Mademoiselle Physique-Chimie mademoisellephysiquechimie.com

DST de physique-chimie

Conductance, conductivité, mélanges d'électrolytes et spectrophotométrie

Classe : Terminale spécialité **Durée :** 1h20 **Calculatrice autorisée**

Établissement : École Pascal **Nom :** _____ **Prénom :** _____

Date : _____

Les résultats numériques seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent. Les unités et la rédaction sont prises en compte (communication).

Données communes (25 °C)

Conductivités molaires ioniques λ (en $mS{\cdot}m^2{\cdot}mol^{-1}$) : Na^+ : 5,01 ; K^+ : 7,35 ; Cl^- : 7,63 ; Ca^{2+} : 11,9 ; SO_4^{2-} : 16,0.

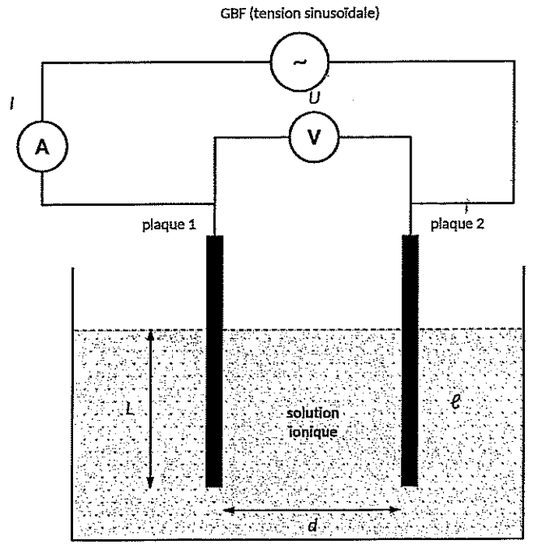
Masses molaires : $CaSO_4$: 136,1 $g{\cdot}mol^{-1}$. **Rappels :** 1 mS = 10^{-3} S ; 1 $mmol{\cdot}L^{-1}$ = 1 $mol{\cdot}m^{-3}$; 1 mL = 10^{-6} m^3 ; 1 L = 10^{-3} m^3.

Loi de Kohlrausch à connaître : en solution diluée, $\sigma = \Sigma \lambda_i \cdot [X_i]$ (concentrations en $mol{\cdot}m^{-3}$).

Exercice 1 – Conductimétrie d'un mélange d'électrolytes

Un technicien dispose d'une solution de sulfate de sodium dont l'étiquette est effacée. Pour retrouver sa concentration, il la mélange à deux autres solutions de composition connue, puis mesure la conductance du mélange avec une cellule artisanale. À partir des documents ci-dessous, on souhaite connaître la composition ionique du mélange.

Document 1 – Cellule de mesure : deux plaques métalliques planes, parallèles et en regard, plongées dans la solution. Dimensions : longueur immergée **L** = 2,00 cm ; largeur **ℓ** = 1,00 cm ; distance entre les plaques **d** = 1,00 cm. On néglige les effets de bord.



Document 2 – Mesures (à 25 °C, tension sinusoïdale de fréquence 1 kHz ; U et I sont des valeurs efficaces) :

U (V)	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
I (mA)	6,2	12,4	18,6	24,9	31,1	37,3

Document 3 – Préparation du mélange : on mélange, dans un même bécher :

- V_1 = **40,0 mL** d'une solution S_1 de chlorure de potassium ($K^+ + Cl^-$) de concentration $c_1 = 2{,}0\times10^{-2}$ $mol{\cdot}L^{-1}$;
- V_2 = **30,0 mL** d'une solution S_2 de chlorure de sodium ($Na^+ + Cl^-$) de concentration $c_2 = 5{,}0\times10^{-2}$ $mol{\cdot}L^{-1}$;
- V_3 = **30,0 mL** d'une solution S_3 de sulfate de sodium ($2\,Na^+ + SO_4^{2-}$) de concentration **c_3 inconnue**.

Aucune réaction chimique ne se produit lors du mélange ; les volumes sont additifs (V = 100,0 mL). Les solutés sont totalement dissociés et la solution est suffisamment diluée pour appliquer la loi de Kohlrausch. Les conductivités molaires ioniques sont données dans les données communes.

