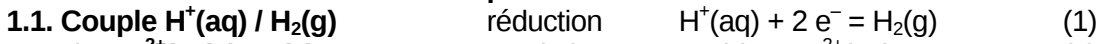


Exercice 1 :

1. Étude de la transformation chimique



en additionnant (1)+(2) on retrouve l'équation : $Mg(s) + 2 H^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$

1.2. Quantité de matière initiale des réactifs :

$$n_0(Mg) = \frac{m}{M_{Mg}} \quad n_0(Mg) = \frac{0,12}{24} = \frac{12 \times 10^{-2}}{24} = 0,50 \times 10^{-2} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(H^+) = C \times V$$

$$n_0(H^+) = 0,50 \times 40 \times 10^{-3} = 20 \times 10^{-3} \text{ mol} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

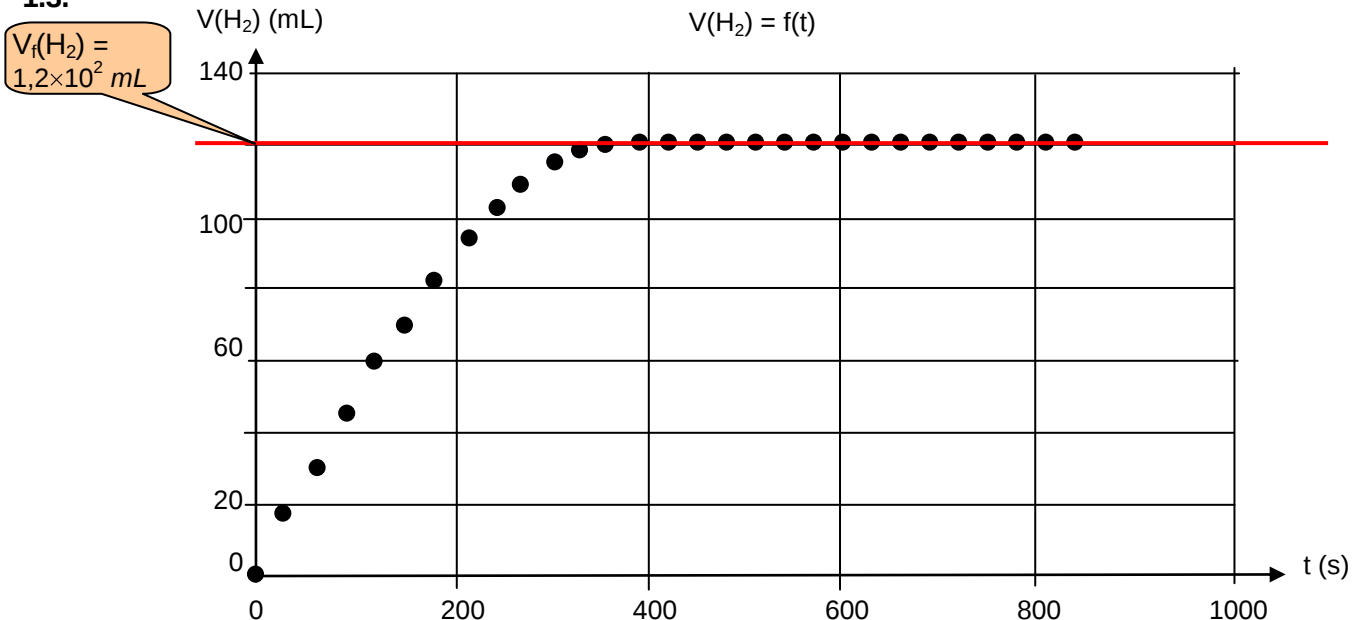
	Avancement en mol	Mg (s)	+ 2 H ⁺ (aq)	= Mg ²⁺ (aq) + H ₂ (g)
État initial	x = 0	5,0×10 ⁻³	2,0×10 ⁻²	0
En cours de transformation	x	5,0×10 ⁻³ - x	2,0×10 ⁻² - 2 x	x
État final	x = x _{max}	5,0×10 ⁻³ - x _{max}	2,0×10 ⁻² - 2 x _{max}	x _{max}

Si Mg est limitant alors : $5,0 \times 10^{-3} - x_{\max} = 0$ soit $x_{\max} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Si H⁺ est limitant alors : $2,0 \times 10^{-2} - 2 x_{\max} = 0$ soit $x_{\max} = \frac{2,0 \times 10^{-2}}{2} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus faible : il s'agit du magnésium et on vérifie bien que $x_{\max} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

1.3.



Graphiquement, dans l'état final : $V_f(H_2) = 1,2 \times 10^2 \text{ mL} = 1,2 \times 10^2 \times 10^{-3} \text{ L} = 1,2 \times 10^{-1} \text{ L}$

Or la quantité finale de dihydrogène est $n_f(H_2) = x_f = \frac{V_f(H_2)}{V_m}$

$$\text{donc } x_f = \frac{1,2 \times 10^{-1}}{24} = \frac{1,2 \times 10^{-1}}{2,4 \times 10^{-1}} = 0,50 \times 10^{-2} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

