

# Partie X3 - EFFECTUER DES CONTROLES DE QUALITE

## Tp X11 - ETUDE D'UN SEL REGENERANT PAR CONDUCTIMETRIE

**But de la manipulation.** On se propose de déterminer la concentration massique en chlorure de sodium solide NaCl (s) présent dans un sel régénérant pour lave-vaisselle (Sun®). Pour cela, on fait un suivi conductimétrique du titrage par précipitation des ions chlorure d'une solution de sel régénérant, préparée à partir du solide commercial.

La solution titrante est une solution aqueuse de nitrate d'argent.

L'équation de la réaction support du titrage est :  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) = \text{AgCl}(\text{s})$

### Travail à effectuer

#### 1. Préparation de la solution S à titrer.

On désire préparer un volume  $V_1 = 250,0 \text{ mL}$  d'une solution S de sel régénérant de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$ ) contenant 0,24 g de sel régénérant  $\text{NaCl}_{(\text{s})}$ . A l'aide du matériel nécessaire (balance, coupelle, spatule), réaliser la pesée de la poudre de sel régénérant.

Ecraser éventuellement les grains dans le mortier.

Préparer la solution S dans une fiole jaugée de 250 mL.

1.1. On désire introduire dans un bécher en verre de 250 mL, un volume  $V_s = 10,0 \text{ mL}$  de solution S ainsi que 200 mL environ d'eau distillée. Quelle verrerie, parmi celle proposée sur votre paillasse, utiliseriez-vous pour prélever les 200 mL environ d'eau distillée.

1.2. Quelle verrerie, parmi celle proposée sur votre paillasse, utiliseriez-vous pour prélever le volume  $V_s = 10,0 \text{ mL}$  de solution S.

Préparer le mélange dans le bécher en verre de 250 mL.

#### 2. Réalisation du titrage.

Préparer la suite du montage:

Préparez la burette avec la solution titrante de nitrate d'argent de concentration connue  $C_{\text{titrante}} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Placer le bécher en verre de 250 mL (contenant un volume  $V_s = 10,0 \text{ mL}$  de solution S ainsi que 200 mL environ d'eau distillée) sous la burette.

Installez l'agitation et placez la cellule conductimétrique dans le bécher.

Relevez la valeur de la conductivité avant tout ajout de solution titrante et reporter cette valeur sur le papier millimétré.

Verser 1,0 mL de la solution titrante. Laisser l'agitation pour homogénéiser le milieu et stopper cette agitation afin de relever la valeur de la conductivité. Reportez cette valeur sur la feuille de papier millimétré, et commencer à tracer point par point la courbe de mesures.

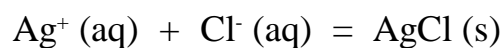
**Attention:** afin de gagner du temps, il ne faut pas consigner les valeurs des mesures effectuées dans des tableaux, mais tracer directement le graphe sur la feuille de papier millimétré.

Poursuivre la manipulation et verser la solution titrante de mL en mL. Relever, pour chaque ajout, la valeur de la conductivité. On arrêtera les mesures pour un volume total versé de solution titrante de 20,0 mL.

Tracez la courbe d'évolution de la conductivité de la solution en fonction du volume de solution de nitrate d'argent versé.

#### 3. Exploitation du titrage.

La transformation chimique est modélisée par la réaction entre les ions argent et les ions chlorure en solution aqueuse selon l'équation chimique :

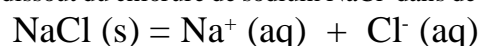


3.1. Combien de portions de droite ce graphe comporte-t-il ? Les tracer sur la feuille de papier millimétré.

3.2. Que représente l'abscisse du point d'intersection de ces deux droites ? En donner une définition. En déduire la valeur du volume équivalent.

3.3. A partir des données de l'énoncé et de la valeur du volume équivalent, déterminer la concentration des ions chlorures  $[\text{Cl}^-]$ .

Pour préparer cette solution régénérante, on dissout du chlorure de sodium NaCl dans de l'eau, selon l'équation:



3.4. Justifier que la concentration  $C_s$  en chlorure de sodium de la solution S est égale à  $[\text{Cl}^-]$ .

3.5. Déduisez-en le titre massique  $C_{\text{ms}}$  en chlorure de sodium de la solution S **Donnée:** Masse molaire  $M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g.mol}^{-1}$

3.6. La valeur indiquée sur l'étiquette du produit est  $C_{\text{ms théorique}} = 0,95 \text{ g/L}$ . Calculer l'écart relatif entre la valeur théorique et la valeur

expérimentale:  $\left| \frac{C_{\text{ms Exp}} - C_{\text{ms théorique}}}{C_{\text{ms théorique}}} \right|$  Commenter

#### 4. Pour aller plus loin

4.1. Justifier par deux arguments, le fait que l'on rajoute un grand volume d'eau lors de la préparation de la solution à titrer.

