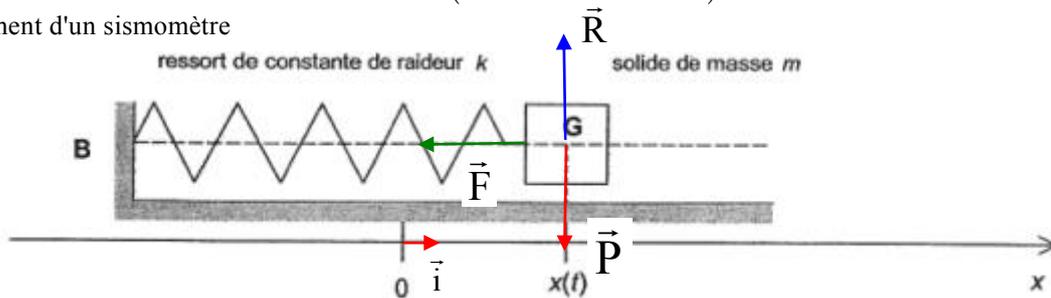
d'après (1) : $v_s \cdot (t_s - t_0) = d \Leftrightarrow v_s \cdot t_s - v_s \cdot t_0 = d \Leftrightarrow t_0 = t_s - \frac{d}{v_s}$ on reporte dans (2) : $v_p = \frac{d}{(t_p - t_0)} = \frac{d}{(t_p - t_s + \frac{d}{v_s})}$

il suffit maintenant d'isoler le terme d : $v_p \cdot \left(t_p - t_s + \frac{d}{v_s} \right) = d \Leftrightarrow v_p \cdot (t_p - t_s) + d \cdot \frac{v_p}{v_s} = d$

$\Leftrightarrow v_p \cdot (t_p - t_s) = d \cdot \left(1 - \frac{v_p}{v_s} \right) \Leftrightarrow \frac{v_p \cdot (t_p - t_s)}{\left(\frac{v_s - v_p}{v_s} \right)} = d$ finalement : $d = \frac{v_s \cdot v_p}{v_p - v_s} (t_s - t_p)$

1.5. Valeur numérique de d : $d = \frac{3,5 \times 10^3 \times 6,0 \times 10^3}{(6,0 \times 10^3 - 3,5 \times 10^3)} \times 5 = 42 \times 10^3 \text{ m} = 42 \text{ km}$

2. Fonctionnement d'un sismomètre



2.1 Le solide S est soumis à trois forces :
 - le poids \vec{P}
 - la réaction \vec{R} du support horizontal
 - la force de rappel du ressort $\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$

2.2 La période propre T_0 des oscillations libres du solide est $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. On note entre crochets [X] la dimension.

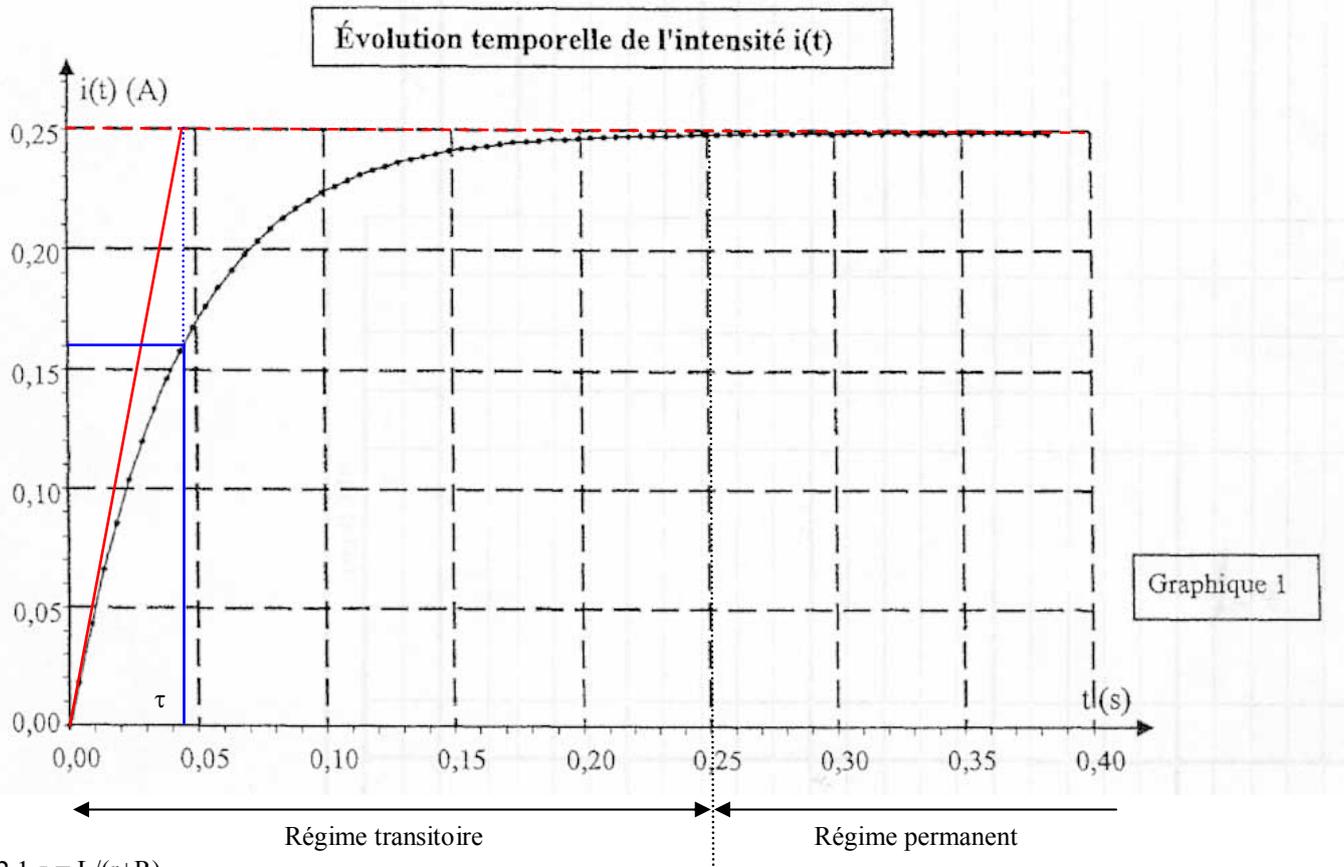
$F = k \cdot x = m \cdot a \quad k = \frac{m \cdot a}{x} \quad [k] = \frac{[M] \cdot [L] \cdot [T]^{-2}}{[L]} = [M] \cdot [T]^{-2}$ donc $[m/k] = \frac{[M]}{[M] \cdot [T]^{-2}} = [T]^2$

