



FICHE EXERCICES

COURS n°9 « Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique »

Exercice 1 :

Lors d'une séance de travaux pratiques pour étudier l'évolution d'un mélange, Coralie introduit dans un bécher le même volume $V_0 = 25,0$ mL de 4 solutions de même concentration $C = 0,100$ mol/L

- solution d'acide éthanoïque - solution d'acide méthanoïque - solution d'ions éthanoate
- solution d'ions méthanoate

Une réaction, non totale, a lieu entre les ions éthanoate et l'acide méthanoïque.

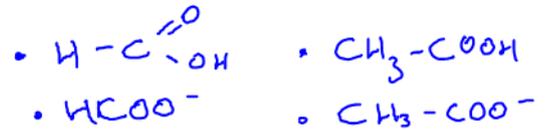
Sa constante d'équilibre à la température du mélange est $K = 10,0$

- 1- Calculer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial.
- 2- Dans quel sens la réaction va-t-elle se produire ?
- 3- Construire le tableau d'avancement.
- 4- En déduire l'avancement à l'équilibre.
- 5- Calculer le taux d'avancement à l'équilibre.



Le venin des abeilles contient de l'acide méthanoïque qui réagit avec l'eau de la peau.

origine
HCOOH



$$Q_{r,i} = \frac{C/4 \times C/4}{C/4 \times C/4} = 1$$

2) On a $Q_{r,i} < K$ donc la réaction se fait dans le sens direct. Rq. $x_f = x_{ég}$

$$\begin{cases} m_f^{CH_3COO^-} = m_i^{CH_3COO^-} - x_f = CV_0 - x_f \\ m_f^{HCOOH} = m_i^{HCOOH} - x_f = CV_0 - x_f \\ m_f^{CH_3COOH} = m_i^{CH_3COOH} + x_f = CV_0 + x_f \\ m_f^{HCOO^-} = m_i^{HCOO^-} + x_f = CV_0 + x_f \end{cases}$$

Suite sur le document "note-expo 1. pdf."

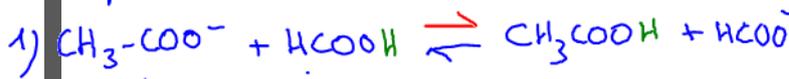
1) Q avec activité $\left\{ \begin{array}{l} a_{solide} = 1 \\ a_{eau} = 1 \end{array} \right. a_{esp} = \frac{[]}{C_0}$

$$Q_{r,a} = \frac{1}{[Ag^+] \times [Cl^-]}$$

$$Q_{r,b} = \frac{[Ba^{2+}] \times [SO_4^{2-}]}{1} \leftarrow \text{produit}$$

\leftarrow réactif.

Equation de la réaction.



$Q_{r,i}$ à l'état initial

$$Q_{r,i} = \frac{a_{CH_3COOH} \times a_{HCOO^-}}{a_{CH_3COO^-} \times a_{HCOOH}}$$

$$\Rightarrow Q_{r,i} = \frac{\frac{[CH_3COOH]_i}{C^0} \times \frac{[HCOO^-]_i}{C^0}}{\frac{[CH_3COO^-]_i}{C^0} \times \frac{[HCOOH]_i}{C^0}}$$

Mélange : $V_{tot} = 4V_0$

$$[CH_3COO^-]_i = \frac{n_{CH_3COO^-}}{V_{tot}} = \frac{C \times V_0}{4V_0}$$

19 Quotients de réactions

Pour chacun des équilibres chimiques ci-dessous, donner l'expression du quotient de réaction.

- $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons AgCl(s)$
- $BaSO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- $3Zn^{2+}(aq) + 2Al(s) \rightleftharpoons 3Zn(s) + 2Al^{3+}(aq)$
- $H_2SO_4(s) + 2H_2O(l) \rightleftharpoons SO_4^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq)$
- $2Fe^{3+}(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons 2Fe^{2+}(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$

$$Q_{r,c} = \frac{[Al^{3+}]^2}{[Zn^{2+}]^3}$$

$$Q_{r,d} = [SO_4^{2-}] \times [H_3O^+]^2$$

$$Q_{r,e} = \frac{[Fe^{2+}]^2 \times [S_4O_6^{2-}]}{[Fe^{3+}]^2 \times [S_2O_3^{2-}]^2}$$

Exercice 20

Préparer une suspension de sulfate de baryum

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Le sulfate de baryum $BaSO_4$, opaque aux rayons X, est utilisé en radiologie. À 25 °C, on prépare une solution de volume $V = 2,0$ L en introduisant une masse $m = 5,0$ g de $BaSO_4(s)$ dans de l'eau. La dissolution du sulfate de baryum dans l'eau a pour équation : $BaSO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

1. Montrer, qu'à 25 °C, du sulfate de baryum $BaSO_4(s)$ se dissout.
2. À l'état final, $[Ba^{2+}]_f = 1,1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$. En déduire que la transformation n'est pas totale.

