

**EXERCICES DE CHIMIE**

**Partie A : Chlorure de fer**

1 – a – L'équation de dissolution dans l'eau du chlorure de fer III de formule FeCl<sub>3</sub>(s) est



b – Puisque la concentration molaire en soluté apporté est de  $C = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , et que les coefficients stœchiométriques des ions Fe<sup>3+</sup> et Cl<sup>-</sup> sont respectivement 1 et 3, la concentration molaire des ions Fe<sup>3+</sup> vaut  $[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}] = C = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2,00 \cdot 10^1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$  et celle des ions Cl<sup>-</sup> vaut  $[\text{Cl}^{-}_{(aq)}] = 3C = 6,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 6,00 \cdot 10^1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ .

2 – a – Puisque la solution contient deux types d'ions (Fe<sup>3+</sup> et Cl<sup>-</sup>), sa conductivité  $\sigma$  est donnée par la relation suivante

$$\sigma = \lambda(\text{Fe}^{3+}_{(aq)}) \times [\text{Fe}^{3+}_{(aq)}] + \lambda(\text{Cl}^{-}_{(aq)}) \times [\text{Cl}^{-}_{(aq)}] \quad (\text{avec } \lambda : \text{Conductivité molaire ionique et } [X_{(aq)}] \text{ en } \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}).$$

b – Ici  $\sigma = 20,4 \cdot 10^{-3} \times 2,00 \cdot 10^1 + 7,63 \cdot 10^{-3} \times 6,00 \cdot 10^1 = (40,8 + 45,78) \times 10^{-2} = 8,66 \cdot 10^{-1} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ .

3 – La conductance G d'une portion de solution est donnée par la relation  $G = \sigma \times \frac{S}{l}$ . Avec les valeurs de l'énoncé

on obtient donc, puisque  $\sigma = 5,2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,  $G = 5,2 \cdot 10^{-3} \times \frac{1}{1} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ .

4 – Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée. On a donc  $n_{\text{prélevée}} = n_{\text{sol. fille}}$  soit

$$c \times V_{\text{prélevé}} = c' \times V'$$

On en déduit  $V_{\text{prélevé}} = \frac{c' \times V'}{c} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3} \times 10^{-1}}{2,0 \cdot 10^{-2}} = \frac{1,00}{2,0} \times 10^{-3-1+2} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 5,0 \text{ mL}$ .

Protocole :

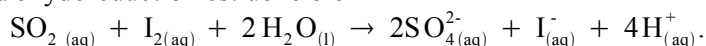
- Verser un peu de solution mère dans un bécher pour le rincer – Vider le bécher puis y verser à nouveau de la solution mère
- Prélever 5,00mL de solution mère dans le bécher à l'aide de la pipette jaugée de 5mL et les verser dans la fiole jaugée de 100mL
- Ajouter de l'eau distillée avec la pissette pour la remplir à demi et agiter
- Finir le remplissage d'eau distillée et ajuster au trait de jauge avec la pipette plastique - Boucher et agiter

**Partie B : Dosage par titrage du dioxyde de soufre dans le vin**

1 – Voir schéma ci-contre.

2 – Pour écrire l'équation d'oxydoréduction, il faut avant tout écrire les demi-équations des deux couples oxydoréducteurs qui vont interagir :  $\text{I}_{2(aq)} / \text{I}^{-}_{(aq)}$  et  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)} / \text{SO}_{2(aq)}$ . Pour ce faire, on se souvient que lors d'une réaction d'oxydoréduction, c'est un transfert d'électrons qui a lieu et que lorsque l'oxydant contient des atomes d'oxygène, c'est en général des molécules d'eau qu'il faut utiliser pour équilibrer la demi-équation (les atomes d'hydrogène de cette molécule étant ensuite équilibrés avec des protons H<sup>+</sup>).