$[T_0] = \left[\sqrt{\frac{m}{k}} \right] = [T]$ L'expression de la période propre T_0 proposée est bien homogène à une durée.

EXERCICE II : UNE EQUATION AU SERVICE DES SCIENCES PHYSIQUES :

PARTIE A: Systèmes électriques

1.1. L'établissement du courant dans la bobine n'est pas instantané. Durant le régime transitoire, l'intensité du courant $i(t)$ augmente jusqu'à une valeur constante $I = 0,25$ A. Graphiquement on peut estimer la durée du régime transitoire à $\Delta t = 0,25$ s.



1.2.1 $\tau = L/(r+R)$

1.2.2 La relation précédente donne: $L = \tau.(R + r)$. Connaissant $R = 12 \Omega$ et $r = 11,8 \Omega$, il faut évaluer τ pour déterminer L .

1^{ère} méthode: tangente à l'origine: la tangente à l'origine coupe l'asymptote horizontale $i = I = 0,25$ A en un point d'abscisse $t = \tau$. Graphiquement, on lit: $\tau = 0,045$ s = 45 ms.

2^{nde} méthode: établissement du courant à 63 % dans la bobine: pour $t = \tau$, $i(\tau) = 0,63.I$

$i(\tau) = 0,63 \times 0,25 = 0,16$ A. On trace la droite $i(\tau) = 0,16$ A qui coupe la courbe $i(t)$ pour un point d'abscisse $t = \tau$.

Graphiquement, on lit: $\tau = 0,045$ s = 45 ms.

Finalement: $L = 45.10^{-3} \times (12 + 11,8) = 1,1$ H $L = 1,1$ H

2.1 La loi d'additivité des tensions donne: $E = u_{AB} + u_{BC}$.

Compte tenu du sens du courant, imposé par le générateur, il vient:

$$u_{AB} = r.i + L \cdot \frac{di}{dt} \quad u_{BC} = R.i \quad \text{donc: } E = r.i + L \cdot \frac{di}{dt} + R.i$$

finalement: $\frac{di}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right).i = \frac{E}{L}$

2.2 Par identification avec l'équation (1): $\frac{dx}{dt} + \alpha x = \beta$, pour laquelle $x \Leftrightarrow i$, il

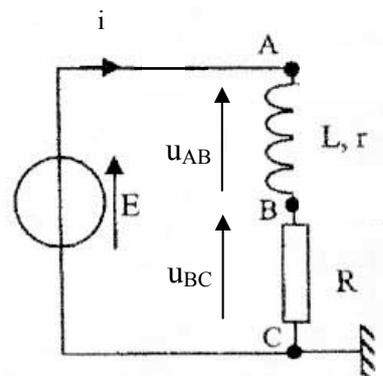
vient: $\alpha = \frac{R+r}{L}$ et $\beta = \frac{E}{L}$

2.3. L'équation horaire $i(t)$ s'obtient par identification avec la solution: $x(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot (1 - e^{-\alpha t})$

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t}\right)$$

Cette solution valide l'équation établie en 2.1 si $\frac{di}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right).i$ est égal à $\frac{E}{L}$:

On a: $\frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r} \times \frac{R+r}{L} \cdot e^{-\frac{R+r}{L}t} = \frac{E}{L} \cdot e^{-\frac{R+r}{L}t}$ Et: $\left(\frac{R+r}{L}\right).i = \left(\frac{R+r}{L}\right) \cdot \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t}\right) = \frac{E}{L} \left(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t}\right)$



$$\text{Soit } \frac{di}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right)i = \frac{E}{L} \cdot e^{-\frac{R+r}{L}t} + \frac{E}{L} \left(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t}\right)$$

Finalement : $\frac{di}{dt} + \left(\frac{R+r}{L}\right)i = \frac{E}{L}$ donc la solution $i(t)$ valide bien l'équation établie.