Données

Constante d'équilibre à 25 °C : $K = 10^{-9,9}$; $M(BaSO_4) = 233,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.



$m_i BaSO_4$
A

Radiographie d'un intestin grâce à l'utilisation du sulfate de baryum.



$$\Rightarrow Q_{r,i} = \frac{[Ba^{2+}]_i}{c^0} \times \frac{[SO_4^{2-}]_i}{c^0}$$

$$\Rightarrow Q_{r,i} = [Ba^{2+}]_i \times [SO_4^{2-}]_i$$

À l'état initial $[Ba^{2+}]_i = [SO_4^{2-}]_i = 0$

$\Rightarrow Q_{r,i} = 0 < K$
La réaction a lieu dans le sens direct donc $BaSO_4(s)$ se dissout

2)

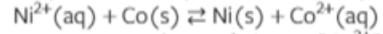
1) Si $BaSO_4$ se dissout alors la réaction a lieu dans le direct.
Calculons le Q_r à l'état initial et montrons que $Q_{r,i} < K$

$$Q_{r,i} = \frac{a_{Ba^{2+}} \times a_{SO_4^{2-}}}{a_{BaSO_4}}$$

Exercice 21

Énoncé Un système chimique de volume $V = 100$ mL contient $1,0 \times 10^{-1}$ mol d'ions nickel (Ni^{2+}) et $2,0 \times 10^{-1}$ mol de cobalt métallique (Co).

Le système est siège d'une transformation chimique modélisée par la réaction d'équation :



Dans l'état final de la transformation on mesure par spectrophotométrie que $[Co^{2+}]_f = 9,1 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

1. Établir un tableau d'avancement de la transformation chimique étudiée.
2. D'après les données expérimentales, déterminer l'avancement final x_f de la transformation.
3. En déduire le taux d'avancement final de la transformation et indiquer si elle est totale ou non totale.

Etat initial
Etat final

1) Tableau ...

2) A l'état final

$$[Co^{2+}]_f = \frac{n_{Co^{2+}}^f}{V} \text{ avec } n_{Co^{2+}}^f = n_{Co^{2+}}^i + x_f$$

$$\Rightarrow [Co^{2+}]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$\Rightarrow x_f = [Co^{2+}]_f \times V = 9,1 \cdot 10^{-1} \times 100 \cdot 10^{-3}$$

$$x_f = 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

3) Recherche x_{max}
Si la réaction est totale.

$$x_f \begin{cases} n_{Ni^{2+}}^f = n_{Ni^{2+}}^i - x_{max} = 0 \\ n_{Co}^f = n_{Co}^i - x_{max} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_{max} = n_{Ni^{2+}}^i = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \\ x_{max} = n_{Co}^i = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \end{cases}$$

\Rightarrow donc $x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$.

Conclusion $x_f < x_{max}$ donc la réaction n'est pas totale.

$$G = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-1}} = 0,91 = 91\%$$

28 Suivi d'une réaction

Au laboratoire, par chauffage à reflux dans un ballon, on réalise la synthèse de l'éthanoate de benzyle $C_9H_{10}O_2$ (E) que l'on notera **E**, par réaction entre 0,10 mol d'acide éthanoïque $C_2H_4O_2$ (E) et 0,10 mol d'alcool benzylique C_7H_8O (E) selon la réaction de constante d'équilibre $K(T) = 4,0$ à 25 °C et d'équation :

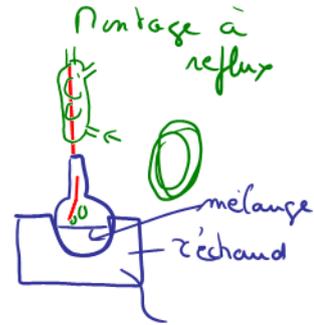


Pendant la synthèse, le volume de liquide à l'intérieur du ballon reste identique. A l'instant $t_1 = 10$ min après le début du chauffage, on réalise un titrage de l'acide restant, on obtient : $n_{\text{acide}} = 0,070$ mol.

