Exercices de Chimie
Deuxième Bac
Sciences Physique

Suivi Temporel d'une transformation chimique

Exercice :1

Suivi temporel d'une transformation chimique par mesure de la pression

Les principaux ennemis des chauffe-eaux et des cafetières sont les dépôts calcaires (Le tartre) , produits lors d'usage quotidien de ces appareils cela peut perturber leur fonctionnement, pour entretenir ces appareils, il est nécessaire d'enlever régulièrement ces dépôts. Plusieurs fabricants d'appareils recommandent d'utiliser un détartrant à base d'acide lactique de formule $C_3H_6O_3$ (ou d'acide acétique), cet acide n'est pas corrosif par rapport aux pièces métalliques contenues ces appareils.

Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule $CaCO_{3(S)}$ .Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium suivant la réaction d'équation : $CaCO_{3(S)} + 2C_3H_6O_{3(aq)} \rightarrow Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 2C_3H_5O_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

On introduit dans un ballon de volume $V_b = 320mL$ qui contient un volume $V_s = 10mL$ une solution de l'acide lactique de concentration $C = 0{,}6mol.L^{-1}$ une masse $m = 0{,}4g$ de carbonate de calcium. Grâce à un capteur de pression, on mesure, en fonction du temps, la pression de dioxyde de carbone (CO_2) produit par la réaction P_{CO_2}à une température constante $T = 298°K$, ce qui nous a permis de tracer la courbe $P_{CO_2} = f(t)$, qui représente la variation de la pression P_{CO_2} en fonction du temps (t) .

La droite (D) représente la tangente à la courbe $P_{CO_2} = f(t)$ à l'instant $t_1 = 80\ s$.

Données :

- Masse molaire du carbonate de calcium :$M\left(CaCO_{3(S)}\right) = 100g.mol^{-1}$
- Constante des gaz parfaits :$R = 8;31(SI)$

1- Proposer une technique convenable, autre que la pressiomètre, qui permettrait le suivi temporel de l'évolution du système chimique étudié. Justifier

2- Établir le tableau d'avancement de la réaction afin de déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max}.

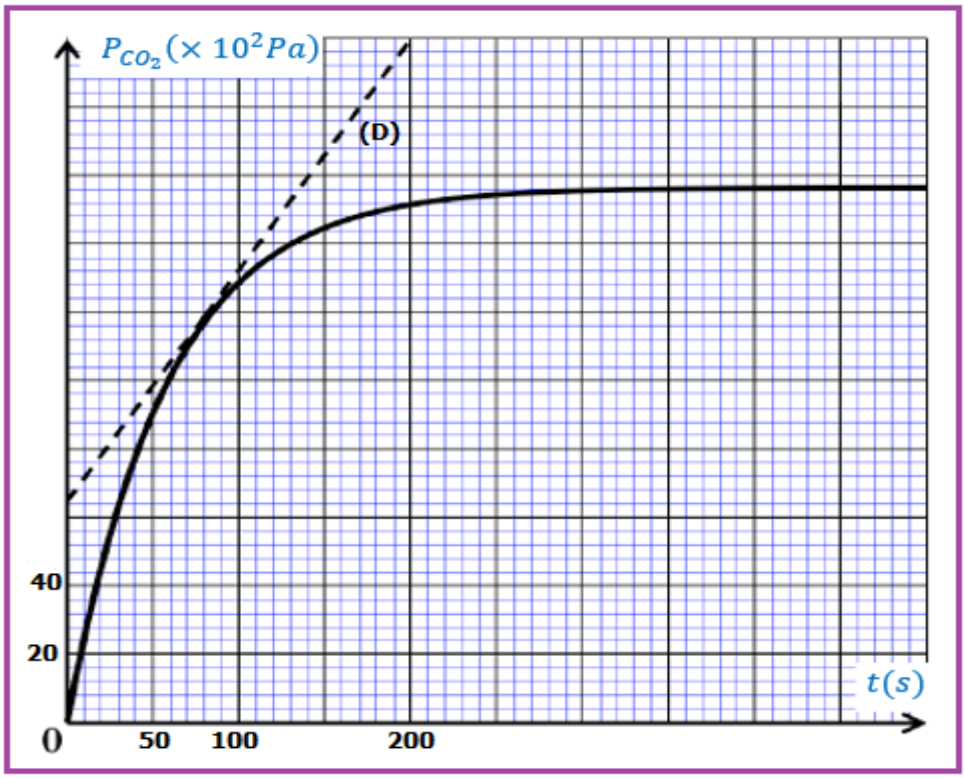
3- Donner l'expression de la vitesse volumique v de la réaction en fonction de :V_s, R, T, V_b et $\frac{dP_{CO_2}}{dt}$

4- Calculer sa valeur à l'instant $t_1 = 80s$.

5- Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et calculer sa valeur en justifiant la réponse.

6- Lors du détartrage, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un

peu plus concentrée en acide lactique et à chauffer cette solution. Quelle est en effet la conséquence sur la durée du détartrage. Justifier .



Exercice :2

Suivi temporel d'une transformation chimique par mesure de la concentration

Pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on utilise la réaction chimique suivante :

$$3CH_3CH_2OH_{(aq)} + 2{Cr_2O_7}^{2-}{}_{(aq)} + 16{H^+}_{(aq)} \rightarrow 3CH_3COOH_{(aq)} + 4{Cr^{3+}}_{(aq)} + 11H_2O_{(aq)}$$

Cette réaction est lente, son évolution est suivie par dosage.

À la date $t = 0$, on mélange un volume $V_P = 2mL$ de sang prélevé au bras d'un conducteur avec $V = 10mL$ d'une solution aqueuse acidifiée de dichromate de potassium $\left(2{K^+}_{(aq)} + {Cr_2O_7}^{2-}{}_{(aq)}\right)$ de concentration molaire $C = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$ .Le volume total du mélange réactionnel est $V_T = 12mL$.

Un suivi temporel obtenu par dosage des ions dichromate ${Cr_2O_7}^{2-}$ a permis de tracer la courbe suivante.

1- Établir le tableau d'avancement du système en désignant par n_0 la quantité de matière initiale d'alcool présente dans les $2mL$ de sang, et par n_1 la quantité de matière initiale en ions dichromate introduite dans le mélange réactionnel. (L'ion H^+ est en excès).

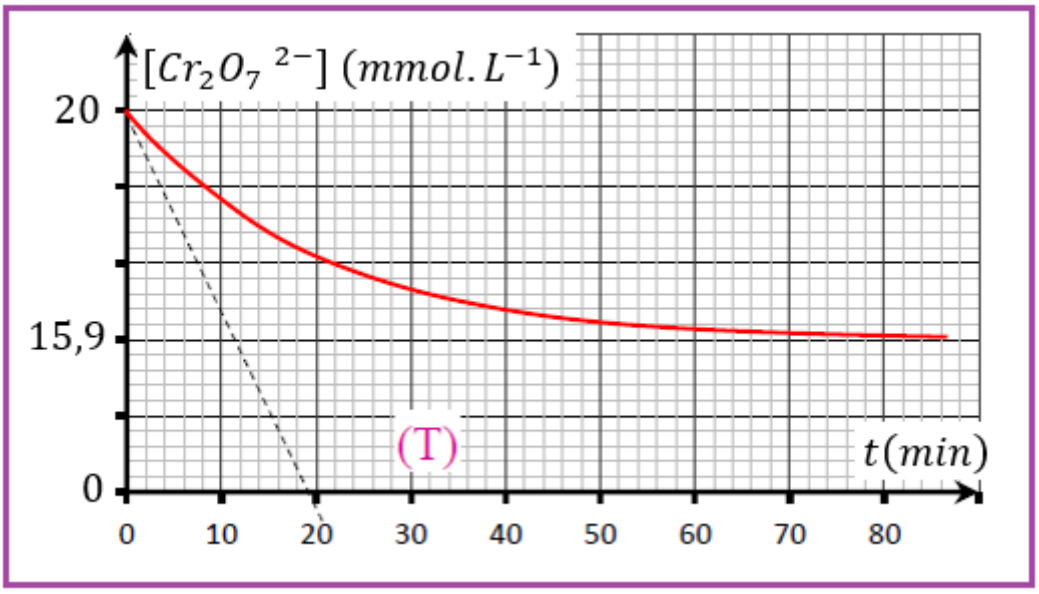
2- Quelle relation existe entre l'avancement x de la réaction, la concentration en ions dichromate $\left[{Cr_2O_7}^{2-}\right]$ dans le mélange, le volume V_T du mélange réactionnel, et la quantité n_1?