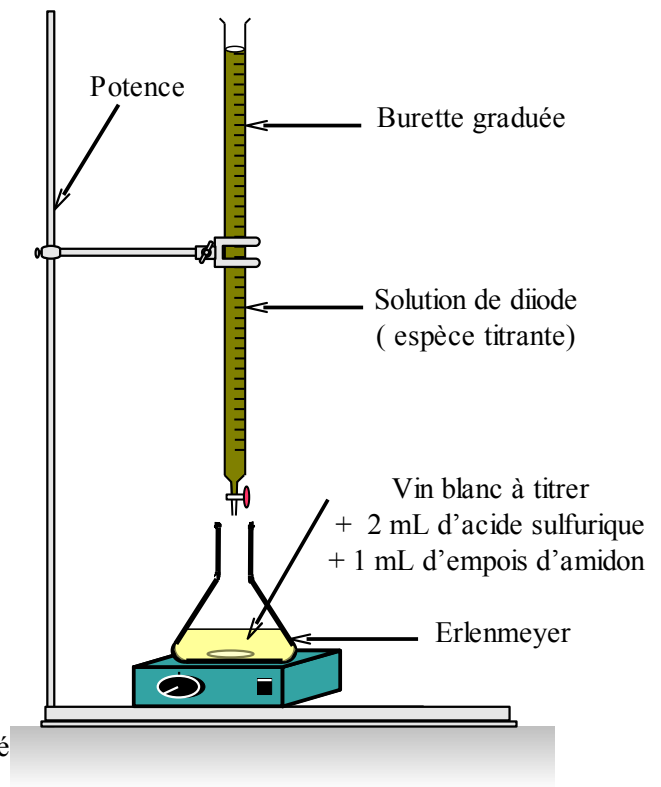
La première demi-équation est donc  $\text{I}_{2(aq)} + 2e^{-} = 2\text{I}^{-}_{(aq)}$  et la deuxième  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{SO}_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}$ . Puisque nous faisons réagir le diiode avec le dioxyde de soufre  $\text{SO}_{2(aq)}$  la deuxième demi-équation est à inverser et l'équation de la réaction d'oxydoréduction est donc bien



3 – Le repérage de l'équivalence dans ce dosage par titrage se fait par changement de couleur de la solution. En effet, l'empois d'amidon ajouté au vin blanc prendra une coloration bleue persistante dès que l'ensemble du dioxyde de soufre dissous aura été consommé puisqu'alors le diiode ajouté ne sera plus réduit par le dioxyde de soufre et pourra réagir cet indicateur coloré.

4 – Le tableau descriptif de l'évolution du système à l'équivalence du dosage par titrage est donc le suivant :

Equation chimique		$\text{SO}_{2(aq)} + \text{I}_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 2\text{I}^{-}_{(aq)} + 4\text{H}^{+}_{(aq)}$					
Etat du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes (en mol)					
Initial	0	$n_{\text{SO}_{2(aq)}}^i$	$n_{\text{I}_{2(aq)}}^i$	En excès	0	0	En excès
En cours de transformation	x	$n_{\text{SO}_{2(aq)}}^i - x$	$n_{\text{I}_{2(aq)}}^i - x$	En excès	x	2x	En excès
Final (à l'équivalence)	$x_{\text{éq}} = n_{\text{I}_{2(aq)}}^i$	$n_{\text{SO}_{2(aq)}}^i - x_{\text{éq}} = 0$	$n_{\text{I}_{2(aq)}}^i - x_{\text{éq}} = 0$	En excès	$x_{\text{éq}} = n_{\text{I}_{2(aq)}}^i$	$2x_{\text{éq}} = 2n_{\text{I}_{2(aq)}}^i$	En excès



5 – Pour déterminer la concentration molaire puis la concentration massique en  $\text{SO}_2$  du vin titré, il nous faut donc avant tout déterminer la quantité de matière de diiode apportée lors du titrage.

Puisque la concentration molaire en soluté apporté  $C_1(\text{I}_2) = 7,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  et que l'équivalence du dosage par titrage est obtenue après avoir versé un volume  $V_{\text{éq}} = 6,10 \text{ mL}$  de solution titrante, la quantité de matière de diiode apportée est donc  $n_{\text{SO}_2(\text{aq})}^i = C_1(\text{I}_2) \times V_{\text{éq}} = 7,80 \cdot 10^{-3} \times 6,10 \cdot 10^{-3} = 4,76 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ .

La quantité de matière de dioxyde de soufre dissous est donc également de  $4,76 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$  et puisque  $V = 25 \text{ mL}$  de vin ont été titrés, la concentration en dioxyde de soufre dissous est donc  $c = \frac{n}{V} = \frac{4,76 \cdot 10^{-5}}{2,50 \cdot 10^{-2}} = 1,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .

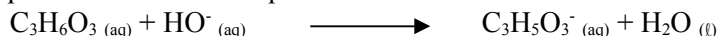
La concentration massique étant donnée par  $c_m = c \times M$  où  $M$  est la masse molaire du soluté, on obtient ici

$$c_m = 1,90 \cdot 10^{-3} \times (32,1 + 2 \times 16) = 1,21 \cdot 10^{-1} \text{ g.L}^{-1} = 121 \text{ mg.L}^{-1}$$

La norme étant fixée à  $210 \text{ mg.L}^{-1}$ , ce vin est conforme à la législation.