2.4 En posant: $\tau = \frac{L}{R+r} = \frac{1}{\alpha}$ il vient:
$$i(t) = \frac{E}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

3.1. L'intensité I en régime permanent est obtenue pour $t \rightarrow \infty$. Or $e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow 0$ lorsque $t \rightarrow \infty$ donc: $i(t \rightarrow \infty) = I = \frac{E}{R+r}$

Application numérique: $I = \frac{6,1}{12+11,8} = 2,6 \cdot 10^{-1} \text{ A}$. La valeur lue sur le graphique est $2,5 \cdot 10^{-1} \text{ A}$.

Les deux valeurs sont voisines (écart relatif de 4 %).

3.2. Pour $t = \tau$, on a: $i(\tau) = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-1}) = \frac{E}{R+r} \times 0,63 = I \times 0,63$ $i(\tau) = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ A}$.

Cette valeur est égale à la valeur expérimentale.

PARTIE B : DANS LE DOMAINE MÉCANIQUE.

1.1. Par identification de la solution $v(t) = 1,14 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0,132}}\right)$ avec la solution $x(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot (1 - e^{-\alpha t})$,

on a: $\frac{\beta}{\alpha} = 1,14$ et $\alpha = \frac{1}{0,132} = 7,58$ (on conserve 3 chiffres significatifs)

Le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$ est homogène à une vitesse (le terme entre parenthèses est sans dimension) donc le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$ s'exprime en m.s^{-1} .

1.2. Méthode 1: L'équation (3) $v(t) = 1,14 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0,132}}\right)$ est la solution d'une équation différentielle du type: $\frac{dx}{dt} + \alpha x = \beta$ (1).

Par identification, $x \Leftrightarrow v$, soit $\frac{dv}{dt} + \alpha v = \beta$. Or $\alpha = 7,58$ établi en 1.1. Et $\frac{\beta}{\alpha} = 1,14$, soit $\beta = 1,14 \cdot \alpha$ alors $\beta = 1,14 \times 7,58 = 8,64$.

En remplaçant α et β par leurs valeurs, on retrouve l'expression proposée: $\frac{dv}{dt} + 7,58 v = 8,64$

Méthode 2: L'équation (3) $v(t) = 1,14 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0,132}}\right)$, peut s'écrire $v(t) = 1,14 - 1,14 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}}$

Donc $\frac{dv}{dt} = -1,14 \times \left(-\frac{1}{0,132}\right) \cdot e^{-\frac{t}{0,132}} = 8,64 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}}$. Exprimons $\frac{dv}{dt} + 7,58 v$ et vérifions que cette somme vaut 8,64.

$$\frac{dv}{dt} + 7,58 v = 8,64 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}} + 7,58 (1,14 - 1,14 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}}) = 8,64 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}} + 7,58 \times 1,14 - 7,58 \times 1,14 \cdot e^{-\frac{t}{0,132}} = 8,64$$

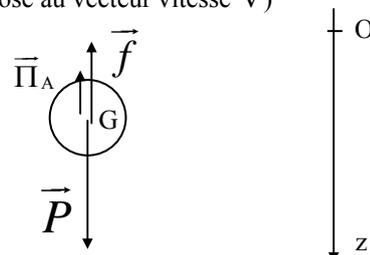
donc l'équation (3) est bien solution de l'équation différentielle proposée.

2.1. Le système étudié est la bille de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Les forces appliquées à la bille sont:

- le poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ direction verticale et sens vers le bas;
- la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}_A = -m_{\text{fluide déplacé}} \cdot \vec{g}$ direction verticale et sens vers le haut;
- la force de frottement \vec{f} , direction verticale et sens vers le haut (opposé au vecteur vitesse \vec{v})

Schéma des forces sans souci d'échelle:



2.2. Appliquons au système bille la seconde loi de Newton: $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{P} + \vec{\Pi}_A + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$

3.1. Soit (Oz) un axe vertical orienté vers le bas. la projection de la seconde loi de Newton selon cet axe donne:

avec les coordonnées $P_z + \Pi_{A_z} + f_z = m \cdot \frac{dv_z}{dt}$

avec les valeurs littérales de ces coordonnées : $P - \Pi_A - f = m \cdot \frac{dv}{dt}$ ou $m \cdot g - m_{\text{fluide déplacé}} \cdot g - k \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt}$

Or $m_{\text{fluide déplacé}} = \rho_{\text{fluide}} \cdot V$ donc il vient: $g \cdot (m - \rho_{\text{fluide}} \cdot V) - k \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt}$ en divisant par m, on a: $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = \left(1 - \frac{\rho_{\text{fluide}} \cdot V}{m}\right) \cdot g$

3.2. En identifiant l'équation précédente avec $\frac{dx}{dt} + \alpha x = \beta$ on tire: $\alpha = \frac{k}{m}$ et $\beta = \left(1 - \frac{\rho_{\text{fluide}} \cdot V}{m}\right) \cdot g$

PARTIE C : DANS LE DOMAINE DE LA RADIOACTIVITÉ

1. "L'exposant" dans le terme exponentielle de la loi $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$, est sans dimension donc: $[\lambda \cdot t] = 1 \Leftrightarrow [\lambda] = [t]^{-1}$
La constante radioactive λ est homogène à l'inverse d'un temps.