3- La réaction peut être considérée comme totale. À l'aide du graphique $\left[{Cr_2O_7}^{2-}\right] = f(t)$, calculer l'avancement maximal x_m.

4- Le taux autorisé d'alcool est de $0{,}5g$ dans $1L$ de sang. Le conducteur est-il en infraction ?

5- Donner la définition de la vitesse de la réaction.

6- Déterminer sa valeur à l'instant initial.



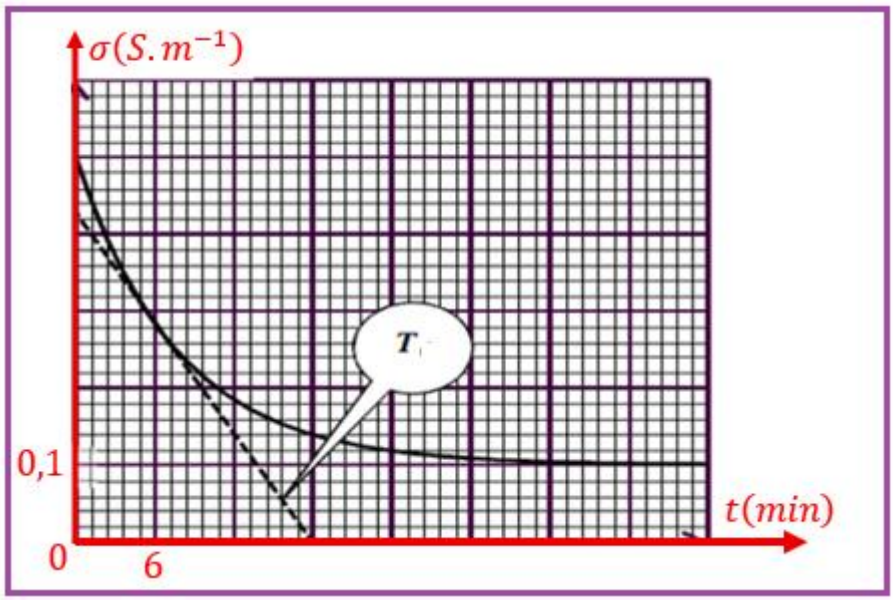
Exercice :3

Suivi temporel d'une transformation chimique par mesure de la Conductivité

La réaction entre l'aluminium et l'acide chlorhydrique est lente et totale.

A la température $25°C$ on met dans un bécher une masse $m = 27g$ d'aluminium Al et un volume $V = 20ml$ d'acide chlorhydrique $\left(H_3O^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}\right)$ de concentration $C = 1{,}2.10^{-2}mol.L^{-1}$

La courbe ci-dessous représente la variation de la conductivité σ en fonction du temps.



L'équation est : $2Al_{(s)} + 6H_3O^+{}_{(aq)} \rightarrow 3H_{2(g)} + 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)}$

1- Dresser le tableau d'avancement.

2- Montrer que la conductivité $\sigma(t)$ s'écrit sous la forme :

$$\sigma(t) = -1{,}01.10^{4}x + 0{,}511$$

3- Trouver l'expression de la vitesse volumique en fonction de σ.

4- Déterminer graphiquement la valeur de $t_{1/2}$ le temps de demi -réaction.

5- Calculer la valeur de la vitesse volumique à l'instant $t = 6min$.

Données :

- La masse molaire atomique d'aluminium :$m(Al) = 27g.mol^{-1}$
- Les conductivités molaires ioniques :

$\lambda_{H_3O^+} = 35ms.m^2.mol^{-1}$ * $\lambda_{Al^+} = 4ms.m^2.mol^{-1}$ * $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6ms.m^2.mol^{-1}$ *