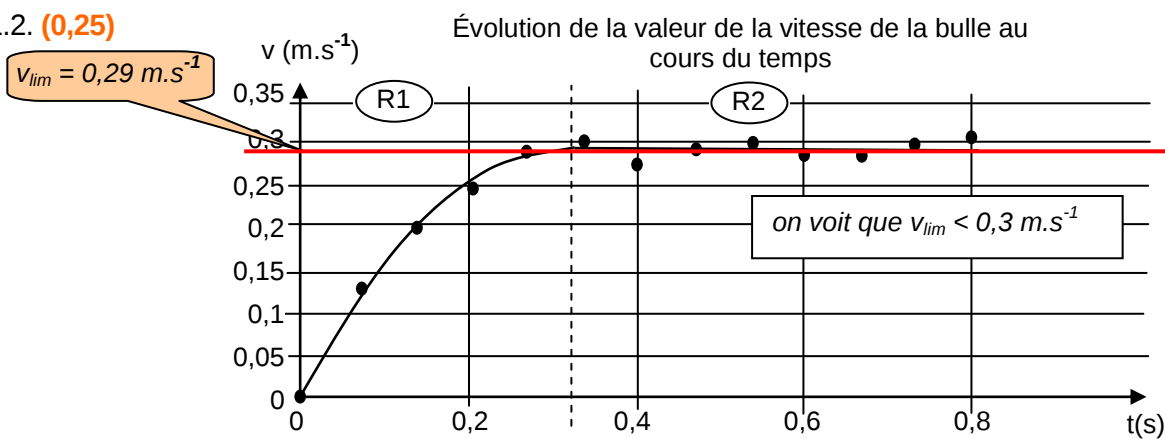
1.4. On a $x_f = x_{\max}$ donc $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = 1,0$: la transformation est totale.

2. Étude du mouvement ascendant d'une bulle de dihydrogène

2.1. Évolution de la vitesse au cours du temps

2.1.1. Le régime R2 est le régime permanent ou asymptotique.

2.1.2. (0,25)



2.2. Bilan des forces

Figure 3

2.2.1. La valeur Π de la poussée d'Archimède est égale au poids du fluide déplacé (ici de l'eau).

$$\Pi = m_{\text{eau}} \cdot g = \rho_0 \cdot V_b \cdot g$$

2.2.2. Expression de la valeur P du poids de la bulle : $P = m \cdot g = \rho \cdot V_b \cdot g$

$$\text{Ainsi } \frac{P}{\Pi} = \frac{\rho \cdot V_b \cdot g}{\rho_0 \cdot V_b \cdot g} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$\frac{P}{\Pi} = \frac{8,3 \times 10^{-2}}{1,0 \times 10^3} = 8,3 \times 10^{-5}$$

$$\frac{P}{\Pi} \ll 1 \text{ donc } P \ll \Pi$$

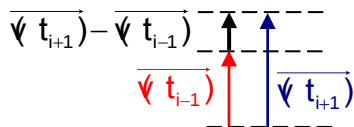
$$\text{sans calculs : } \rho \ll \rho_0 \text{ donc } \frac{\rho}{\rho_0} \ll 1$$

On peut effectivement négliger le poids de la bulle devant la poussée d'Archimède.

2.2.3. Pour deux dates proches t_{i+1} et t_{i-1} encadrant la date t_i , le vecteur accélération est défini par

$$\vec{a}(t_i) = \frac{\vec{v}(t_{i+1}) - \vec{v}(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

Pendant le **régime R1**, la vitesse de la bulle augmente et le mouvement est ascendant. Alors $v(t_{i+1}) > v(t_{i-1})$ et le **vecteur accélération est donc vertical vers le haut** comme le vecteur $\vec{v}(t_{i+1}) - \vec{v}(t_{i-1})$.



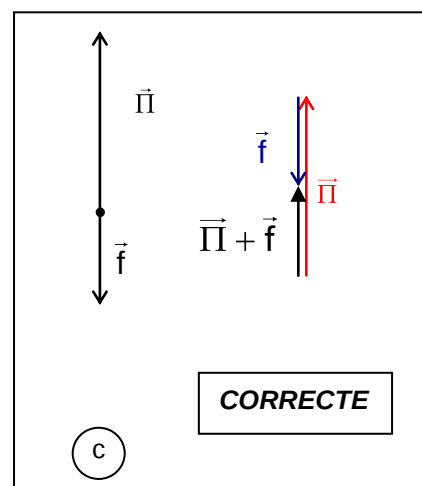
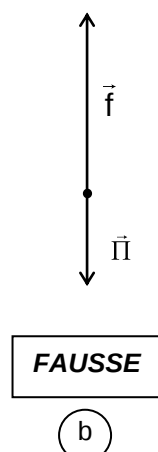
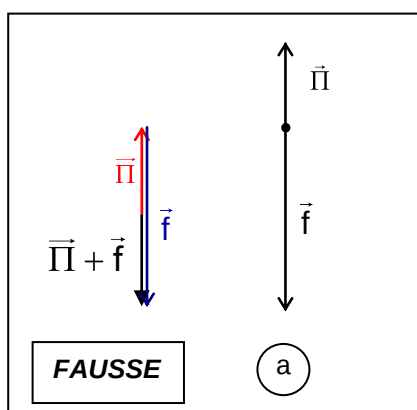
D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au système bulle, dans un référentiel terrestre supposé galiléen,

$\vec{\Pi} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}$. Donc le **vecteur $\vec{\Pi} + \vec{f}$ est vertical vers le haut**.

Voir figures ci-dessous. La représentation (a) n'est pas correcte, la représentation (c) est correcte.

D'autre part, la poussée d'Archimède est une force verticale orientée vers le haut **cela exclut la représentation (b)**.

La seule représentation possible des forces est la **représentation (c)**.