### Partie C : Le lait

1 – L'équation de la réaction qui modélise la transformation est la suivante :



2 – La quantité de matière d'ions hydroxyde dans l'état initial du système se calcule de la manière suivante :

$$n_{\text{HO}(\text{aq})}^i = C_{(\text{HO}(\text{aq}))} \times V_{\text{éq}} = 6,80 \cdot 10^{-3} \times 5,00 \cdot 10^{-2} = 3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

3 – a. Le bilan de matière est donné par le tableau d'évolution du système au cours de la transformation :

Equation chimique		$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq}) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$			
Etat du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes (en mol)			
Initial	0	$n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i$	$n_{\text{HO}(\text{aq})}^i$	0	0
En cours de transformation	x	$n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i - x$	$n_{\text{HO}(\text{aq})}^i - x$	x	x
Final (à l'équivalence)	$x_{\text{max}} = n_{\text{HO}(\text{aq})}^i$	$n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i - x_{\text{max}} = 0$	$n_{\text{HO}(\text{aq})}^i - x_{\text{max}} = 0$	$x_{\text{max}} = n_{\text{HO}(\text{aq})}^i$	$x_{\text{max}} = n_{\text{HO}(\text{aq})}^i$

b. Pour calculer l'avancement maximal, il faut se servir du fait qu'à la fin de cette transformation chimique, tous les réactifs sont entièrement consommés.

Comme déjà écrit dans le tableau d'avancement,  $n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i - x_{\text{max}} = 0$  et  $n_{\text{HO}(\text{aq})}^i - x_{\text{max}} = 0$ . Puisque nous connaissons la quantité de matière initiale d'ions hydroxyde apportés pour que tout l'acide lactique soit consommé, nous pouvons écrire  $x_{\text{max}} = n_{\text{HO}(\text{aq})}^i = 3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ .

c. La quantité de matière d'acide lactique dans l'état initial est donc aisément calculable puisque d'après la relation  $n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i - x_{\text{max}} = 0$ , elle vaut également  $n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i = x_{\text{max}} = 3,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ .

d. Cette quantité de matière étant présente dans  $20,0 \text{ mL}$  de lait, la concentration molaire en acide lactique de ce

$$\text{lait est donc } [\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3] = \frac{n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^i}{V_{\text{lait}}} = \frac{3,40 \cdot 10^{-4}}{20,0 \cdot 10^{-3}} = 1,70 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ .}$$

### EXERCICE DE PHYSIQUE : Le ski nautique

Le système étudié est le skieur, l'étude est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1<sup>ère</sup> partie : le trajet AB

1 – Les forces appliquées au skieur sont :

$\vec{P}$  : le poids du système,

$\vec{F}$  : la force exercée par la corde,

$\vec{R}_N$  : la réaction normale du plan d'eau et

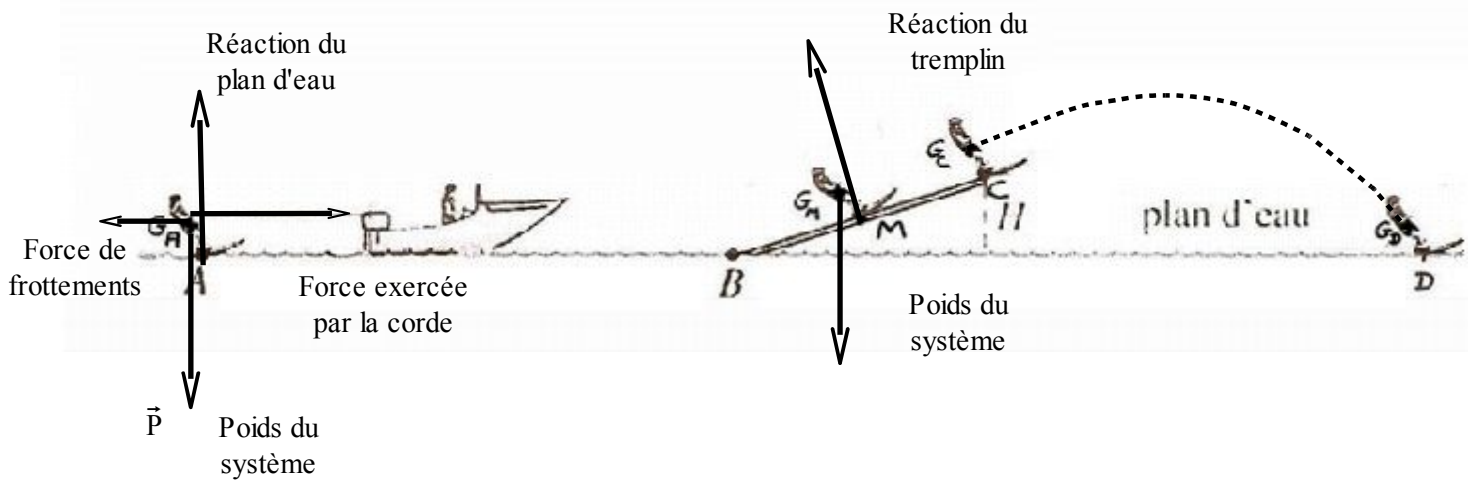
$\vec{f}$  : la force de frottements exercée par l'air et l'eau sur le système.