2. La relation liant λ à la constante de temps τ du radio isotope est: $\lambda = \frac{1}{\tau}$. La loi $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ s'écrit alors: $A(t) = A_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

3. Pour évaluer la constante de temps τ , on peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes:

• 1^{ère} méthode: pour $t = \tau$, voir graphe ci-après

on a: $A(\tau) = A_0 \cdot e^{-1} = 300 \cdot 10^6 \times 0,368 = 110 \text{ MBq}$

On trace la droite $A = 110 \text{ MBq}$ qui coupe le graphe $A(t)$ en un point d'abscisse $t = \tau$. Graphiquement on a: $\tau = 29 \text{ min}$.

• 2^{ème} méthode: tangente à l'origine: la tangente à l'origine coupe l'axe des abscisses pour une date $t = \tau$.

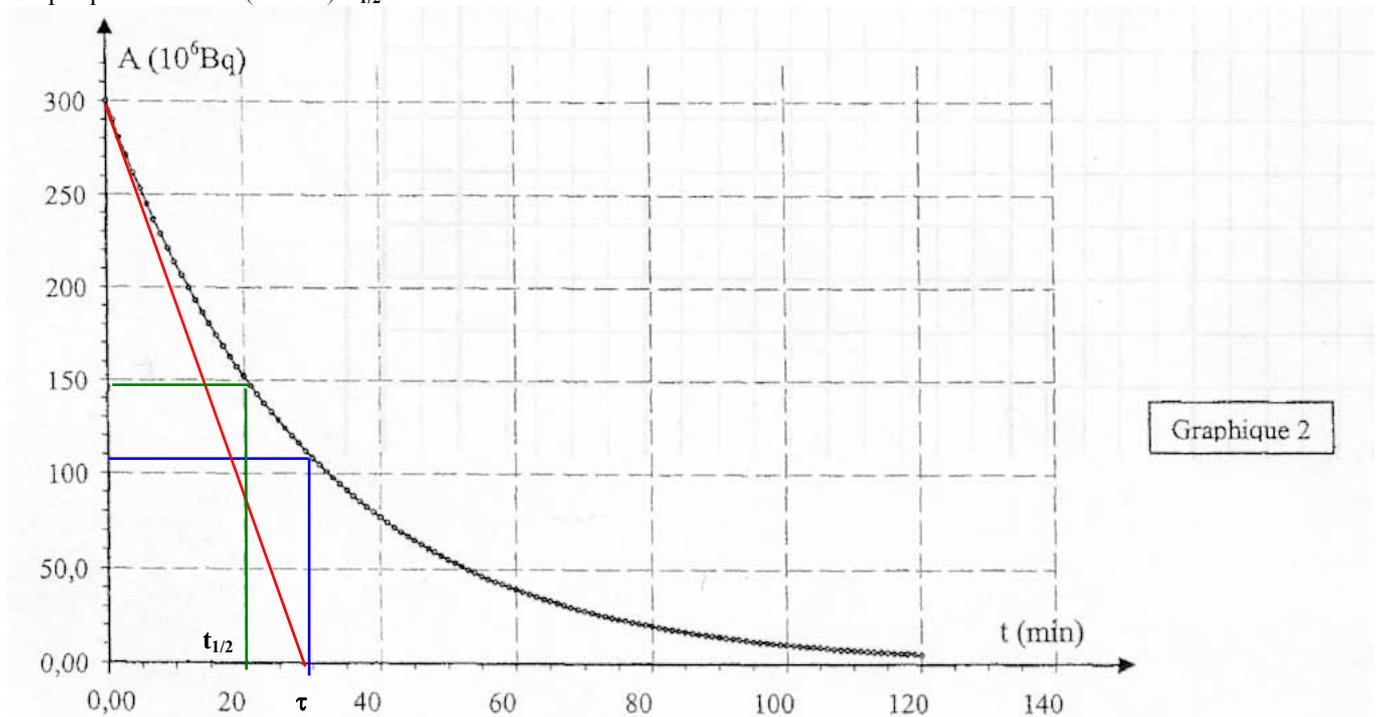
Graphiquement on a: $\tau = 29 \text{ min}$. La valeur de λ est alors: $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{29} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$. (valeur est égale à celle de l'énoncé)

4. Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est la durée pour laquelle l'activité atteint la moitié de sa valeur initiale:

$A(t_{1/2}) = A_0 / 2$. $A(t_{1/2}) = 300 \cdot 10^6 / 2 = 150 \text{ MBq}$.

On trace la droite $A = 150 \text{ MBq}$ qui coupe le graphe $A(t)$ en un point d'abscisse $t = t_{1/2}$.

