

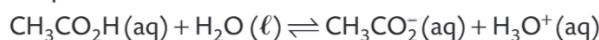
## NIVEAU 1

## 6 Calculer un taux d'avancement final

| Exploiter des mesures ; faire des calculs.

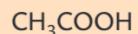
Un volume  $V_A = 1,00 \text{ mL}$  d'acide éthanoïque pur est versé dans une fiole jaugée de volume  $V = 500,0 \text{ mL}$ . On ajuste au trait de jauge avec de l'eau distillée. Le pH de la solution est égal à 3,1.

L'acide éthanoïque réagit avec l'eau suivant la réaction d'équation :



1. Calculer l'avancement maximal de la réaction.
2. Calculer le taux d'avancement final.
3. Conclure quant au caractère total ou non de la transformation.

## Acide éthanoïque



$$M = 60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$d = 1,05$$



## 14 Utiliser un ampèremètre

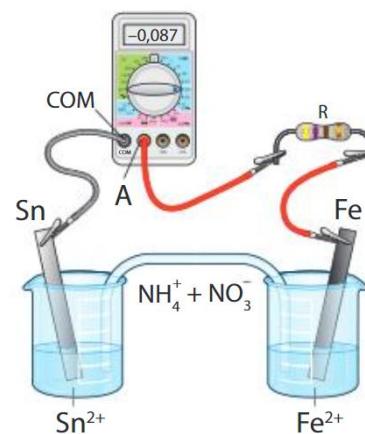
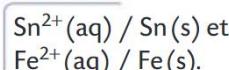
| Interpréter des mesures.

1. Déterminer le sens du courant dans le circuit extérieur de la pile ci-contre.

2. En déduire l'équation de la réaction de fonctionnement.

3. Justifier la stratégie de séparation des réactifs dans deux demi-piles.

## Données



## 8 Lier équation et quotient de réaction

| Mobiliser ses connaissances.

Parmi les expressions données ci-dessous, associer un quotient de réaction à une équation de réaction.

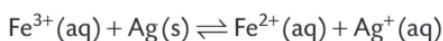
1.  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Ag}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + 2 \text{Ag}^+(\text{aq})$
  2.  $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HO}^-(\text{aq})$
- $$\frac{[\text{Cu}^{2+}] \times c^\circ}{[\text{Ag}^+]^2}, \frac{[\text{Ag}^+]^2}{[\text{Cu}^{2+}] \times c^\circ}, \frac{[\text{Cu}^{2+}] \times [\text{HO}^-]^2}{(c^\circ)^3}$$

## NIVEAU 2

## 10 Évaluer une constante d'équilibre

| Effectuer des calculs ; utiliser un modèle pour prévoir.

À 25 °C, dans une fiole jaugée de 250,0 mL, sont dissous totalement une masse  $m_1 = 1,21 \text{ g}$  de nitrate de fer (III) nonahydraté  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ , une masse  $m_2 = 0,87 \text{ g}$  de sulfate de fer (II) heptahydraté  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ , une masse  $m_3 = 0,64 \text{ g}$  de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3(\text{s})$  et de la poudre d'argent  $\text{Ag}(\text{s})$  est ajoutée. On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée. La transformation est modélisée par deux réactions opposées. L'équation s'écrit :



1. Calculer le quotient de réaction à l'état initial  $Q_{r,i}$ .
2. Sachant que la masse d'argent diminue, comparer la constante d'équilibre  $K$ , à 25 °C, au quotient de réaction à l'état initial.
3. À 25 °C, dans un erlenmeyer, sont ajoutées les solutions suivantes :

Solutions	$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{NO}_3^-(\text{aq})$	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
$C \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$1,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$
$V \text{ (mL)}$	30,0	50,0	20,0

De l'argent  $\text{Ag}(\text{s})$  se forme. Déterminer un encadrement de la constante d'équilibre  $K$ .

## Données

$$M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 241,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M(\text{FeSO}_4) = 151,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M(\text{AgNO}_3) = 169,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

## NIVEAU 3

## 19 Connaître les critères d'évaluation

## Un écran alimenté avec un citron !

| Effectuer des calculs ; mobiliser et organiser ses connaissances.

D'après Baccalauréat

Il est possible d'alimenter un écran à cristaux liquides avec des piles « citron ». Pour chaque pile, une pièce de monnaie en cuivre  $\text{Cu}(\text{s})$  et un trombone recouvert de zinc  $\text{Zn}(\text{s})$ , sont piqués dans un citron dont le jus acide contient des ions hydrogène  $\text{H}^+(\text{aq})$ . Chaque trombone est déplié et seule une longueur  $L = 2 \text{ cm}$  est plantée dans le citron.