Question unique

Déterminer la concentration c_3 de la solution de sulfate de sodium, puis les concentrations en quantité de matière de **tous les ions** présents dans le mélange. Justifier la cohérence de vos résultats. La démarche suivie doit être clairement présentée ; toute initiative, même inachevée, sera valorisée. [APP / ANA / REA / VAL / COM]

Exercice 2 – Solubilité du plâtre (sulfate de calcium)

On veut déterminer la solubilité s du sulfate de calcium $CaSO_4(s)$ dans l'eau pure à 25 °C. On prépare une solution saturée (en présence de solide) et on mesure sa conductance avec une cellule de constante **$k = 1{,}0\times10^2$ m^{-1}** : G = 1,93 mS. On négligera la conductivité de l'eau pure et on admettra que la loi de Kohlrausch s'applique.

1. Écrire l'équation de dissolution de $CaSO_4$ dans l'eau et exprimer les concentrations des ions en fonction de s. En déduire l'expression de la conductivité σ de la solution saturée en fonction de s. [ANA]
2. Déterminer s (en $mol{\cdot}L^{-1}$), puis la constante de solubilité $K_s = [Ca^{2+}]{\cdot}[SO_4^{2-}]$ (avec les concentrations en $mol{\cdot}L^{-1}$, sans unité). [REA]
3. Quelle masse maximale de plâtre peut-on dissoudre dans 1,0 L d'eau pure ? Comparer à la valeur tabulée $K_s = 4{,}9\times10^{-5}$ (écart relatif). [REA / VAL]
4. On introduit un excès de $CaSO_4(s)$ dans une solution de sulfate de sodium ($2\,Na^+ + SO_4^{2-}$) de concentration c = $1{,}0\times10^{-2}$ $mol{\cdot}L^{-1}$. (a) Établir l'équation du second degré vérifiée par la nouvelle solubilité s et la résoudre. (b) Prévoir la conductance G de la solution saturée. (c) Interpréter qualitativement la valeur de s par rapport à s. [ANA / REA / VAL]

Exercice 3 – Traitement de l'eau d'un bassin de quarantaine

La maladie des « points blancs » (ichtyophtiriose) touche fréquemment les poissons d'eau douce élevés en aquarium ou en bassin. Pour la combattre, les aquariophiles utilisent parfois du bleu de méthylène, un colorant bleu, à condition de respecter rigoureusement les doses et les durées d'exposition préconisées.

Dans un aquarium public, un bassin de quarantaine accueille des poissons atteints de cette maladie. Un technicien y verse une solution de bleu de méthylène. Une fois le traitement terminé, il souhaite éliminer le bleu de méthylène restant en ajoutant du charbon actif dans l'eau. Pour connaître la quantité à utiliser, il détermine d'abord la concentration en bleu de méthylène de l'eau du bassin par spectrophotométrie.

L'objectif de ce problème est de déterminer la quantité de charbon actif nécessaire à l'élimination du bleu de méthylène restant dans le bassin.

Données :

- le bleu de méthylène est présent dans l'eau sous forme d'ions notés $(BM)^+$;
- masse molaire : $M((BM)^+)$ = 284 $g{\cdot}mol^{-1}$;
- on considère que seul $(BM)^+$ absorbe à la longueur d'onde utilisée ;
- toutes les mesures sont réalisées avec une cuve de largeur 1,0 cm ;
- dimensions moyennes du bassin de quarantaine (eau) : longueur L = 5,0 m ; largeur ℓ = 2,4 m ; hauteur d'eau h = 0,90 m.

Protocole expérimental mis en œuvre par le technicien :

- à partir d'une solution aqueuse S_0 de bleu de méthylène de concentration molaire égale à $1{,}0\times10^{-5}$ mol·L^{-1}, préparer des solutions diluées 5 fois, 2 fois et 1,25 fois notées respectivement S_1, S_2 et S_3 ;
- mesurer l'absorbance A de ces solutions étalons à la longueur d'onde du maximum d'absorption du bleu de méthylène dans l'eau : 664 nm ;
- mesurer l'absorbance de l'eau du bassin à cette même longueur d'onde.