Exercice :4

Suivi temporel d'une transformation chimique par mesure de la conductance

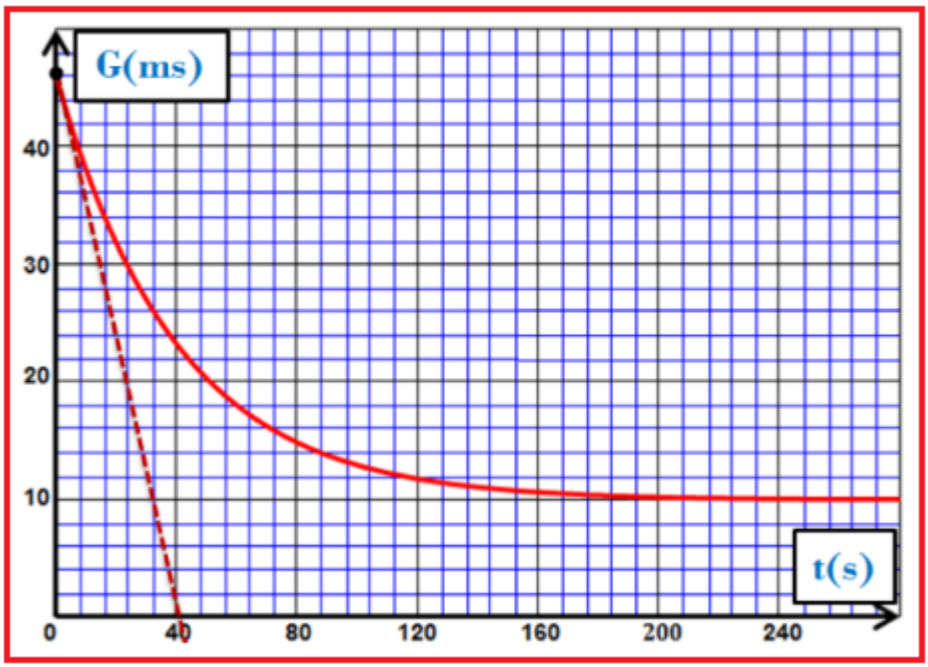
Le but de cet exercice est d'étudier la cinétique de l'hydrolyse basique (saponification) d'un ester (E) de formule,$CH_3COOC_2H_5$par suivi conductimétrie.

On mélange rapidement dans un bécher une quantité $n_1 = 10^{-3}mol$ d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)$ et une quantité $n_2$de l'ester en excès,

A 25 C. Une réaction lente d'équation :

$$CH_3COOC_2H_{5(aq)} + HO^-{}_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-{}_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

Se déroule dans le bécher. Cette réaction d'hydrolyse de l'ester est considérée comme une transformation chimique totale. On note V le volume total du mélange réactionnel qui reste constant au cours de la transformation. À l'aide d'un conductimètre, on mesure la conductance G du mélange réactionnel au cours du temps, la figure ci-contre représente la variation de la conductance en fonction du temps : $G = f(t)$



Données :

- On appelle constante de cellule k le rapport de la conductance G et de la conductivité de la solution σ. On peut donc écrire la relation : $G = k.\sigma$.
- Le volume du mélange réactionnel : $V = 100mL$
- Conductivités molaires ioniques de quelques ions à 25°C en $S.m^2.mol^{-1}$

$$\lambda_1 = \lambda_{HO^-} = 1{,}99.10^{-2} * \quad \lambda_2 = \lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09.10^{-3} * \lambda_3 = \lambda_{Na^+} = 5{,}01.10^{-2}$$

1- Expliquer la diminution de la conductance mesurée au cours de la transformation chimique.

2- Dresser le tableau d'avancement de la réaction chimique.

3- Donner l'expression de G_0 la conductance initiale $(t = 0)$en fonction de :k, n_1, V et les conductivités molaires ioniques

4- Montrer que l'expression de $G(t)$ la conductance, à date t, est de la forme : $G(t) = A.x + B$, en précisant l'expression de A et B en fonction de : $k, n_1, V, x, \lambda_1, \lambda_2$ et λ_3 . Puis vérifier que $G_0 = B$

5- En déduire l'expression de la conductance finale G_f

6- Établir la relation suivante : $x = n_1.\frac{G(t)-G_0}{G_f-G_0}$, puis déterminer la composition du mélange réactionnel à l'instant $t = 72s$

7- La vitesse volumique de la réaction

7-1- Trouver l'expression de v la vitesse volumique de la réaction chimique en fonction de $G(t)$

7-2- Calculer sa valeur à l'instant initial :v_0

7-3- Comment évolue la vitesse volumique au cours de la réaction

8- Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$

8-1- Démontrer que $G(t_{1/2}) = \frac{G_0+G_f}{2}$

8-2- Déduire graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$



SÉRIE : SUIVI TEMPOREL D'UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE

Exercice 1 :