Graphiquement on lit (en vert): $t_{1/2} = 20 \text{ min}$.



Exercice III : COMME UN POISSON DANS L'EAU



1.2.1. À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

1.2.2. À l'équivalence : $n_{H_3O^+ \text{ initiale}} = n_{HO^- \text{ versée}}$

Soit c_A la concentration en ions oxonium de la solution diluée S_A $c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_{BE}$ $c_A = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{V_A}$

V_{BE} correspond à l'abscisse du maximum de la courbe $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$ donc, d'après le graphe de la figure 1, $V_{BE} = 25,5 \text{ mL}$.

$$c_A = \frac{4,0 \times 10^{-2} \times 25,5}{20,0} = \frac{10^{-2} \times 25,5}{5,0} = 5,1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

1.2.3. La solution commerciale a été diluée 50 fois, elle est donc 50 fois plus concentrée que la solution diluée S_A .

$[H_3O^+] = 50 \cdot c_A$ $[H_3O^+] = 50 \times 5,1 \times 10^{-2} = 255 \times 10^{-2} = 2,5 \text{ mol.L}^{-1}$ en arrondissant par défaut.

1.3. On effectue une dilution. Solution mère : solution commerciale Solution fille : dans l'aquarium

$V_{Co} = 20 \text{ mL}$ $V_{aqua} = 100 \text{ L}$
concentration $[H_3O^+]_{Co}$ (calculée précédemment) $[H_3O^+]_{aqua} = ?$

Au cours de la dilution, la quantité de matière d'ions $[H_3O^+]$ ne varie pas, donc $n_{H_3O^+} = [H_3O^+]_{Co} \cdot V_{Co} = [H_3O^+]_{aqua} \cdot V_{aqua}$

La nouvelle concentration en ions oxonium dans l'aquarium sera $[H_3O^+]_{aqua} = \frac{[H_3O^+]_{Co} \cdot V_{Co}}{V_{aqua}}$

Le pH sera égal à $pH_{aqua} = -\lg[H_3O^+]_{aqua} = -\lg \frac{[H_3O^+]_{Co} \cdot V_{Co}}{V_{aqua}} = -\lg \frac{2,5 \times 20 \times 10^{-3}}{100} = -\lg 5,0 \times 10^{-4} = -\lg 5 - \lg 10^{-4} = 3,3$

1.4.1. $HCO_3^-(aq) + H_3O^+ = CO_2(aq) + 2 H_2O(l)$ (réaction 1) $K_1 = \frac{[CO_2(aq)]_{\acute{e}q}}{[HCO_3^-(aq)]_{\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{\acute{e}q}}$

1.4.2. Couple $CO_2(aq), H_2O / HCO_3^-(aq)$

$CO_2(aq), H_2O + H_2O(l) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+$

$$K_A = \frac{[HCO_3^-(aq)]_{\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{\acute{e}q}}{[CO_2(aq)]_{\acute{e}q}}$$

On remarque que $K_1 = \frac{1}{K_A}$. $K_1 = \frac{1}{10^{-6,4}} = 10^{6,4} =$

$2,5 \times 10^6$

1.5.1. $Q_{r,i} < K_1$ donc, d'après le critère d'évolution spontanée, le système chimique évolue dans le sens direct de l'équation de la réaction 1 : il y a donc consommation des ions H_3O^+ si l'eau est très calcaire.

1.5.2. La présence des ions hydrogencarbonate consomme des ions oxonium, la concentration en ions oxonium diminue. $pH = -\lg[H_3O^+]$, alors le pH sera plus élevé $pH = 3,3$ (calculé en 1.3.).

2.1. D'après les coefficients stœchiométriques de l'équation, on a $[NH_4^+] = [OCN^-]$

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{OCN^-} [OCN^-] \quad \sigma = \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{OCN^-} [NH_4^+] \quad \sigma = (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OCN^-}) \cdot [NH_4^+]$$

$$[NH_4^+] = \frac{\sigma}{(\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OCN^-})}$$

2.2. Évolution du système chimique

2.2.1.	$(NH_2)_2CO(aq) = NH_4^+(aq) + OCN^-(aq)$			
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
		$(NH_2)_2CO(aq)$	$NH_4^+(aq)$	$OCN^-(aq)$
État initial	$x = 0$	$c \cdot V$	0	0
État en cours d'évolution	x	$c \cdot V - x$	x	x
État final en supposant la transformation totale	x_{max}	$c \cdot V - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

2.3 D'après le tableau, à chaque instant, $n(NH_4^+) = x$. Or, par définition, $[NH_4^+] = \frac{n(NH_4^+)}{V}$ donc, à chaque instant, $[NH_4^+] = \frac{x}{V}$.

2.4 $(NH_2)_2CO(aq)$ est le réactif limitant, si la transformation est totale il est totalement consommé, soit $c \cdot V - x_{max} = 0$
 $x_{max} = c \cdot V$ $x_{max} = 0,020 \times 0,1000$ $x_{max} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

2.5. A l'instant de date $t = 110 \text{ min}$, le taux d'avancement de la réaction est donné par $\tau_{110} = \frac{x_{110}}{x_{max}}$.