2.2.4. Lorsque le régime permanent R2 est atteint, la valeur de la vitesse est constante et égale à v_{lim} . Le mouvement de la bulle étant rectiligne, le vecteur vitesse $\vec{v}$ est un vecteur constant donc le vecteur accélération $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$. La deuxième loi de Newton impose alors $\vec{\Pi} + \vec{f} = \vec{0}$. Les forces se compensent.

On peut aussi utiliser la première loi de Newton (principe d'inertie)

3. Étude du mouvement vertical d'une bille d'acier dans l'air

3.1. Une fois lancée, la bille d'acier n'est soumise qu'à la force poids : il s'agit donc d'un mouvement de **chute libre**.

3.2. Le système bille est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen. Le repère est un axe (Oy) vertical et dirigé vers le bas.

La deuxième de Newton donne $\vec{P} = m \cdot \vec{a}$
 $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$

Soit $\vec{a} = \vec{g}$

En projection sur (Oy) :

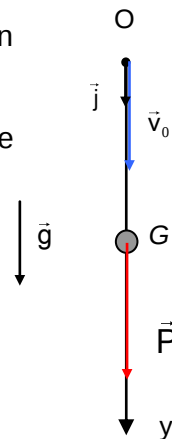
$$a_y = g$$

$$\frac{dv_y}{dt} = g$$

donc en primitivant, il vient $v_y(t) = g \cdot t + Cte$

Or à $t = 0$ s, $v_y(0) = v_{0y}$ donc $Cte = v_{0y}$

Finalement $\boxed{v_y(t) = g \cdot t + v_{0y}}$



Exercice 2 :

1. Étude expérimentale d'un circuit RL

1.1. La courbe représentative de la tension montre que la tension est positive. Il faut mesurer u_{AB} , pour cela on relie la borne « V » au point A et la borne « COM » au point B.

1.2. D'après la loi d'Ohm: $u_{AB} = u_R = R \cdot i$. Donc $i = \frac{u_R}{R}$.

L'intensité du courant est proportionnelle à la tension u_R . La courbe $i = f(t)$ a donc la même allure que $u_R = f(t)$: il s'agit donc de la courbe c.

1.3. Toute bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant qui la traverse. Ici elle retarde l'établissement du courant qui ne passe pas instantanément de 0 à sa valeur maximale.

2. Modélisation et équation différentielle

2.1. D'après la loi d'additivité des tensions dans le circuit : $E = u_R(t) + u_L(t)$ (1)

La tension aux bornes de la bobine de résistance interne négligeable a pour expression : $u_L(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$

or $i = \frac{u_R(t)}{R}$ d'où $u_L(t) = \left(\frac{L}{R} \right) \frac{du_R(t)}{dt}$

En remplaçant dans l'équation (1), on trouve : $E = u_R(t) + \left(\frac{L}{R} \right) \frac{du_R(t)}{dt}$

2.2. Analyse dimensionnelle:

La loi d'ohm permet décrire : $[U] = [R] \times [I]$

La tension aux bornes d'une bobine permet d'écrire : $[U] = [L] \times [I] / [T] = [L] \times [I] \times [T]^{-1}$

On en déduit $[U] = [R] \times [I] = [L] \times [I] \times [T]^{-1}$ soit $[L] / [R] = [T]$

Le rapport L/R a donc les dimensions d'un temps.

2.3. $(u_R)_{max} = 10$ V.

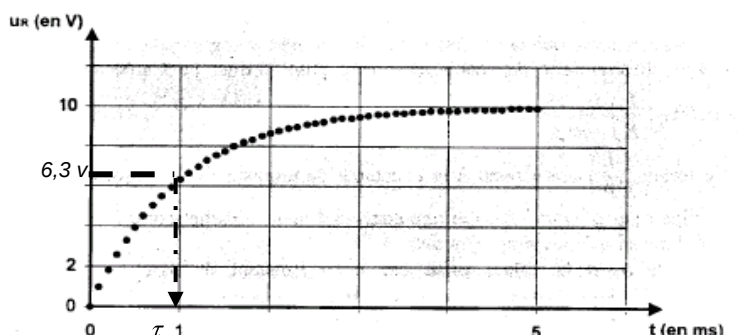
$u_R(\tau) = 0,63 \times 10 = 6,3$ V

Par lecture graphique, on trouve $\tau = 1,0$ ms.

2.4. On a $\tau = \frac{L}{R}$, soit $L = \tau \cdot R$

$L = 1,0 \cdot 10^{-3} \times 1,0 \cdot 10^3 = 1,0$ H

valeur compatible avec celle du fabricant.



3. Résolution numérique de l'équation différentielle par la méthode d'Euler

$$3.1 E = u_R + \frac{L}{R} \cdot \frac{du_R}{dt} \quad \text{donc} \quad \frac{L}{R} \cdot \frac{du_R}{dt} = E - u_R$$

$$\text{soit} \quad \frac{du_R}{dt} = \frac{R}{L} \cdot (E - u_R) = \frac{1,0 \cdot 10^3}{1,0} \times (10 - u_R)$$

$$\frac{du_R}{dt} = 1,0 \cdot 10^3 \times (10 - u_R)$$

$$3.2. \quad * \frac{du_R}{dt} \text{ à la date } t = 0 \text{ s on a } u_R = 0 \text{ donc } \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{t_0} = 1,0 \cdot 10^3 \times 10 = 1,0 \cdot 10^4 \text{ V.s}^{-1}$$