1) On utilise la mesure du volume V du CO_2 (car CO_2 est un gaz)

2)

Equation de la réaction	$CaCO_3$	+ $2C_3H_6O_3$	→ Ca^{2+}	+ CO_2	+ $2C_3H_5O_3^-$	+ H_2O
Etat Initial	$n_i(CaCO_3)$	$n_i(C_3H_6O_3)$	0	0	0	en excès
Etat Intermédiaire	$n_i(CaCO_3) - x$	$n_i(C_3H_6O_3) - 2x$	x	x	$2x$	en excès
Etat Final	$n_i(CaCO_3) - x_m$	$n_i(C_3H_6O_3) - 2x_m$	x_m	x_m	$2x_m$	en excès

A l'état final, on a :

$$\begin{cases} n_i(CaCO_3) - x_m = 0 \\ \text{ou} \\ n_i(C_3H_6O_3) - 2x_m = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_m = n_i(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{0,4}{100} = 4\times10^{-3}\ mol \\ \text{ou} \\ x_m = \frac{n_i(C_3H_6O_3)}{2} = \frac{CV}{2} = \frac{10\times10^{-3}\times0,6}{2} = 3\times10^{-3}\ mol \end{cases}$$

et comme $3\times10^{-3}\ mol < 4\times10^{-3}\ mol$

Alors $x_m = 3\times10^{-3}$ et $CaCO_3$ est RL

3) On a $v = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dx}{dt}$ (1)

et on sait que $P_{CO_2} \cdot V_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot RT$

avec $V_{CO_2} = V_b - V_s$ et $n_{CO_2} = x$

$\Rightarrow P_{CO_2} \cdot (V_b - V_s) = x \cdot RT$

$\Rightarrow x = \frac{P_{CO_2} \cdot (V_b - V_s)}{RT}$

on remplace x dans (1)

$$v = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{d}{dt}\left(\frac{P_{CO_2} \cdot (V_b - V_s)}{RT}\right)$$

$$\Rightarrow v = \frac{V_b - V_s}{V_s \cdot RT} \cdot \frac{dP_{CO_2}}{dt}$$

4) $v_{t=0} = ?$

on a $v = \frac{V_b - V_s}{V_s RT} \cdot \frac{dP_{CO_2}}{dt}$

et on a $\frac{dP_{CO_2}}{dt} = \frac{P_B - P_A}{t_B - t_A} = \frac{(132\times10^2) - (100\times10^2)}{100 - 50} = 64\ Pa.s^{-1}$

Douaa ENNADI

et $\frac{V_0 - V_s}{V_s RT} = \frac{320 - 10}{10 \times 8,31 \times 298} = 1,25 \times 10^{-2}$ mol. Pa^{-1}. m^{-3}

D'où $v = 1,25 \times 10^{-2} \times 64$

$\Rightarrow v = 0,8$ mol. m^{-3}. s^{-1}

5) definition (voir cours)

Calcul de $t_{1/2}$

On a $x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2}$

D'après le tableau d'avancement, on a :

$x = n(CO_2) = \frac{PV_{CO_2}}{RT}$

$\Rightarrow x(t_{1/2}) = \frac{P(t_{1/2}) \cdot V_{CO_2}}{RT}$

et $x_m = \frac{P_m \cdot V_{CO_2}}{RT}$

$\frac{P(t_{1/2}) \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T} = \frac{P_m \cdot V_{CO_2}}{2 R \cdot T}$

$\Rightarrow P(t_{1/2}) = \frac{P_m}{2}$

D'après le graphe, on a :

$P_m = 156 \times 10^2$ Pa

$\Rightarrow P(t_{1/2}) = \frac{P_m}{2} = \frac{156 \times 10^2}{2} = 78 \times 10^2$ Pa

Alors $t_{1/2} = 40$ s

6) C'est pour réduire la durée du détartrage (accelérer la réaction). Car la température est un facteur cinétique

Exercice 2 :

1)