Voir schéma ci-dessous.

2 – Puisque le travail d'une force est donné par la relation  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos(\vec{F}, \vec{AB})$ , lorsqu'une force appliquée au système est orthogonale au déplacement, son travail est nul. Dans notre étude, c'est le cas du poids  $\vec{P}$  et de la réaction normale du plan d'eau. Pour les deux autres forces qui sont colinéaires au déplacement ( $\vec{F}$  dans le sens du mouvement et  $\vec{f}$  dans le sens inverse), le cosinus de l'angle entre le vecteur force et le vecteur déplacement vaut 1 pour  $\vec{F}$  et -1 pour  $\vec{f}$ . L'expression littérale des travaux de ces forces est donc  $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB$  pour la force exercée par la corde et  $W_{AB}(\vec{f}) = -f \times AB$  pour la force de frottements.

Ces expressions sont cohérentes, le skieur est en effet tracté par un bateau qui fournit un travail moteur  $W_{AB}(\vec{F}) > 0$

mais il est, de plus, soumis aux frottements de l'eau qui engendrent un travail résistant  $W_{AB}(\vec{f}) < 0$ .



3 – Au cours du trajet de longueur AB, la vitesse du skieur augmente, passant de 0 à 72 km.h<sup>-1</sup>. Le système étudié n'est donc pas isolé et nous allons utiliser le théorème de l'énergie cinétique la variation d'énergie cinétique d'un système à la somme des travaux des forces qui lui sont appliquées selon la relation  $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})$  (1).

Puisque le skieur part sans vitesse initiale, son énergie cinétique en A  $E_c(A) = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2$  est nulle. De plus, d'après la question précédente, le poids et la réaction du plan d'eau ne travaillent pas durant ce déplacement. La relation (1) devient donc  $\Delta E_c = E_c(B) = F \times AB - f \times AB$ .

En factorisant AB et en remplaçant  $E_c(B)$  par son expression, on arrive à  $\frac{1}{2} m \cdot v_B^2 = (F - f) \times AB$  soit

$$\frac{m \times v_B^2}{2 \times AB} = (F - f) \text{ et donc } F = \frac{m \times v_B^2}{2 \times AB} + f.$$

Pour déterminer la valeur de cette force de traction, il faut d'abord exprimer la vitesse  $v_B$  en m.s<sup>-1</sup>, soit  $v_B = 20 \text{ m.s}^{-1}$ . On obtient alors  $F = \frac{80 \times 20^2}{(2 \times 200)} + 100 = 180 \text{ N}$ .

### 2<sup>ème</sup> partie : le trajet BC

1 – Dans ce trajet, les forces appliquées au skieur sont :

$\vec{P}$  : le poids du système,

$\vec{R}_N$  : la réaction normale du tremplin.

Voir schéma ci-dessus.

2 – Même si l'on néglige, le long du tremplin, l'ensemble des forces de frottement, poids et réaction ne se compensent pas et le poids a ici un travail résistant qui s'oppose au mouvement. La vitesse diminue donc et le terme qualifiant le mouvement du skieur entre B et C est décéléré.

3 – Puisque le mouvement est décéléré, la vitesse est décroissante et la variation de vitesse est donc négative. Le vecteur variation de vitesse  $\Delta \vec{v}_G$  a donc la même direction que le mouvement mais est de sens opposé.

4 – La direction et le sens de la somme (résultante) des forces s'exerçant sur le skieur sur ce trajet est donc également D'après la seconde loi de Newton, « Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un solide  $\vec{v}_G$  varie alors la somme vectorielle  $\Sigma \vec{F}_{ext}$  des forces extérieures qui s'exercent sur le solide n'est pas nulle. La direction et le sens de  $\Sigma \vec{F}_{ext}$  sont ceux de la variation  $\Delta \vec{v}_G$  du vecteur vitesse de G entre deux instants proches ».

$\Sigma \vec{F}_{ext}$  et  $\Delta \vec{v}_G$  sont donc de même direction et de même sens, soit la direction du mouvement mais un sens opposé.

### 3<sup>ème</sup> partie : le saut

1 – Voir schéma ci-dessus.

2 – Puisque lors de son mouvement le skieur commence par monter avant de descendre, il va d'abord gagner de l'énergie potentielle de pesanteur avant d'en perdre. La courbe présentant ce comportement est celle qui, à l'origine des temps, est en bas.

3 – S'il n'y a pas de frottements, alors l'énergie mécanique  $E_m = E_c - E_{pp}$  se conserve. Sa valeur ne change pas et il suffirait donc d'effectuer la somme des deux courbes pour vérifier l'absence de frottements entre C et D. Si c'est le cas, on obtiendrait une droite horizontale.