- Établir le tableau d'avancement de la réaction et calculer les quantités de matière de toutes les espèces chimiques présentes à l'instant t_1 .
- Exprimer le quotient de réaction Q_r , et calculer sa valeur à cet instant t_1 .
- L'état d'équilibre dynamique est-il atteint ?
- À l'instant $t_2 = 1$ h, on a atteint l'état d'équilibre dynamique (état final). On mesure la quantité d'acide restant : $n_{\text{acide}} = 0,033$ mol. Calculer le taux d'avancement final τ . La transformation est-elle totale ?

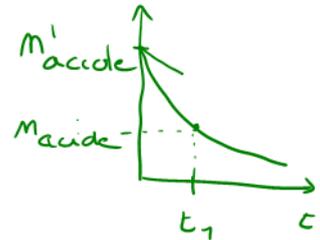


L'arôme de jasmin contient l'éthanoate de benzyle.



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les quantités initiales des réactifs et la constante d'équilibre sont données.
- Cette donnée concerne l'état final de la transformation.



1. Calcul des quantités présentes à l'instant t_1

$$\| n_{\text{acide}}(t_1) = n_{\text{acide}}^i - x(t_1) = 0,070 \text{ mol.} \|$$

$$\Rightarrow x(t_1) = n_{\text{acide}}^i - 0,070 = 0,030 \text{ mol.}$$

$$\Rightarrow n_{\text{alcool}}(t_1) = n_{\text{alcool}}^i - x(t_1) = 0,10 - 0,030 = 0,070 \text{ mol}$$

$$\text{et } \begin{cases} n_{\text{et}}(t_1) = x(t_1) = 0,030 \text{ mol} \\ n_{\text{eau}}(t_1) = x(t_1) = 0,030 \text{ mol.} \end{cases}$$

2. Expression $Q_r(t_1)$

$$Q_r(t_1) = \frac{a_{\text{et}} \times a_{\text{eau}}}{a_{\text{acide}} \times a_{\text{alcool}}} = \frac{[\text{et}]_{t_1} \times [\text{eau}]}{[\text{acide}]_{t_1} \times [\text{alcool}]_{t_1}}$$

Attention (ici) l'eau n'est pas le solvant $a_{\text{eau}} \neq 1$

$$\Rightarrow Q_r(t_1) = \frac{\frac{n_{\text{et}}(t_1)}{V} \times \frac{n_{\text{eau}}(t_1)}{V}}{\frac{n_{\text{acide}}(t_1)}{V} \times \frac{n_{\text{alcool}}(t_1)}{V}}$$

$$\Rightarrow Q_r(t_1) = \frac{(0,030)^2}{(0,070)^2} = 1,8 \cdot 10^{-1}$$

3) $Q_r, i \quad Q_r(t_1) \quad Q_r, eq = K$

$Q_r(t_1) < K$ donc la réaction a lieu dans le sens direct.

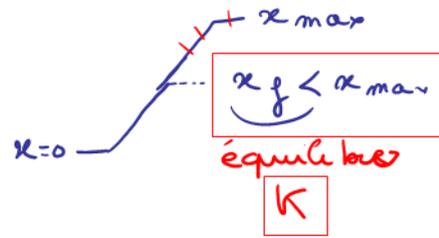
4) Taux d'avancement à l'instant t_1

$$\tau(t_1) = \frac{x(t_1)}{x_{\text{max}}} = \frac{0,030}{0,10} = 0,30 = 30\%$$

Déterminer x_f ?

pour 1 transformation non totale.
on utilise K

$$K = \frac{m_{\text{et}}^f \times m_{\text{eau}}^f}{m_{\text{acide}}^f \times m_{\text{alcool}}^f} = \frac{x_f \times x_f}{(m_i - x_f) \times (m_i - x_f)}$$