4.2. Indiquer, sans justification, parmi les espèces ioniques suivantes :

- $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  (initialement présents dans la solution titrante de nitrate d'argent)
- et les ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  (initialement présents dans le sel régénérant)

celles qui sont présentes dans le bécher placé sous la burette: avant l'équivalence, à l'équivalence et après l'équivalence.

4.3. Pourquoi dit-on que les ions  $\text{NO}_3^-$  remplacent les ions  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  avant l'équivalence ?

4.4. Pourquoi peut-on dire que les ions  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$  sont en excès après l'équivalence.

On rappelle l'expression de la conductivité  $\sigma$  en fonction des concentrations molaires effectives  $[X_i]$  des espèces ioniques  $X_i$  en solution :  $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$  où  $\lambda_i$  est la conductivité molaire ionique des ions  $X_i$

4.5. Avant l'équivalence, exprimer littéralement la conductivité  $\sigma_1$ , du mélange.

4.6. Cette conductivité peut s'écrire sous la forme  $\sigma_1 = B + D_1$  avec B terme pratiquement constant et  $D_1$  terme variable au cours du titrage. Quels sont les ions dont la conductivité participe à l'expression des termes B et  $D_1$  ?

4.7. En vous aidant des réponses données aux questions précédentes, connaissant les valeurs des conductivités molaires ioniques suivantes  $\lambda(\text{Cl}^-) = 76,3 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$   $\lambda(\text{Ag}^+) = 61,9 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$   $\lambda(\text{NO}_3^-) = 71,4 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  justifier que  $\sigma$  diminue très légèrement avant d'avoir atteint l'équivalence ;

4.8. Après l'équivalence, exprimer littéralement la conductivité  $\sigma_2$ , du mélange.

4.9. Cette conductivité peut aussi s'écrire sous la forme  $\sigma_2 = B + D_2$  avec B terme pratiquement constant et  $D_2$  terme variable au cours du titrage. Quels sont les ions dont la conductivité participe à l'expression des termes B et  $D_2$  ?

4.10. En vous aidant des réponses données aux questions précédentes, connaissant les valeurs des conductivités molaires ioniques suivantes  $\lambda(\text{Cl}^-) = 76,3 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$   $\lambda(\text{Ag}^+) = 61,9 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$   $\lambda(\text{NO}_3^-) = 71,4 \times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  justifier que  $\sigma$  augmente après avoir atteint l'équivalence.

#### 5. Retour théorique sur la réaction de dosage.

On rappelle que l'équation qui a lieu a pour équation:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) = \text{AgCl}(\text{s})$

Pour effectuer le dosage de ce Tp, on a prélevé un volume  $V_s = 10,0 \text{ mL}$  de concentration massique supposée  $C_{\text{ms}} = 0,95 \text{ g/L}$  soit une concentration molaire  $C_s = 1,6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et on dispose d'une solution titrante de nitrate d'argent de concentration connue  $C_{\text{titrante}} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . On suppose que l'on se place à l'instant du dosage où on a versé un volume  $V_{\text{titrante}} = 2,0 \text{ mL}$ .

5.1. Reproduire le tableau d'avancement sur votre copie et compléter avec les valeurs données.

Equation de la réaction		$\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$	+	$\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$	=	$\text{AgCl}_{(\text{s})}$
Etat du système	avancement en mol	quantité de matière en mol				
Etat initial	Etat du système	$n_0(\text{Ag}^+_{(\text{aq})}) =$		$n_0(\text{Cl}^-_{(\text{aq})}) =$		
Au cours de la transformation	x					
Etat final	$x_f$					

5.2. Exprimer littéralement le quotient de réaction  $Q_r$  pour la réaction ainsi écrite.

5.3. Exprimer littéralement le quotient de réaction  $Q_{ri}$  en fonction de  $C_s$  et  $C_{\text{titrante}}$ . Calculer alors le quotient de réaction  $Q_{ri}$  dans l'état initial fictif où les réactifs seraient en contact sans avoir réagi.

5.4. À partir de ce tableau, déterminer l'expression de la constante d'équilibre K en fonction de  $C_s$ ,  $C_{\text{titrante}}$ ,  $V_s$ ,  $V_{\text{titrante}}$  et de l'avancement final  $x_f$ . Attention au calcul des concentrations ... il faut tenir compte de l'effet de dilution.

5.5. Sachant que la valeur de la constante d'équilibre à  $25^\circ\text{C}$  est  $K = 5,0 \times 10^9$ , commenter le sens d'évolution de la transformation observée.