Résultats des mesures d'absorbance :

Solution	S_1	S_2	S_3
Dilution de la solution S_0	S_0 diluée 5 fois	S_0 diluée 2 fois	S_0 diluée 1,25 fois
A	0,15	0,37	0,59

L'absorbance de l'eau du bassin mesurée par le technicien est $A_{eau} = 0{,}48$.

Le charbon actif, un adsorbant très efficace

Le charbon actif est obtenu par traitement thermique de matières végétales (bois, coque de noix de coco…). Il est constitué de grains très poreux dont la surface développée au contact de l'eau atteint plusieurs centaines de m^2 par gramme. Les molécules organiques, comme les colorants, viennent se fixer à la surface de ces pores et sont ainsi retirées de l'eau. Il est vendu en granulés ou en poudre, conditionné en sacs.

On admet que 1 g de charbon actif peut retenir au minimum 8 mg de bleu de méthylène. Le technicien dispose de sacs de charbon actif de 300 g.

Problème

Déterminer le nombre de sacs de charbon actif de 300 g que doit utiliser le technicien pour éliminer le bleu de méthylène restant dans l'eau du bassin de quarantaine.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée. [APP / ANA / REA / VAL / COM]

— Fin du sujet —

Exercice 1 (16)

$KCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

C_1V_1	0	0
0	C_1V_1	C_1V_2

0,5

$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

C_2V_2	0	0
0	C_2V_2	C_2V_2

0,5

$Na_2SO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$

C_3V_3	0	0
0	$2C_3V_3$	C_3V_3

0,5

Calcul de G en effectuant la moyenne des 6 valeurs

$G = \frac{i}{U} = \frac{\frac{i_1}{u_1} + \dots + \frac{i_6}{u_6}}{6}$ 0,5

$\boxed{G = 12,4 \text{ mS}}$

Calcul de $\sigma = \frac{d}{S} G$

$\sigma = \frac{1,00 \cdot 10^{-2}}{2,00 \cdot 10^{-2} \times 1,00 \cdot 10^{-2}} G$ 0,5

$\boxed{\sigma = 620 \text{ mS/cm}}$

Calcul des Concentrations effectives

$[K^+]_{eff} = \frac{C_1V_1}{V_{total}} = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 40,0 \cdot 10^{-3}}{100,0 \cdot 10^{-3}} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ 0,5

$\boxed{[K^+]_{effective} = 8,0 \text{ mol/m}^3}$

$[Cl^-]_{effective} = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_{total}} = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 40,0 \times 10^{-3} + 5,00 \times 10^{-2} \times 30,0 \times 10^{-3}}{100,0 \times 10^{-3}}$

$[Cl^-] = 23 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

$\boxed{[Cl^-]_{effective} = 23 \text{ mol/m}^3}$ 0,5

$[Na^+]_{effective} = \frac{C_2V_2 + 2C_3V_3}{V_{totale}} = \frac{5,0 \times 10^{-2} \times 30,0 \cdot 10^{-3} + 2C_3 \times 30,0 \times 10^{-3}}{100,0 \times 10^{-3}}$

$\boxed{[Na^+]_{effective} = 0,015 + 0,60\, C_3}$ 0,5

$[SO_4^{2-}]_{effective} = \frac{C_3V_3}{V_{totale}} = 0,30\, C_3$ 0,5

Calcul de G en effectuant la moyenne des 6 valeurs

$\sigma = \sum \lambda_i C_i = \lambda(K^+)[K^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-] + \lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(SO_4^{2-})[SO_4^{2-}]$

$\sigma - \lambda(K^+)[K^+] - \lambda(Cl^-)[Cl^-] = \lambda(Na^+)\{0,015 + 0,60 C_3\} + \lambda(SO_4^{2-}) \times 0,30 C_3$

$\sigma - \lambda(K^+)[K^+] - \lambda(Cl^-)[Cl^-] - \lambda(Na^+) \times 0,015 = 0,60 \times \lambda(Na^+) C_3 + 0,30 C_3$

$\boxed{\frac{\sigma - \lambda(K^+)[K^+] - \lambda(Cl^-)[Cl^-] - \lambda(Na^+) \times 0,015 \times 1000}{0,60\, \lambda(Na^+) + 0,30\, \lambda(SO_4^{2-})} = C_3}$ 1,5

$\frac{620 - 7,35 \times 8,0 - 7,63 \times 23 - 5,01 \times 0,015 \times 1000}{0,60 \times 5,01 + 0,30 \times 16,0} = C_3$

$\boxed{C_3 = 40 \text{ mol/m}^3 = 0,040 \text{ mol/L}}$

Exercice 3 (5 pts)

Nombre de sacs de charbon actif ?