$$* (u_R)_{\Delta t} \text{ à la date } t = \Delta t: \quad (u_R)_{\Delta t} = (u_R)_{t_0} + (\Delta u_R)_{t_0}$$

$$(u_R)_{\Delta t} = (u_R)_{t_0} + \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{t_0} \cdot \Delta t$$

$$(u_R)_{\Delta t} = 0 + 1,0 \cdot 10^4 \times 1,0 \cdot 10^{-4}$$

$$(u_R)_{\Delta t} = 1,0 \text{ V}$$

$$* \frac{du_R}{dt} \text{ à la date } t = \Delta t: \quad \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{\Delta t} = 1,0 \cdot 10^3 \times (10 - 1,0) = 9,0 \cdot 10^3 \text{ V.s}^{-1}$$

$$* (u_R)_{2\Delta t} \text{ à la date } 2\Delta t: \quad (u_R)_{2\Delta t} = (u_R)_{\Delta t} + (\Delta u_R)_{\Delta t}$$

$$(u_R)_{2\Delta t} = (u_R)_{\Delta t} + \left(\frac{du_R}{dt} \right)_{\Delta t} \cdot \Delta t$$

$$(u_R)_{2\Delta t} = 1,0 + 9,0 \cdot 10^3 \times 1,0 \cdot 10^{-4} = 1,9 \text{ V}$$

date	Valeur de $(u_R)_t$ en V	Valeur de $\left(\frac{du_R}{dt} \right)_t$
$t_0 = 0 \text{ s}$	$(u_R)_{t_0} = 0$	$\left(\frac{du_R}{dt} \right)_{t_0} = 1,0 \cdot 10^4$
$t = \Delta t$	$(u_R)_{\Delta t} = 1,0$	$\left(\frac{du_R}{dt} \right)_{\Delta t} = 9,0 \cdot 10^3$
$t = 2 \Delta t$	$(u_R)_{2\Delta t} = 1,9$	

3.3. Une augmentation du pas augmenterait l'écart entre le nuage de point obtenu par la méthode d'Euler et la courbe expérimentale.

4. Étude du circuit oscillant

4.1. La diminution d'amplitude est due à la résistance interne de la bobine. Il y a dissipation d'énergie sous forme de chaleur en raison de l'effet Joule).

4.2. La pseudo-période vaut $T = 20 \text{ ms}$.

4.3. La pseudo-période ayant même valeur que la période propre, on a :

$$T = T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$T^2 = 4\pi^2 \cdot L \cdot C$$

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot L}$$

$$C = \frac{(20 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 1,0} = \frac{400 \cdot 10^{-6}}{40} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$C = 10 \mu\text{F}$ Valeur égale à celle du fabricant.

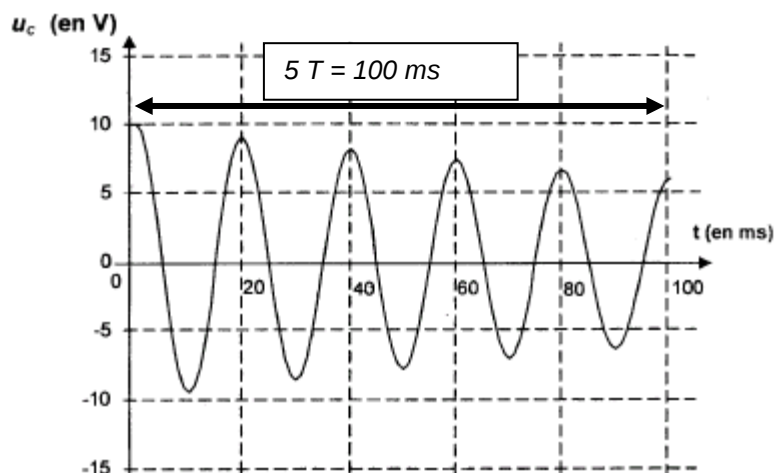


figure 5

Exercice 3 :

1. LA TRANSFORMATION CHIMIQUE ÉTUDIÉE

1.1. Un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+ .

1.2. Couple acide éthanóïque / ion éthanóate: $CH_3CO_2H_{(aq)} / CH_3CO_2^-_{(aq)}$
 Couple ion oxonium / eau: $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$

$$1.3 K = \frac{[CH_3CO_2^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[CH_3CO_2H]_f}$$

2. ÉTUDE pH-MÉTRIQUE

2.1 quantité de matière initiale d'acide éthanóïque : $n_1 = c_1 \times V_1$

$$n_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \times 0,100$$

$$n_1 = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2.2	Avancement	$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
État initial	$x = 0$	n_1	en excès	0	0
État final théorique	$x = x_{\max}$	$n_1 - x_{\max}$	en excès	$x_{\max}$	$x_{\max}$
État final expérimental ou état d'équilibre	$x = x_f$	$n_1 - x_f$	en excès	x_f	x_f