Par lecture graphique (voir construction graphique sur la figure 2), on obtient $x_{110} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

Or, d'après la question 2.2.3., $x_{max} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ donc $\tau_{110} = \frac{1,3 \times 10^{-3}}{2,0 \times 10^{-3}} = 0,65 = \tau_{110}$.

Le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 110 \text{ min}$ vaut donc 0,65.

2.6. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)$.

V étant une constante positive, $v(t)$ évolue comme la dérivée $\left(\frac{dx}{dt} \right)$ de la fonction $x = f(t)$ à la date t .

Or ce terme correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t . Graphiquement, on voit qu'il diminue au cours du temps (voir construction graphique sur la figure 2).

2.7. Le taux d'avancement final est donné par la relation $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$.

$$\tau = \frac{[NH_4^+]_f \cdot V}{x_{\max}} = \frac{[NH_4^+]_f \cdot V}{c \cdot V} = \frac{[NH_4^+]_f}{c} \quad \tau = \frac{2,0 \times 10^{-2}}{0,020} = 1,0 \text{ La transformation étudiée est totale.}$$

2.8. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié sa valeur finale.

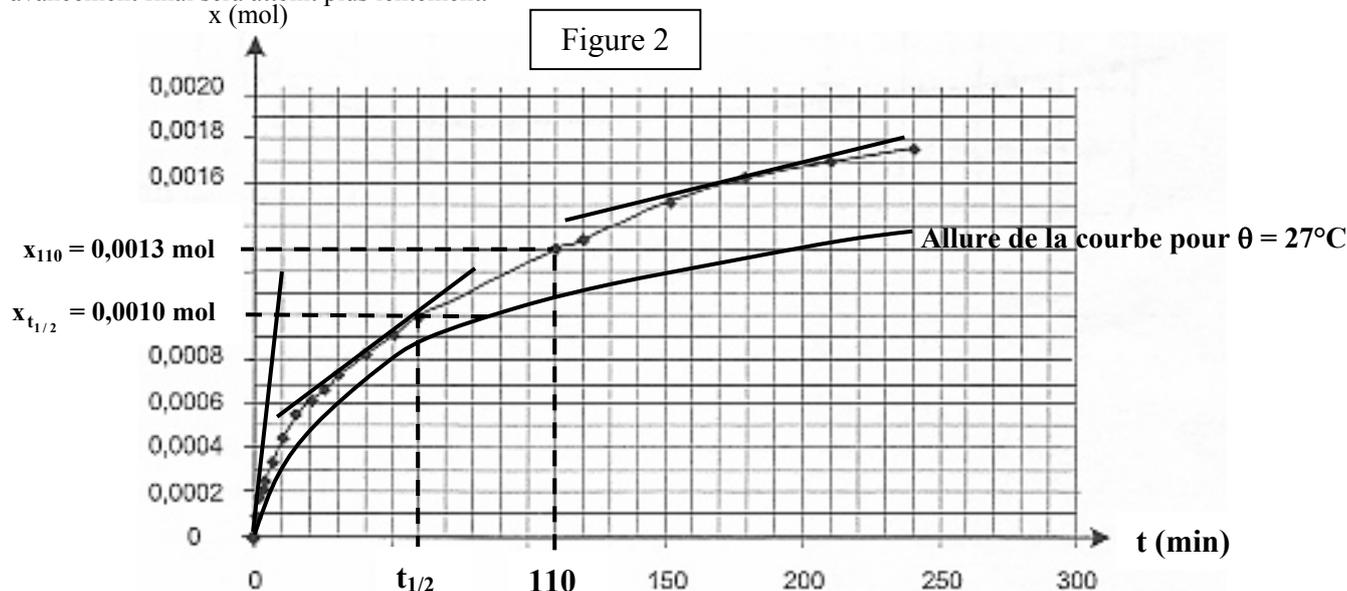
Pour $t = t_{1/2}$, on a donc $x_{t_{1/2}} = \frac{x_f}{2} = \frac{2,0 \times 10^{-3}}{2} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} = x_{t_{1/2}}$.

Par lecture graphique (voir construction graphique sur la figure 2), on obtient $t_{1/2}$ **proche d'une heure**.

2.9. La température est un facteur cinétique dont la diminution conduit, en général, à la diminution de la vitesse de réaction donc à l'augmentation du temps de demi-réaction.

Ainsi, si la température de l'aquarium n'est que de 27 °C, **la valeur du temps de demi-réaction sera plus grande que 60 min** d'où l'allure de la courbe proposée (voir construction graphique sur la figure 2).

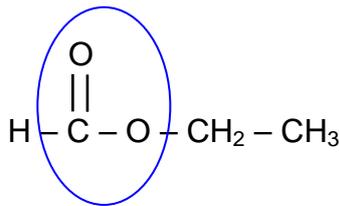
L'avancement final sera atteint plus lentement.



EXERCICE IV : SYNTHÈSE D'UN ADDITIF ALIMENTAIRE À ODEUR DE RHUM

1.

Formule semi-développée de Y :



Il s'agit d'une fonction ester.