- La masse de zinc déposée sur chaque trombone permet-elle à la pile d'alimenter l'écran pendant une durée  $\Delta t = 5 \text{ min}$  si l'intensité  $I$  du courant est égale à 10 mA ?

## Données

- Le trombone peut être assimilé à un cylindre de rayon  $R = 0,50 \text{ mm}$ , l'épaisseur de la couche de zinc est  $e = 100 \text{ }\mu\text{m}$ .
- Surface de la couche de zinc en contact avec le citron :  $S = 2 \times \pi \times R \times L + \pi \times R^2$ .
- $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\rho(\text{Zn}) = 7,14 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .
- Relation entre l'intensité  $I$  (en A), la quantité d'électricité débitée  $Q$  (en C) et la durée de fonctionnement  $\Delta t$  (en s) :  $Q = I \times \Delta t$ .
- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  et  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .
- $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s}) ; \text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$ .

## 22 Les avions hybrides

| Utiliser un modèle pour décrire ; effectuer des calculs.

Des avionneurs s'intéressent à un concept d'avion hybride dont les trajets au sol seraient alimentés par une pile à combustible. Lors du freinage, une partie de l'énergie cinétique est convertie en énergie chimique, stockée sous forme de dihydrogène grâce à un dispositif situé dans la soute. Lors du roulage, le *processus inverse* utilise le dihydrogène pour produire de l'électricité.

D'après <https://www.industrie-techno.com>

### NIVEAU 2

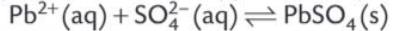
#### 20) À chacun son rythme

##### Contamination au plomb

Exploiter des informations ; comparer à une valeur de référence.

Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

Lorsqu'il est ingéré, l'élément plomb Pb a des effets graves sur le système nerveux central et sur le système digestif. Aussi l'eau potable ne doit-elle pas contenir plus de 50 mg d'ion plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) par litre d'eau. Les ions plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) peuvent réagir avec les ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) présents également dans les eaux. La transformation est modélisée par deux réactions opposées. L'équation s'écrit :



##### Énoncé compact

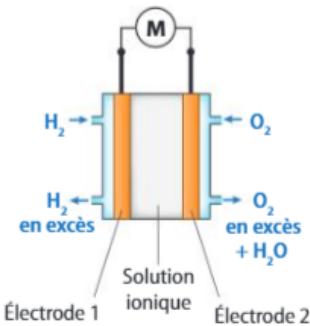
Est-il envisageable d'éliminer les ions plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) d'une eau potable par précipitation du sulfate de plomb  $\text{PbSO}_4(\text{s})$  ?

##### Énoncé détaillé

1. Calculer les concentrations maximales en quantité de matière en ions plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) et sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) qu'une eau peut contenir pour être qualifiée de potable.
2. Calculer, le quotient de réaction associé à l'équation.
3. À 25 °C, comparer la valeur du quotient de réaction à l'état initial à la constante d'équilibre  $K$ .
4. Est-il envisageable d'éliminer les ions plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) par précipitation du sulfate de plomb  $\text{PbSO}_4(\text{s})$  ?

##### Données

- $M(\text{Pb}) = 207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Constante d'équilibre, à 25 °C, de la réaction de précipitation :  $K = 1,6 \times 10^{-3}$ .
- La concentration maximale autorisée en ion sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) dans une eau potable est égale à  $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .



1. Nommer le type de dispositif évoqué dans la dernière phrase en italique.

2. Ce dispositif est présenté ci-contre. Établir les équations des réactions électrochimiques se produisant aux électrodes 1 et 2.

3. Recopier le schéma du dispositif et indiquer le sens de circulation des électrons et le sens conventionnel du courant.

4. a. Le dispositif débite un courant d'intensité de valeur  $I = 100 \text{ A}$  pendant  $\Delta t = 8,0 \text{ h}$ . Calculer la charge électrique  $Q$  débitée.

- b. Calculer la masse de dihydrogène gazeux consommé.

- c. En déduire le volume de dihydrogène consommé.

6. Commenter la valeur et proposer une forme de stockage du dihydrogène  $\text{H}_2$ .

##### Données

- Relation entre l'intensité  $I$  (en A), la quantité d'électricité débitée  $Q$  (en C) et la durée de fonctionnement  $\Delta t$  (en s) :

$$Q = I \times \Delta t.$$

- $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g}) ; \text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$ .

- $\rho(\text{H}_2(\text{g})) = 9,0 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ;  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- Volume moyen de kérosène dans un airbus 380 :  $320 \text{ m}^3$ .

- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  et  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

## 6 Calculer un taux d'avancement final

1. • Masse d'acide éthanoïque apporté :

$$m = d \times V_A \times \rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ mL} \times 1,05 \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 1,05 \text{ g.}$$

- Quantité d'acide éthanoïque apportée :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,05 \text{ g}}{60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 17,5 \text{ mmol.}$$

L'eau est en large excès, donc l'avancement maximal correspond à la quantité d'acide éthanoïque apporté, soit  $x_{\text{max}} = 17,5 \text{ mmol}$ .

2. Le pH est égal à 3,1 donc :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-] = 10^{-\text{pH}} = 7,9 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$\text{Or } [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{x_f}{V} \text{ donc } x_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V = 0,40 \text{ mmol.}$$

3. Le taux d'avancement final  $\tau$  est égal à  $\frac{x_f}{x_{\text{max}}} = 2,3 \%$ . La transformation n'est donc pas totale.

## 8 Lier équation et quotient de réaction

$$1. \frac{[\text{Ag}^+]^2}{[\text{Cu}^{2+}] \times c^0}$$

$$2. \frac{[\text{Cu}^{2+}] \times [\text{HO}^-]^2}{(c^0)^3}$$

## 10 Évaluer une constante d'équilibre

1. Calcul des quantités de matière et des concentrations des différentes espèces :

Ions	$\text{Fe}^{3+}$ (aq)	$\text{Fe}^{2+}$ (aq)
$M (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$ du sel dont provient l'ion	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ $M = 241,9 + 9 \times 18 = 403,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ $M = 151,9 + 7 \times 18 = 277,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Quantité $n_i$ (mol)	$3,00 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-3}$
Concentration initiale $\frac{n_i}{V}$ (mol $\cdot$ L $^{-1}$ )	$1,20 \times 10^{-2}$	$1,25 \times 10^{-2}$

Ions	$\text{Ag}^+$ (aq)
$M (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$ du sel dont provient l'ion	$\text{AgNO}_3$ $M = 169,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Quantité $n_i$ (mol)	$3,77 \times 10^{-3}$
Concentration initiale $\frac{n_i}{V}$ (mol $\cdot$ L $^{-1}$ )	$1,51 \times 10^{-2}$

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Ag}^+]_i \times [\text{Fe}^{2+}]_i}{[\text{Fe}^{3+}]_i \times c^0} = 1,57 \times 10^{-2}.$$

2. Si la masse d'argent diminue au cours de la transformation, c'est donc que la transformation évolue dans le sens direct de l'équation, donc  $Q_{r,i} < K$  soit  $1,57 \times 10^{-2} < K$ .

3. On calcule les concentrations des espèces :

Ions	$\text{Fe}^{3+}$ (aq)	$\text{Fe}^{2+}$ (aq)	$\text{Ag}^+$ (aq)
Concentration initiale $\frac{C_i \times V_i}{V_{\text{tot}}}$ (mol $\cdot$ L $^{-1}$ )	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-3}$

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Ag}^+]_i \times [\text{Fe}^{2+}]_i}{[\text{Fe}^{3+}]_i \times c^0} = 1,67.$$

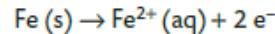
4. Puisque de l'argent solide  $\text{Ag} (s)$  se forme, c'est donc que la transformation évolue dans le sens indirect de l'équation, donc  $Q_{r,i} > K$  soit  $K < 1,67$ . On en déduit :  $1,57 \times 10^{-2} < K < 1,67$ .

## 14 Utiliser un ampèremètre

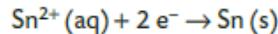
1. L'intensité du courant électrique est négative donc le courant circule de la borne d'étain vers la borne de fer dans le circuit extérieur.

2. • Les sens de circulation des électrons est opposé à celui du sens conventionnel du courant.

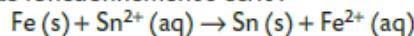
- L'électrode de fer fournit les électrons au circuit extérieur, le fer s'oxyde. L'équation de la réaction électrochimique s'écrit :



- À l'électrode d'étain, les électrons arrivent et sont captés par les ions étain (II) qui sont réduits. L'équation de la réaction électrochimique s'écrit :



L'équation de fonctionnement s'écrit :



3. La séparation des réactifs dans deux demi-piles permet d'imposer un transfert indirect d'électrons passant par le circuit extérieur.

## 19 Connaître les critères de réussite

## Un écran alimenté avec un citron !

Chaque trombone est parcouru par la même intensité de courant. Pour chaque trombone, il faut donc une masse minimale identique.

- Détermination de la masse  $m_0$  de zinc déposé sur chaque trombone :

- Volume de la couche de zinc :

$$V = S \times e = (2\pi \times R \times L + \pi \times R^2) \times e.$$

Application numérique :  $V = 6,4 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$

- Masse  $m_0$  la couche de zinc de chaque trombone :

$$m_0 = \rho(\text{Zn}) \times V.$$

Application numérique :  $m_0 = 4,5 \times 10^{-2} \text{ g}$ .