Si la transformation est totale, l'acide éthanóïque est totalement consommé, soit $n_1 - x_{\max} = 0$

$$x_{\max} = n_1 \quad \text{soit } x_{\max} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$2.3 [H_3O^+]_{(aq)} = 10^{-pH} \quad pH = -\log[H_3O^+] \text{ or d'après l'énoncé } \log(2,0 \cdot 10^{-4}) = -3,7$$

$$[H_3O^+]_{(aq)} = 10^{-3,70} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H_3O^+]_{(aq)} = \frac{x_f}{V_1} \text{ soit } x_f = [H_3O^+]_{(aq)} \times V_1$$

$$x_f = 2,0 \cdot 10^{-4} \times 0,100 = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$2.4 \tau_1 = \frac{x_f}{x_{\max}} \quad \tau_1 = \frac{2,0 \cdot 10^{-5}}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 0,74 \times 10^{-5} \times 10^4 = 0,74 \cdot 10^{-1}$$

$$\tau_1 = 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ La transformation est limitée car } \tau_1 < 1.$$

$$2.5.1 \text{ D'après l'équation chimique } [H_3O^+]_{(aq)} = [CH_3CO_2^-]_{(aq)} = \frac{x_f}{V_1}$$

$$[CH_3CO_2^-]_{(aq)} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$2.5.2 c_1 = [CH_3CO_2H]_{(aq)} = [CH_3CO_2H]_{(aq)} + [CH_3CO_2^-]_{(aq)}$$

$$[CH_3CO_2H]_{(aq)} = c_1 - [CH_3CO_2^-]_{(aq)}$$

$$[CH_3CO_2H]_{(aq)} = 2,7 \cdot 10^{-3} - 2,0 \cdot 10^{-4} = 27 \cdot 10^{-4} - 2,0 \cdot 10^{-4}$$

$$[CH_3CO_2H]_{(aq)} = 25 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$2.6 K_1 = \frac{[CH_3CO_2^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[CH_3CO_2H]_f}$$

$$K_1 = \frac{2,0 \cdot 10^{-4} \times 2,0 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{4,0}{2,5} \times 10^{-8} \times 10^3$$

$$K_1 = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

3. ÉTUDE CONDUCTIMÉTRIQUE

3.1 Présence d'ions éthanóate $CH_3CO_2^-$ et d'ions oxonium H_3O^+ .

D'après l'équation chimique $[H_3O^+]_{(aq)} = [CH_3CO_2^-]_{(aq)}$

$$3.2 \sigma = \lambda_{CH_3CO_2^-} \cdot [CH_3CO_2^-]_{(aq)} + \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]_{(aq)}$$

$$3.3 \sigma = (\lambda_{CH_3CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+}) \cdot [H_3O^+]_{(aq)}$$

$$[H_3O^+]_{(aq)f} = [CH_3CO_2^-]_{(aq)f} = \frac{\sigma}{\lambda_{CH_3CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+}}$$

$$[H_3O^+]_{(aq)f} = [CH_3CO_2^-]_{(aq)f} = \frac{5,00 \cdot 10^{-2}}{4,1 \cdot 10^{-3} + 35,9 \cdot 10^{-3}} = \frac{5,00 \cdot 10^{-2}}{40 \cdot 10^{-3}}$$

$$[H_3O^+]_{(aq)f} = [CH_3CO_2^-]_{(aq)f} = 1,25 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$3.4.1 c_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } [CH_3CO_2^-]_{(aq)f} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{c_2}{[CH_3CO_2^-]_f} = \frac{100}{1,25} = 80$$

$$[CH_3CO_2^-]_{(aq)f} = \frac{c_2}{80} < \frac{c_2}{50} \text{ l'approximation 1 est justifiée.}$$

3.4.2 Si $c_2 \approx [CH_3CO_2H]_{(aq)f}$ cela signifie que l'acide **s'est très peu dissocié** dans l'eau.

La transformation peut être considérée comme étant **très limitée**.

On a $c_2 = [CH_3CO_2H]_{(aq)ini} = [CH_3CO_2H]_{(aq)f} + [CH_3CO_2^-]_{(aq)f}$

et $c_2 \approx [CH_3CO_2H]_{(aq)f}$ donc $[CH_3CO_2^-]_{(aq)f}$ est négligeable face à $[CH_3CO_2H]_{(aq)f}$.

$$3.4.3 \quad K_2 = \frac{[CH_3CO_2^-]_{(aq)f} \cdot [H_3O^+]_{(aq)f}}{[CH_3CO_2H]_{(aq)f}} = \frac{[H_3O^+]_{(aq)f}^2}{c_2}$$

$$K_2 = \frac{(1,25 \cdot 10^{-3})^2}{0,10} = \frac{(1,25)^2 \cdot 10^{-6}}{0,10} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

$$3.4.4 \quad \tau_2 = \frac{[CH_3CO_2^-]_{(aq)f}}{c_2}$$

$$\tau_2 = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{0,10} = 1,3 \cdot 10^{-2}$$

4. CONCLUSION : COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS

4.1 La constante d'équilibre K ne dépend pas de la concentration initiale en acide éthanóïque, puisque avec deux concentrations différentes on obtient la même valeur de K .

4.2. Oui, le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend de l'état initial du système. En effet avec deux concentrations initiales différentes, on obtient deux taux d'avancement différents.

4.3. Affirmation 1 : Plus l'acide est dissocié et plus le taux d'avancement final τ est grand.

Affirmation **juste** : $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$, plus l'acide est dissocié et plus x_f est grand alors τ est plus grand. ($x_{\max}$ étant constant).

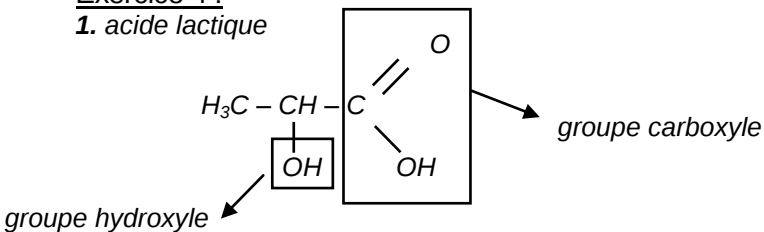
Affirmation 2 : Plus la solution d'acide éthanóïque est diluée, moins l'acide est dissocié.