$$\Rightarrow K = \frac{x_f^2}{(m_i - x_f)^2}$$

Polynôme du 2^o degré à résoudre

$$\Rightarrow K(m_i - x_f)^2 = x_f^2$$

$$\Rightarrow K m_i^2 - 2K m_i x_f + K x_f^2 = x_f^2$$

$$\Rightarrow x_f^2 - K x_f^2 + 2K m_i x_f - K m_i^2 = 0$$

$$\Rightarrow (1-K) x_f^2 + 2K m_i x_f - K m_i^2 = 0$$

$$\text{ou } (K-1) x_f^2 - 2K m_i x_f + K m_i^2 = 0$$

$$(4-1) x_f^2 - 2 \times 4 \times 0,10 x_f + 4 \times (0,1)^2 = 0$$

$$\Rightarrow 3 x_f^2 - 0,80 x_f + 0,04 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-0,80)^2 - 4 \times 3 \times 0,04 = 0,16$$

$$x_{f_1} = \frac{0,80 - \sqrt{\Delta}}{2 \times 3} = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} < x_{\text{max}}$$

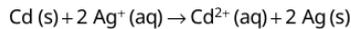
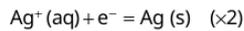
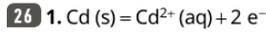
$$\cancel{x_{f_2}} = \frac{0,80 + \sqrt{\Delta}}{2 \times 3} = \cancel{0,2 \text{ mol}} > x_{\text{max}} = 0,1 \text{ mol}$$

A savoir
refaire



CORRECTION FICHE SUITE EXERCICES PILES

COURS n°9 « Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique »



$$2. n(\text{Cd})_i = \frac{m_{\text{Cd}}}{M_{\text{Cd}}} = \frac{30}{112,4} = 0,27 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag})_i = \frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}} = \frac{30}{108,0} = 0,28 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag}^+)_i = n(\text{Cd}^{2+})_i = c \cdot V = 0,15 \times 0,250 = 0,038 \text{ mol}$$

Si Cd est limitant, alors $0,27 - x_{\text{max}} = 0$
et $x_{\text{max}} = 0,27 \text{ mol}$.

Si Ag⁺ est limitant, alors $0,038 - 2x_{\text{max}} = 0$
et $x_{\text{max}} = 0,019 \text{ mol}$.

$0,019 < 0,27$, donc Ag⁺ est limitant.

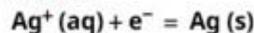
$$3. q_{\text{max}} = n(e^-) \cdot N_A \cdot e \\ = n(\text{Ag}^+)_i \times 6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19} \\ = 3,6 \times 10^3 \text{ C}$$

Équation	Cd (s) + 2 Ag ⁺ (aq) → Cd ²⁺ (aq) + 2 Ag (s)			
État	Quantités de matière (en mol)			
initial	0,27	0,038	0,038	0,28
intermédiaire	0,27 - x	0,038 - 2x	0,038 + x	0,28 + 2x
maximal	0,27 - x _{max}	0,038 - 2x _{max}	0,038 + x _{max}	0,28 + 2x _{max}

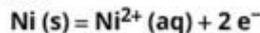
Exercice n°30

1. Schéma de la pile :

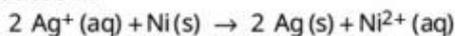
2. a. *Observation 1* : la masse de l'électrode d'argent augmente, donc la demi-équation 1 est :



Observation 2 : la masse de l'électrode de nickel diminue, donc la demi-équation 2 est :



b. Pour égaliser le nombre d'électrons échangés, on multiplie par 2 la demi-équation 1. On obtient l'équation de la réaction d'oxydoréduction :



c. D'après les demi-équations, des électrons sont produits du côté de l'électrode de nickel et consommés du côté de l'électrode d'argent.

À l'extérieur de la pile, les électrons se déplacent donc de l'électrode de nickel vers l'électrode d'argent.

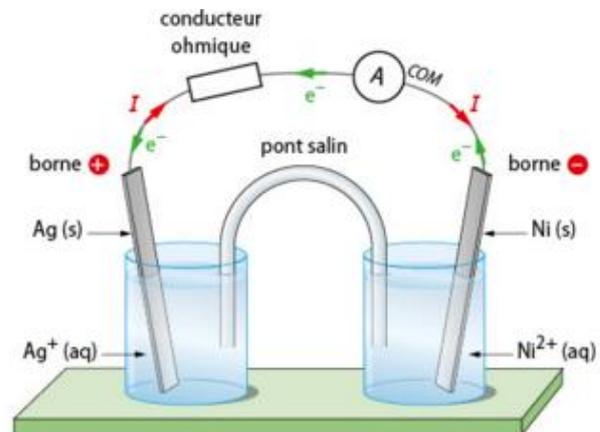
d. Le courant *I* circule dans le sens opposé, de l'argent (donc borne +) vers le nickel (donc borne -).