- Détermination de la masse  $m$  de zinc réagissant lors de l'électrolyse sur chaque trombone :

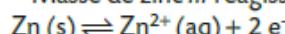
- Quantité d'électricité :  $Q = I \times \Delta t$ .

Application numérique :  $Q = 3,0 \text{ C}$ .

- Quantité de matière d'électrons circulant :

$$n_e = \frac{Q}{N_A \times e} = 3,1 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

- Masse de zinc  $m$  réagissant :



$$\text{soit } \frac{n(\text{Zn})}{1} = \frac{n(\text{e})}{2} \text{ et } m(\text{Zn}) = \frac{n(\text{e}) \times M(\text{Zn})}{2}$$

Application numérique :  $m = 1,0 \times 10^{-3} \text{ g}$ .

- $m < m_0$  donc la masse de zinc transformée est inférieure à de la masse de zinc recouvrant chaque trombone. La masse de zinc déposée sur le trombone permet donc à la pile d'alimenter l'écran pendant une durée  $\Delta t = 5 \text{ min}$  si l'intensité  $I$  du courant est égale à 10 mA.

## 20 À chacun son rythme

### Contamination au plomb

1. • L'eau potable ne doit pas contenir plus de 50 mg d'ion plomb (II)  $\text{Pb}^{2+}$  (aq) par litre d'eau

$$\Rightarrow [\text{Pb}^{2+}]_{\text{max}} = \frac{t_m(\text{Pb}^{2+})}{M(\text{Pb})}$$

Application numérique :  $[\text{Pb}^{2+}]_{\text{max}} = 2,4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- La concentration maximale autorisée en ion sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) dans une eau potable est égale à 250 mg  $\cdot \text{L}^{-1}$

$$\Rightarrow [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{max}} = \frac{t_m(\text{SO}_4^{2-})}{M(\text{SO}_4^{2-})}$$

Application numérique :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{max}} = 2,60 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$2. Q_{r,i} = \frac{(c^o)^2}{[\text{Pb}^{2+}]_i \times [\text{SO}_4^{2-}]_i} = \frac{1^2}{2,4 \times 10^{-4} \times 2,60 \times 10^{-3}}$$

$$Q_{r,i} = 1,6 \times 10^6$$

3.  $K = 1,6 \times 10^{-3} < Q_{r,i} \Rightarrow$  si la transformation évolue, elle évolue dans le sens opposé de l'équation (dissolution du précipité). Il ne se forme pas de sulfate de plomb solide  $\text{PbSO}_4(s)$ .

4. Il n'est donc pas envisageable d'éliminer les ions plomb (II) par précipitation du sulfate de plomb puisque cette réaction n'est pas spontanée.

## 22 Les avions hybrides

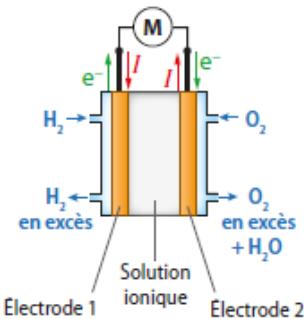
1. Le dispositif évoqué dans la dernière phrase en gras est une pile.

2. Le réducteur est le dihydrogène  $\text{H}_2(g)$  et l'oxydant est le dioxygène  $\text{O}_2(g)$ .

Les équations des réactions électrochimiques sont :

- Électrode 1 :  $\text{H}_2(g) \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$  (oxydation)
- Électrode 2 :  $\text{O}_2(g) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$  (réduction)

3.



$$4. \text{ a. } Q = I \times \Delta t = 100 \text{ A} \times 8,0 \text{ h} = 800 \text{ Ah} = 800 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 2,88 \times 10^6 \text{ C.}$$

$$\text{b. } n(\text{e}) = \frac{Q}{N_A \times e} = \frac{2,88 \times 10^6}{6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}} = 29,9 \text{ mol.}$$

$$\text{Or } \frac{n(\text{H}_2)}{1} = \frac{n(\text{e})}{2} = 15,0 \text{ mol.}$$

$$\text{Soit } m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \times M(\text{H}_2)$$

$$m(\text{H}_2) = 15,0 \text{ mol} \times 2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 30,0 \text{ g}$$

$$\text{c. } \rho(\text{H}_2(\text{g})) = \frac{m(\text{H}_2)}{V(\text{H}_2)}$$

$$\Rightarrow V(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{\rho(\text{H}_2)} = \frac{30,0 \times 10^{-3} \text{ kg}}{9,0 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} = 0,33 \text{ m}^3.$$

5. Cette valeur est relativement faible comparée au volume du kérósène. Il est possible d'aménager un petit réservoir pour stocker le dihydrogène.