Affirmation **fausse** : $c_1 < c_2$ donc la solution 1 est davantage diluée.

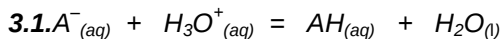
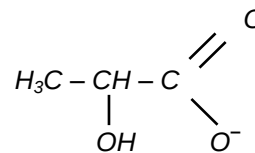
On a obtenu $\tau_1 > \tau_2$, dans la solution 1 l'acide s'est davantage dissocié.

Exercice 4 :

1. acide lactique



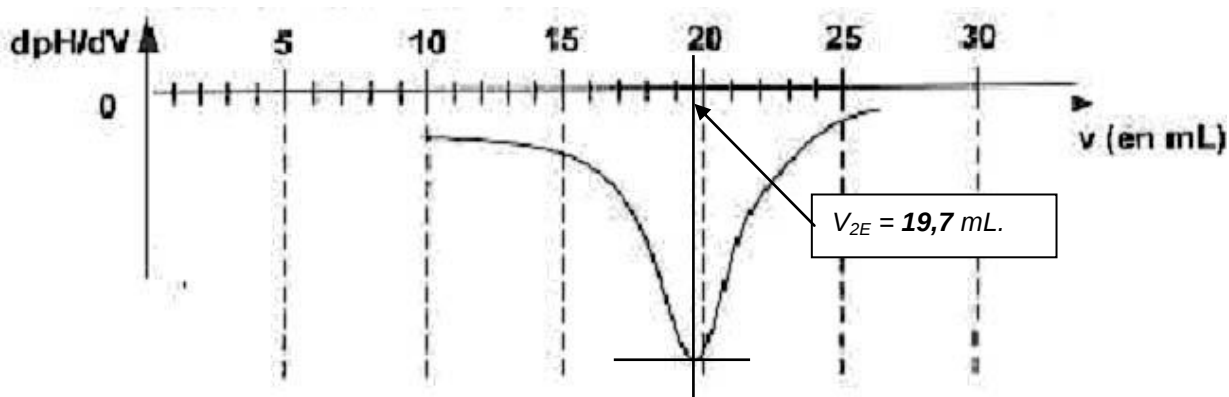
2. Ion lactate



3.2. Il est déconseillé d'utiliser la méthode des tangentes, car ici le saut de pH est peu marqué.

On préférera exploiter la courbe dérivée dpH/dV :

Pour $V = V_{2E}$, dpH/dV est minimale. (Le pH décroît fortement pour un faible ajout d'acide.)



3.3. A l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques:

$$\begin{aligned}
 n_{\text{A-initiale}} &= n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ versée}} \\
 \text{soit } C_1 \cdot V_1 &= C_2 \cdot V_{2E} \\
 C_1 &= \frac{C_2 \times V_{2E}}{V_1} \\
 C_1 &= \frac{1,0 \times 19,7}{20,0} = 0,99 \text{ mol.L}^{-1}
 \end{aligned}$$

3.4.1 $n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{introduit}} = C_2 \cdot V$

$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{introduit}} = 1,0 \times 9,0 \times 10^{-3} = 9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

3.4.2. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{(V + V_1)}$

$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = (V + V_1) \cdot 10^{-\text{pH}}$

$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 10^{-4,0} \times (9,0 + 20,0) \times 10^{-3} = 2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}$

3.4.3. Si tout l'acide versé est consommé, on a $C_2 \cdot V - x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = C_2 \cdot V$.

Alors $x_{\text{max}} = 1,0 \times 9,0 \times 10^{-3} = 9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Si la transformation n'est pas totale, il reste de l'acide.

On a trouvé à la question 3.4.2. qu'il restait $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}$.

On a $C_2 \cdot V - x_f = 2,9 \times 10^{-6} \text{ mol}$

soit $x_f = C_2 \cdot V - 2,9 \times 10^{-6}$

$x_f = 9,0 \times 10^{-3} - 2,9 \times 10^{-6}$

$x_f = 9,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

on a $x_f = x_{\text{max}}$, la transformation entre H_3O^+ et A^- est bien totale.

Exercice spécialité :

1. Deux des sons étudiés correspondent à la même note.

1.1. Ces deux sons possèdent la même **hauteur**. La hauteur est caractérisée par la **fréquence du mode fondamental** de vibration.

1.2. Les sons correspondant aux **documents 1 et 3**, possèdent la même période T donc la même fréquence.

$T = 0,0075$ s.