Equation de la réaction	$3CH_3CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ \rightarrow 3CH_3COOH + 4Cr^{3+} + 11H_2O$					
Etat Initial	n_0	n_1	en excès	0	0	en excès
Etat Intermédiaire	$n_0 - 3x$	$n_1 - 2x$	en excès	$3x$	$4x$	en excès
Etat Final	$n_0 - 3x_m$	$n_1 - 2x_m$	en excès	$3x_m$	$4x_m$	en excès

2) on sait que $n(Cr_2O_7^{2-}) = [Cr_2O_7^{2-}] \times V_T$

et à l'instant t, on a $n(Cr_2O_7^{2-}) = n_1 - 2x$

$\Rightarrow n_1 - 2x = [Cr_2O_7^{2-}] \times V_T$

$\Rightarrow 2x = n_1 - [Cr_2O_7^{2-}] \times V_T$

Douaa ENNADI

$\Rightarrow x = \dfrac{n_1 - [Cr_2O_7^{2-}] \times V_T}{2}$

3) on a $x_m = \dfrac{n_1 - [Cr_2O_7^{2-}]_\beta \times V_T}{2}$

avec $\begin{cases} V_T = 12\,mL = 12 \times 10^{-3}\,L \\ n_1 = C \times V = 2 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4}\,mol \\ [Cr_2O_7^{2-}]_\beta = 15,9\,mmol/L = 15,9 \times 10^{-3}\,mol.L^{-1} \end{cases}$

Donc $x_m = \dfrac{2 \times 10^{-4} - 15,9 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^{-3}}{2} = 4,6 \times 10^{-6}\,mol$

4) * Calcul de la masse d'alcool m(al) dans 2 mL de sang

En supposant que l'alcool est un réactif limittant, on a:

$n_0 - 3x_m = 0 \Rightarrow n_0 = 3x_m$ avec $n_0 = \dfrac{m(al)}{M(al)}$

$\Rightarrow m(al) = n_0 . M(al) \Rightarrow m(al) = 3x_m . M(al)$

AN: $m(al) = 3 \times 4,6 \times 10^{-6} \times 46 = 6,35 \times 10^{-4}\,g$

m(al) : masse d'alcool dans 2 mL

m'(al) : masse d'alcool dans 1 L

$m(al) \longrightarrow 2\,mL = 2 \times 10^{-3}\,L$ | $\Rightarrow m(al) \times 1 = m'(al) \times 2 \times 10^{-3}$

$m'(al) \longrightarrow 1\,L$ | $\Rightarrow m'(al) = \dfrac{m(al) \times 1}{2 \times 10^{-3}} = \dfrac{6,35 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}}$

$\Rightarrow m'(al) = 3,175 \times 10^{-1}\,g = 0,32\,g$

Puisque $0,32\,g < 0,5\,g$

Donc le conducteur n'est pas en infraction

5) Voir Cour

6) La valeur de $v(t=0)$???

on sait que $v = \dfrac{1}{V_T} . \dfrac{dx}{dt}$

et d'après la question (2), on a $x = \dfrac{n_1 - [Cr_2O_7^{2-}] \times V_T}{2}$

Donc $\dfrac{dx}{dt} = -\dfrac{1}{2}\left(V_T . \dfrac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt} - 0\right) = -\dfrac{1}{2} . V_T . \dfrac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt}$

D'où $v = -\dfrac{1}{V_T} . \dfrac{1}{2} . V_T . \dfrac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt}$

$\Rightarrow v = \dfrac{-1}{2} . \dfrac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt}$

Douaa ENNADI

* Calcul de la pente de la tangente :

$$\frac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt} = \frac{\Delta([Cr_2O_7^{2-}])}{\Delta t}$$

A | $[Cr_2O_7^{2-}]_A = 20$ mmol/L ; $t_A = 0$ min

B | $[Cr_2O_7^{2-}]_B \approx 16,5$ mmol/L ; $t_B = 10$ min

donc $\left(\frac{d[Cr_2O_7^{2-}]}{dt}\right)_{t=0} = \frac{16,5 - 20}{10 - 0} = -0,35$ mmol.L^{-1}.min^{-1}

Donc $v(t=0) = -\frac{1}{2} \cdot (-0,35)$

$\Rightarrow v(t=0) = 0,17$ mmol.L^{-1} min^{-1}

Exercice 3 :

1)