3. Au cours du fonctionnement de la pile, la quantité de nickel consommée est :

$$n_{\text{Ni}} = \frac{m_{\text{Ni}}}{M_{\text{Ni}}} = \frac{10,0}{58,7} \text{ soit } n_{\text{Ni}} = 0,170 \text{ mol.}$$

Chaque atome de nickel libère 2 électrons, la capacité de la pile est donc :

$$q_{\text{max}} = 2 \times n_{\text{Ni}} \times N_A \times e = 2 \times 0,170 \times 6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}; \quad q_{\text{max}} = 3,3 \times 10^4 \text{ C.}$$



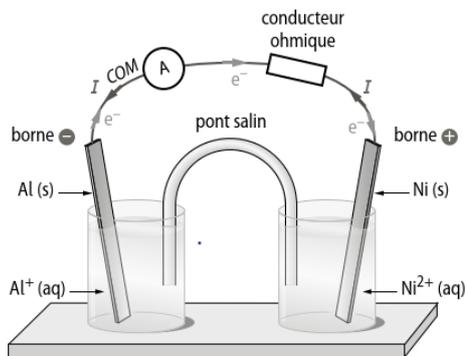
QUELQUES CONSEILS

1. Faire un grand schéma et ne pas oublier de dessiner le pont salin.

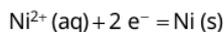
2. À partir des observations, déduire le sens dans lequel les demi-équations se produisent aux électrodes.

Se rappeler que le nombre d'électrons gagnés ou perdus doit être le même sur chaque électrode.

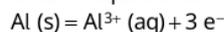
31 1.



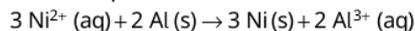
2. a. La masse de l'électrode de nickel augmente, d'où la demi-équation 1 :



La masse de l'électrode d'aluminium diminue, d'où la demi-équation 2 :



b. En multipliant par 3 la demi-équation 1 et par 2 la demi-équation 2, on obtient :



c. D'après les demi-équations, des électrons sont produits du côté de l'électrode d'aluminium et consommés du côté de l'électrode de nickel, donc les électrons se déplacent à l'extérieur de la pile de l'électrode d'aluminium vers l'électrode de nickel.

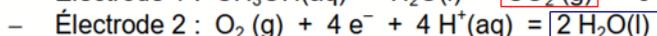
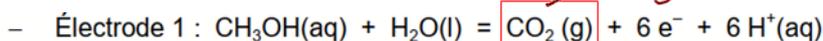
d. Le courant circule dans le sens opposé, de l'électrode de nickel (borne +) vers l'électrode d'aluminium (borne -).

$$3. q_{\text{max}} = 3 \cdot n_{\text{Al}} \cdot N_{\text{A}} \cdot e$$

$$= 3 \times \frac{15,0}{27,0} \times 6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$= 1,6 \times 10^5 \text{ C}$$

EXERCICE C : La pile au méthanol



→ oxydant du couple

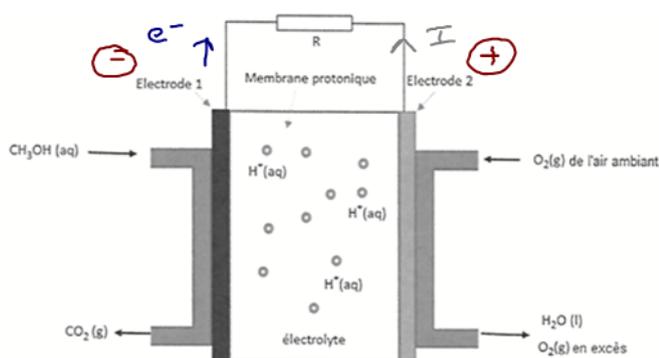
réducteur du couple.