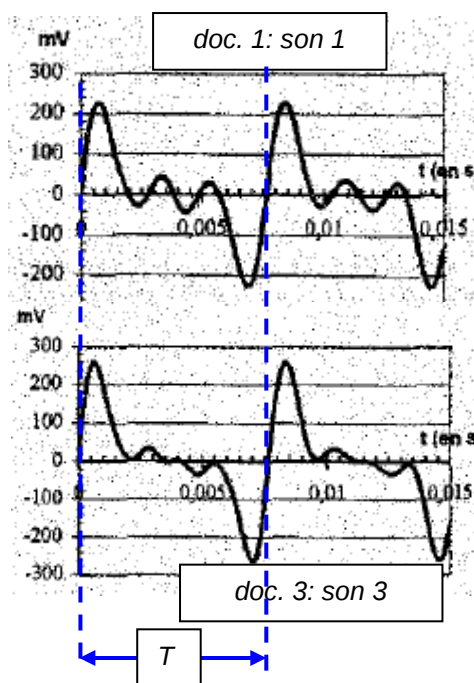
$$f = 1/T = \frac{1}{0,0075} = \frac{1}{\frac{1}{3} \times \frac{1}{0,0025}} = \frac{1}{\frac{1}{3} \times \frac{1}{\frac{100}{0,25}}}$$

$$f = \frac{1}{3} \times \frac{100}{0,25} = \frac{1}{3} \times \frac{100}{\frac{1}{4}} = \frac{1}{3} \times 100 \times 4 = \frac{400}{3}$$

$$f = 133 \text{ Hz}$$

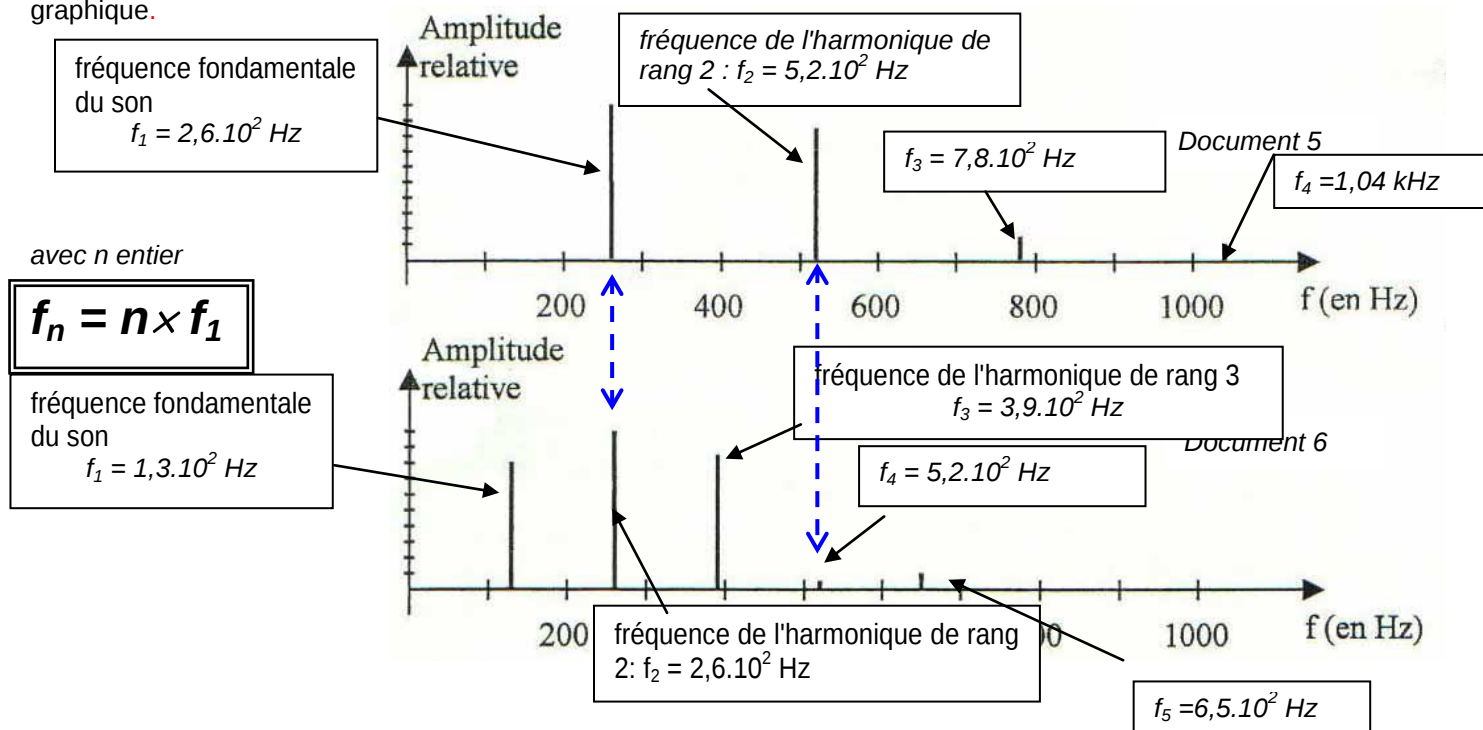
vu le manque de précision sur la mesure de T , nous ne conservons que deux chiffres significatifs pour la valeur de f , soit $f = 1,3 \cdot 10^2 \text{ Hz}$.

1.3. Ces deux sons **n'ont pas été** obtenus avec le même instrument. La **forme de la tension** obtenue aux bornes du microphone est différente pour les deux sons. Ces deux sons n'ont **pas le même timbre**.



2. Analyse spectrale

2.1. Il n'est pas possible d'utiliser beaucoup de chiffres significatifs, vu l'imprécision des mesures effectuées sur le graphique.