	S_1	S_2	S_3	eau
C	$2,0.10^{-6}$	$5,0.10^{-6}$	$8,0.10^{-6}$	
A	0,15	0,37	0,59	0,48
$\overline{k} = \frac{A}{C}$	75000	74000	73750	

$$\overline{k} = \frac{75000 + 74000 + 73750}{3} = 74250 \text{ L/mol}$$ 1

$$C_{eau} = \frac{A}{\overline{k}} = \frac{0,48}{74250}$$ 1

$$C_{eau}^{BH^+ \text{ dans l'eau}} \simeq 6,5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$m(BH^+) = n(BH^+) M(BH^+)$$
$$= [BH^+] V_{bassin} M(BH^+)$$ 1
$$= 6,5 \cdot 10^{-6} \times 10,8 \times 10^3 \times 284$$

$$m(BH^+) = 19,9 \text{ g}$$

1 g de charbon ⟶ 8 mg BH^+

⟶ $19,9 \times 10^3$ mg

$m(\text{charbon}) = 2492$ g

Or un sac de charbon pèse 300 g

donc il devra utiliser 8,3 sacs } 2,0

Exercice 2 (5 pts)

1) $CaSO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$ 0,5

Si le sulfate de Calcium se dissout totalement

$[Ca^{2+}]_{effective} = [SO_4^{2-}]_{effective} = s$ 0,25

$\sigma = \sum_i \lambda_i C_i = \lambda(Ca^{2+})[Ca^{2+}] + \lambda(SO_4^{2-})[SO_4^{2-}]$

$\boxed{\sigma = s\left[\lambda(Ca^{2+}) + \lambda(SO_4^{2-})\right]}$ 0,25

2) $s = \dfrac{\sigma}{\lambda(Ca^{2+}) + \lambda(SO_4^{2-})} = \dfrac{k\sigma}{\lambda(Ca^{2+}) + \lambda(SO_4^{2-})}$

$s = \dfrac{1,0 \times 10^2 \times 1,93}{11,9 + 16,0}$

$s = 6,92 \text{ mol/m}^3$

$\boxed{s = 6,9 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}$ 0,5

$K_S = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = s^2 = 4,8 \cdot 10^{-5}$ 0,5

3) $m = n \times M(CaSO_4) = [CaSO_4] V_{eau\ pure} M(CaSO_4)$

$m = 6,9 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 136,1$

$\boxed{m = 0,94 \text{ g}}$ 0,5

0,25 Comparer à la valeur tabulée 2% erreur

4) On introduit en excès $CaSO_{4(s)}$ de Na_2SO_4 de Concentration $C = 1,0 \times 10^{-2}$ mol/L

$Na_2SO_4 \longrightarrow$	$2Na^+$	$+ SO_4^{2-}$
CV	0	0
0	$2CV$	CV

$CaSO_{4(s)} \rightarrow$	Ca^{2+}	$+ SO_4^{2-}$
s	0	0
0	s	s

Le volume est le même 1,0L d'eau pure.
On ajoute de la poudre de sulfate de Calcium donc

$[Na^+] = \dfrac{2CV}{V} = 2C$

$[SO_4^{2-}] = \dfrac{CV + s}{V} = C + s$

$[Ca^{2+}] = \dfrac{sV}{V} = s$

$K_S = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}]$

$K_S = s(C + s)$

$K_S = sC + s^2$ 0,75

$\boxed{s^2 + Cs - K_S = 0}$

car $V = 1,0$ L

$s^2 + 1,0 \cdot 10^{-2} s - 4,9 \cdot 10^{-5} = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac$

$\boxed{\Delta = 1,71 \cdot 10^{-2}}$

$s_1 = \dfrac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ mol/L

$G = \dfrac{1}{k}\sigma$

$G = \dfrac{1}{102} \times \lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(SO_4^{2-})(C+s) + \lambda(Ca^{2+})s$

$\boxed{G = \dfrac{1}{100}\sigma = 3,6 \text{ mS}}$ 0,75