A-1-1 :

Électrode 1 : Il y a une oxydation donc cette électrode est l'anode (2 voyelles)

Électrode 2 : Il y a une réduction donc cette électrode est la cathode

A-1-2



Électrode 1 (oxydation) : Des électrons sont produits

Donc le courant circule dans l'autre sens

Par convention, le I circule de la borne + vers la borne - à l'extérieur de la pile

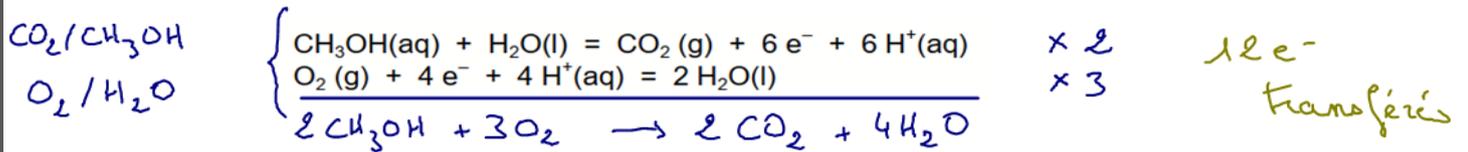
A-1-3 :

La membrane protonique a pour rôle :

- fermer le circuit
- assurer l'électroneutralité des 2 parties.

A-1-4 : schéma

A-2



Remarque : H^+ "s'annule" et H_2O se simplifie.

A-3-1

Calcul de la quantité $n_{\text{CH}_3\text{OH}}$

On utilise une solution à 10% en volume de méthanol.

$$\text{donc } V_{(\text{CH}_3\text{OH})} = 0,10 \times V$$

$$\text{de plus } \rho_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{m_{\text{CH}_3\text{OH}}}{V_{\text{CH}_3\text{OH}}} \Rightarrow m_{\text{CH}_3\text{OH}} = \rho_{\text{CH}_3\text{OH}} \times 0,10 \times V$$

$$\text{et } n_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{m_{\text{CH}_3\text{OH}}}{M_{\text{CH}_3\text{OH}}} = \frac{\rho_{\text{CH}_3\text{OH}} \times 0,10 \times V}{M_{\text{CH}_3\text{OH}}}$$

$$\Rightarrow n_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{0,792 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 0,1 \times 5,0 \text{ mL}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A-3-2:

le dioxygène O_2 utilisé est celui contenu dans l'air.
Il est donc bien en excès.

A-3-3:

la quantité n_{O_2} doit consommer tout le méthanol.
Donc les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

$$\Rightarrow \frac{n_{\text{CH}_3\text{OH}}}{2} = \frac{n_{\text{O}_2}}{3}$$

$$\Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{2}{3} \times n_{\text{CH}_3\text{OH}}$$

Calcul du volume de O_2 consommé V_{O_2}

$$\begin{aligned}
 \text{on a } n_{\text{O}_2} &= \frac{V_{\text{O}_2}}{V_m} \Rightarrow V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \times V_m \\
 &= \frac{2}{3} \times n_{\text{CH}_3\text{OH}} \times V_m
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{2}{3} \times 1,2 \cdot 10^{-2} \times 24,5 = 2,3 \text{ L}$$

Partie B

B1 : Calcul de la capacité de la pile

$$Q_{\max} = n(e) \times \overbrace{V_A}^F \times e$$
$$= 12 \alpha_{\max} \times F$$

On trouve facilement α_{\max} $M_{\text{CH}_3\text{OH}}^f = M_{\text{CH}_3\text{OH}}^i - 2\alpha_{\max} = 0$

$$\Rightarrow \alpha_{\max} = \frac{M_{\text{CH}_3\text{OH}}^i}{2}$$

$$\Rightarrow Q_{\max} = 12 \times \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{2} \times 9,6 \cdot 10^4 = 6,9 \cdot 10^3 \text{ C}$$

B2 : le courant I nécessaire au bon fonctionnement du ventilateur est $I = 450 \text{ mA} = 0,450 \text{ A}$

Le rendement π est défini par $Q'_{\max} = \pi \times Q_{\max}$ avec $\pi = 0,70$

⚠ 2 piles sont montées en série donc $Q''_{\max} = 2 Q'_{\max}$

Calculons la durée Δt maximale de fonctionnement de la pile débitant un courant I

$$\text{on a } I = \frac{2Q'_{\max}}{\Delta t} = \frac{2\pi Q_{\max}}{\Delta t}$$

$$\text{donc } \Delta t = \frac{2\pi \times Q_{\max}}{I} = \frac{2 \times 0,70 \times 6,9 \cdot 10^3}{0,450}$$

$$\Rightarrow \Delta t = 2,2 \cdot 10^4 \text{ s}$$
$$= \frac{2,2 \cdot 10^4}{60 \times 60} = 6,0 \text{ h}$$

la pile peut fonctionner largement 1 heure