Equation de la réaction	$2Al$	$+ 6H_3O^+$	$\longrightarrow 3H_2 +$	$2Al^{3+}$	$+ 6H_2O$
Etat Initial	$n_1(Al)$	$n_2(H_3O^+)$	0	0	0
Etat Intermédiaire	$n_1(Al) - 2x$	$n_2(H_3O^+) - 6x$	$3x$	$2x$	$6x$
Etat Final	$n_1(Al) - 2x_m$	$n_2(H_3O^+) - 6x_m$	$3x_m$	$2x_m$	$6x_m$

2) on a $\sigma(t) = [H_3O^+] \cdot \lambda_{H_3O^+} + [Al^{3+}] \cdot \lambda_{Al^{3+}} + [Cl^-] \cdot \lambda_{Cl^-}$

avec $[H_3O^+] = \frac{n_2 - 6x}{V}$

et $[Al^{3+}] = \frac{2x}{V}$

et $[Cl^-] = C$

$$\Rightarrow \sigma(t) = \frac{n_2 - 6x}{V} \cdot \lambda_{H_3O^+} + \frac{2x}{V} \cdot \lambda_{Al^{3+}} + C \cdot \lambda_{Cl^-}$$

$$= \frac{C.V - 6x}{V} \cdot \lambda_{H_3O^+} + \frac{2x}{V} \cdot \lambda_{Al^{3+}} + C \cdot \lambda_{Cl^-}$$

$$= C \cdot \lambda_{H_3O^+} - \frac{6x}{V} \cdot \lambda_{H_3O^+} + \frac{2x}{V} \cdot \lambda_{Al^{3+}} + C \cdot \lambda_{Cl^-}$$

$$\sigma(t) = \frac{2x}{V}(-3 \cdot \lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Al^{3+}}) + C \cdot (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

avec $C = 1,2 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} $= 1,2 \times 10^{-2} \times 10^3$ mol.m^{-3}

$\Rightarrow C = 12$ mol.m^{-3}

et $V = 20$ ml $= 20 \times 10^{-6}$ m^3 $= 2 \times 10^{-5}$ m^3

$$\Rightarrow \sigma(t) = \frac{2x}{2 \times 10^{-5}} \times (-3 \times 35 + 4) \times 10^{-3} + 12 \times (35 + 7,6) \times 10^{-3}$$

$\Rightarrow \sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511$

Douaa ENNADI

3) on a $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

on sait que $\sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511$

$\Rightarrow 1,01 \times 10^4 x = 0,511 - \sigma(t)$

$\Rightarrow x = \frac{0,511 - \sigma(t)}{1,01 \times 10^4}$

Donc $\frac{dx}{dt} = d\left(\frac{0,511 - \sigma}{1,01 \times 10^4}\right) \times \frac{1}{dt}$

$\frac{dx}{dt} = \frac{-1}{1,01 \times 10^4} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$ $(d(0,511) = 0)$

D'où $v = \frac{1}{V} \times \frac{-1}{1,01 \times 10^4} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$

avec $V = 2 \times 10^{-5} m^3$

$\Rightarrow v = \frac{-1}{2 \times 10^{-5} \times 1,01 \times 10^4} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$

$\Rightarrow v = -4,95 \times \frac{d\sigma}{dt}$

4) on a $x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2} = \frac{4 \times 10^{-5}}{2} = 2 \times 10^{-5}$ mol

$\Rightarrow \sigma(t_{1/2}) = -1,01 \times 10^4 \cdot x(t_{1/2}) + 0,511$

$= -1,01 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-5} + 0,511$

$\Rightarrow \sigma(t_{1/2}) = 0,3 \ S.m^{-1}$

Ainsi graphiquement, on obtient $t_{1/2} = 4,8$ min

5) on a $A \begin{cases} \sigma_A = 0,42 \ S.m^{-1} \\ t_A = 0 \text{ min} \end{cases}$ $B \begin{cases} \sigma_B = 0 \ S.m^{-1} \\ t_B = 18 \text{ min} \end{cases}$

$\Rightarrow \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\sigma_B - \sigma_A}{t_B - t_A} = \frac{0 - 0,42}{18 - 0} = -0,023 \ S.m^{-1}.min^{-1}$

Donc $v = -4,95 \times (-0,023) = 0,11 \ mol.m^{-3}.min^{-1}$

Douaa ENNADI