2. $A + B = Y + W$. $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} = Y + \text{H}_2\text{O}$

3. Y = méthanoate d'éthyle

A = acide méthanoïque

B = éthanol

W = eau

Spécialité :

Partie A: Dosage colorimétrique

1. Illustration du fonctionnement de l'indicateur coloré

a) L'équation chimique de la réaction modélisant la transformation est: $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{AgCl}_{(\text{s})}$

Tube 1: Si Ag^+ est le réactif limitant alors $n_{\text{Ag}^+_{(\text{aq})}} \text{ initiale} - x_{\text{max}} = 0$ $[\text{Ag}^+_{(\text{aq})}]_{\text{initiale}} \times V = x_{\text{max}}$ $x_{\text{max}} = 5.10^{-5}$ mol

Si Cl^- est le réactif limitant alors $n_{\text{Cl}^-_{(\text{aq})}} \text{ initiale} - x_{\text{max}} = 0$ $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]_{\text{initiale}} \times V = x_{\text{max}}$ $x_{\text{max}} = 2,0.10^{-4} = 20.10^{-5}$ mol

Dans le tube 1, le réactif en excès est l'ion chlorure, car il conduirait à l'avancement maximal le plus élevé.

Tube 2: Si Ag^+ est le réactif limitant alors $n_{\text{Ag}^+_{(\text{aq})}} \text{ initiale} - x_{\text{max}} = 0$ $[\text{Ag}^+_{(\text{aq})}]_{\text{initiale}} \times V = x_{\text{max}}$ $x_{\text{max}} = 2,2.10^{-4}$ mol

Pour Cl^- , on a encore $x_{\text{max}} = 2,0.10^{-4}$ mol.

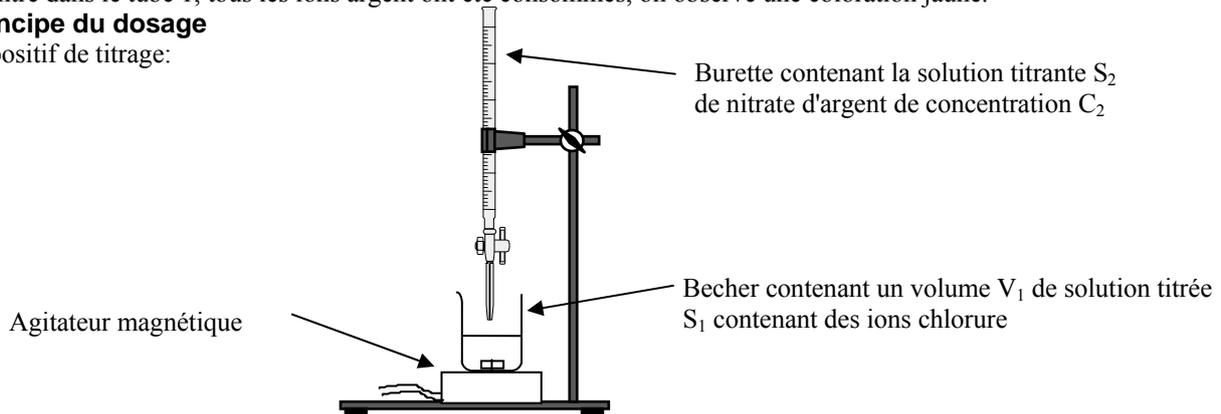
Dans le tube 2, le réactif en excès est l'ion argent Ag^+ , car il conduirait à l'avancement maximal le plus élevé.

b) En fin de transformation, il reste des ions argent dans le tube 2, on observe une coloration rose-rouge.

Par contre dans le tube 1, tous les ions argent ont été consommés, on observe une coloration jaune.

2. Principe du dosage

a) dispositif de titrage:



b) Avant l'équivalence les ions argent versés constituent le réactif limitant: à chaque ajout, ils sont totalement consommés.

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, ils sont alors totalement consommés.

Au delà de l'équivalence, il y a changement de réactif limitant: les ions chlorure constituent le réactif limitant, les ions argent ajoutés ne réagissent plus pour former du $\text{AgCl}_{(\text{s})}$.

Les ions Ag^+ versés en excès réagissent avec l'indicateur coloré. La solution passe de la coloration jaune à la coloration rose-rouge.

3. Préparation de la solution à doser

a) Solution mère: eau du marais

Concentration en ions chlorure C_0

volume à prélever V_0

Solution fille: S_1 à doser

C_1 telle que $C_1 = C_0 / 10$

volume préparé $V_1 = 50$ mL

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve,

donc $C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$ $C_0 \cdot V_0 = \frac{C_0}{10} \cdot V_1$ soit $V_0 = \frac{V_1}{10} = \frac{50}{10} = 5,0$ mL on doit prélever **5,0 mL** d'eau du marais salant.

b) Verrerie à utiliser: pipette jaugée de 5,0 mL, fiole jaugée de 50 mL, becher.

On verse de l'eau du marais salant dans un becher. On prélève à la pipette jaugée, $V_0 = 5$ mL d'eau du marais salant. On verse ce volume dans une fiole jaugée de 50 mL. On ajoute un peu d'eau distillée. On agite. On ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On bouche et on agite à nouveau.