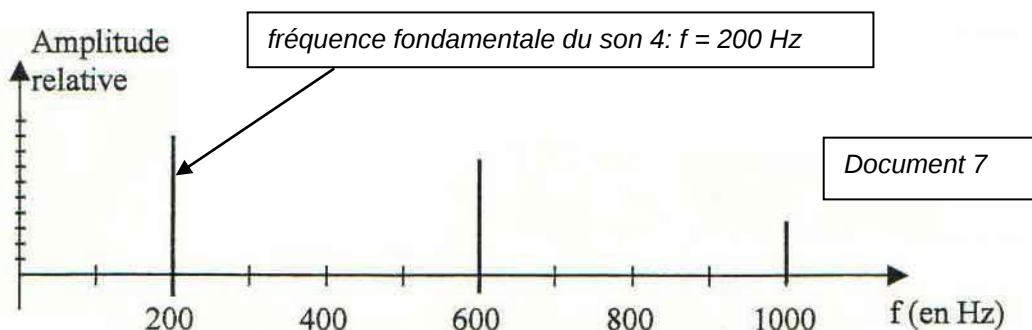


2.2. Il faut relier les documents 5 et 6 aux sons 1 ou 2.

Le **son 1** a pour fréquence fondamentale $f_1 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ Hz}$ (cf. 1.2.), il correspond au **document 6**.

Le **son 2** correspond donc au **document 5**.

2.3.1.



2.3.2. Pour que l'onde stationnaire puisse s'établir il faut que $L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$.

Pour le mode fondamental de vibration, alors $n = 1$ donc $L = \frac{\lambda}{2}$.

2.3.3. $\lambda = \frac{v}{f}$

2.3.4. $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ soit $v^2 = \frac{F}{\mu}$ donc $F = v^2 \cdot \mu$

D'après 2.2.3. on a $v = \lambda \cdot f$

on obtient alors $F = \lambda^2 \cdot f^2 \cdot \mu$

D'après 2.3.2. on a $\lambda = 2L$.

Finalement **$F = 4 \cdot L^2 \cdot f^2 \cdot \mu$**

2.3.5. Reprenons l'expression obtenue précédemment: $F = 4 \cdot L^2 \cdot f^2 \cdot \mu$

L et μ sont constantes.

donc $F = k \cdot f^2$ avec $k = \text{Cte} = 4 \cdot L^2 \cdot \mu$

Si F diminue alors f diminue. La hauteur du son est alors plus basse, le **son est plus grave**.

3.1 Deux notes sont séparées **d'une octave** si le rapport de leur fréquence est égal à 2.

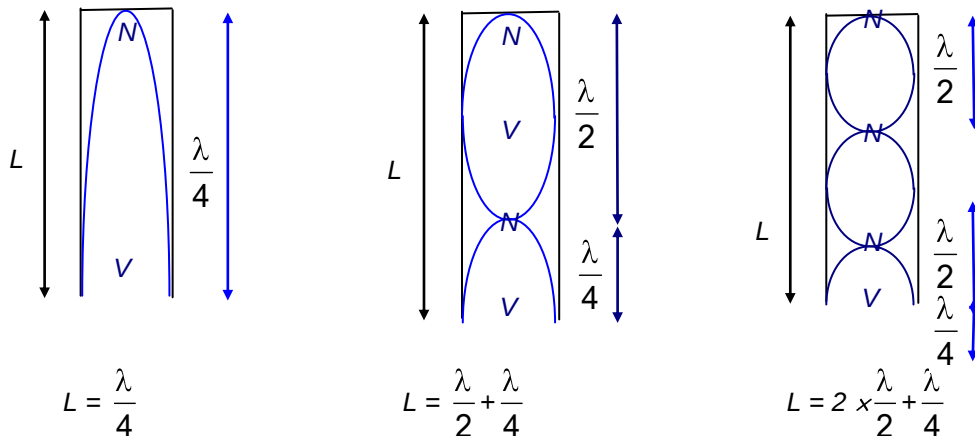
La note do_4 est à l'octave de la note do_3 si $\frac{f(do_4)}{f(do_3)} = 2$ soit $f(do_4) = 2 \cdot f(do_3)$

$$f(do_4) = 2 \times 262 = 524 \text{ Hz}$$

3.2. Deux nœuds (ou deux ventres) de vibration consécutifs sont séparés d'une distance $\frac{\lambda}{2}$.

D'autre part l'énoncé indique « qu'il y toujours un nœud de vibration à une extrémité fermée d'un tuyau et une ventre de vibration à une extrémité ouverte ».

Ainsi pour un tuyau de longueur L fixée, en notant N un nœud de vibration et V un ventre de vibration, on peut avoir les cas suivants:



En généralisant, la longueur L d'un tuyau de la flûte de Pan, accordé sur le son de longueur d'onde λ est bien : $L = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$, n entier positif ou nul.

3.3. Le mode fondamental correspond à la plus petite valeur de n , soit ici $n = 0$.

On a alors : $L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f_0}$ (cas n°1 de la question précédente).

3.4. Exprimons les fréquences f_n des harmoniques :

$$L = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = n \cdot \left(\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} \right) + \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} \times 2n + 1 \quad L \text{ est un multiple impair de } \frac{\lambda}{4}.$$

Donc : $\lambda = \frac{4 \cdot L}{2n + 1}$

Or $f = \frac{c}{\lambda}$ il vient :

$$f_n = \frac{c}{4 \cdot L} \cdot (2n + 1)$$

En posant $f_0 = \frac{c}{4.L}$ on obtient : $f_n = f_0 \cdot (2n+1)$

Ainsi, les fréquences f_n des harmoniques sont des multiples impairs de f_0 . C'est la raison pour laquelle « on dit parfois que les seuls sons possibles pour une flûte de Pan sont les harmoniques impairs ».