4. Exploitation du dosage

Solution titrante : solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration $C_2 = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹ Volume versé $V_E = 15,2$ mL

Solution titrée : solution S_1 de volume $V_1 = 10,0$ mL de concentration en ions chlorure C_1 inconnue.

a) D'après l'équation chimique de la réaction support du titrage, on a

$$n_{\text{Ag}^+ \text{ versée}} = n_{\text{Cl}^- \text{ initiale}} \text{ . Soit } C_2 \cdot V_E = C_1 \cdot V_1$$

$$\text{donc } C_1 = \frac{C_2 \cdot V_E}{V_1} \quad C_1 = \frac{1,00 \cdot 10^{-1} \times 15,2}{10,0} = 1,52 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

concentration molaire en ions Cl^- dans la solution S_1

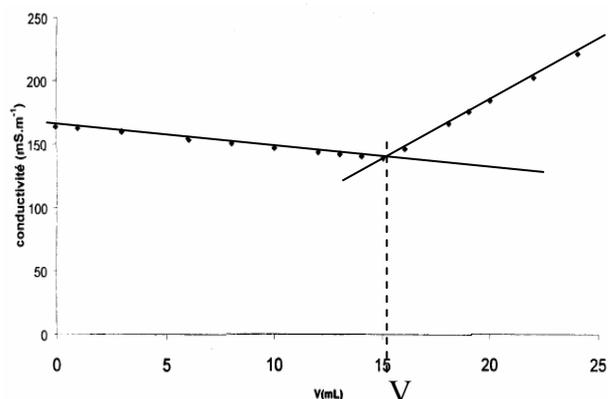
b) L'eau du marais est dix fois plus concentrée, soit C_0 sa concentration alors $C_0 = 10 \cdot C_1$ $C_0 = 1,52 \text{ mol.L}^{-1}$

c) Déterminons la concentration massique t_0 en ions chlorure de l'eau du marais : $t_0 = C_0 \times M_{\text{Cl}}$ $t_0 = 1,52 \times 35,5$ $t_0 = 54,0 \text{ g.L}^{-1}$

L'Artémia peut se développer si $t > 30 \text{ g.L}^{-1}$, ce marais est donc **favorable** à son développement.

Partie B : Dosage conductimétrique

1. On trace deux droites suivant les variations de la conductivité du mélange. Elles se coupent en un point dont l'abscisse indique le volume équivalent.



La conductivité du mélange réactionnel dépend de la concentration des ions en solution et de la conductivité molaire ionique λ de chacun de ces ions.

2. Avant l'équivalence:

- les ions Ag^+ versés sont consommés au fur et à mesure de leur ajout. Ils ne jouent aucun rôle sur la conductivité du mélange réactionnel. $[\text{Ag}^+_{(\text{aq})}] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$
- Les ions chlorure sont consommés au fur et à mesure de l'ajout de solution titrante. Donc $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$ diminue.
- les ions nitrate ajoutés ne réagissent pas, donc $[\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}]$ augmente.
- les ions sodium présents initialement ne réagissent pas. L'ajout de solution titrante modifie cependant $[\text{Na}^+_{(\text{aq})}]$ par dilution: $n_{\text{Na}^+} = \text{cte}$ mais le volume V du mélange réactionnel augmente ($V=V_1+V_2$)

$$\text{On a } \sigma = \underbrace{\lambda(\text{Na}^+) \cdot [\text{Na}^+_{(\text{aq})}] + \lambda(\text{Cl}^-) \cdot [\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]}_{\text{diminue}} + \underbrace{\lambda(\text{NO}_3^-) \cdot [\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}]}_{\text{augmente}}$$

Pour simplifier, on peut dire que les ions Cl^- consommés sont remplacés par des ions NO_3^- .
Or $\lambda(\text{NO}_3^-)$ est inférieure à $\lambda(\text{Cl}^-)$. Donc **la conductivité σ du mélange diminue.**

3. Après l'équivalence:

- les ions Cl^- ont été totalement consommés, il ne jouent aucun rôle sur la conductivité du mélange.
- les ions Ag^+ versés ne réagissent plus, ils s'accumulent en solution et contribuent à faire augmenter la conductivité
- les ions nitrate versés ne réagissent pas, $[\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}]$ augmente.
- les ions sodium ne réagissent pas, $[\text{Na}^+_{(\text{aq})}]$ diminue par dilution.

$$\text{On a } \sigma = \underbrace{\lambda(\text{Na}^+) \cdot [\text{Na}^+_{(\text{aq})}]}_{\text{diminue}} + \underbrace{\lambda(\text{Ag}^+) \cdot [\text{Ag}^+_{(\text{aq})}] + \lambda(\text{NO}_3^-) \cdot [\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}]}_{\text{augmente}}$$

La conductivité augmente.

Remarque: lors d'un titrage conductimétrique, on s'arrange en général pour que le volume de solution titrante versé soit faible face au volume de solution titrée. Ainsi la dilution due à l'ajout de solution titrante est négligée. Ce qui n'est pas le cas dans cet exercice.