France 2004 Septembre **DOSAGE DES IONS CHLORURE DANS LE LAIT**
Spécialité (4 points)

Dans certaines étables la conductivité du lait de vache est mesurée, lors de la traite, afin de détecter une possible inflammation des mamelles (mammites) qui rend impropre la consommation du lait.

La conductivité du lait dépend essentiellement des concentrations en ions sodium Na^+, potassium K^+ et chlorure Cl^-. Les mammites, en provoquant une élévation des concentrations en ions Na^+ et Cl^-, augmentent la conductivité du lait.

Dans le lait frais de vache, la concentration massique moyenne en ions chlorure se situe entre 0,8 $g.L^{-1}$ et 1,2 $g.L^{-1}$
Dans le cas de laits dits « mammiteux », la valeur moyenne est voisine de 1,4 $g.L^{-1}$.

D'après un article de « l'Institut de l'Élevage »

On se propose, dans cet exercice, de mesurer par conductimétrie la concentration en ions chlorure dans un lait de vache afin de vérifier la qualité de ce lait.

Données :

Masse molaire atomique du chlore : 35,5 $g.mol^{-1}$

Relation entre la conductance G d'une solution et sa conductivité σ : $G = k.\sigma$ où k est une constante.

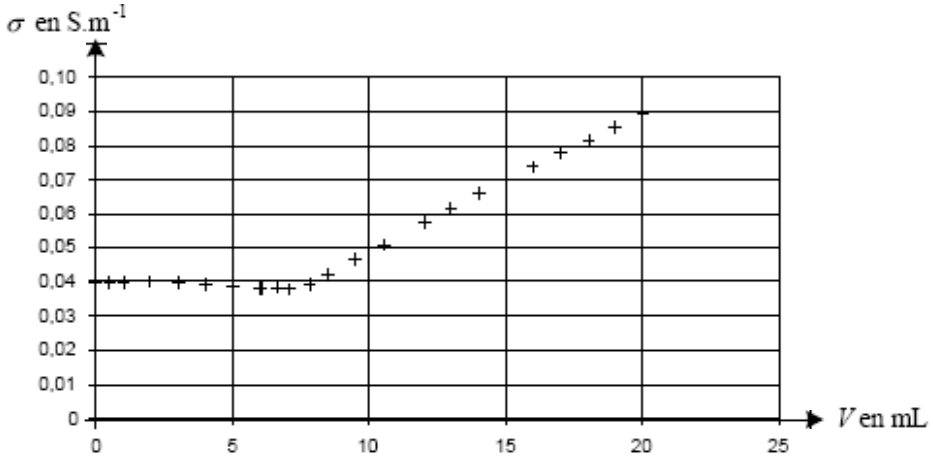
Expression de la conductivité σ en fonction des concentrations molaires effectives $[X_i]$ des espèces ioniques X_i en solution : $\sigma = \sum_i \lambda_i.[X_i]$ où λ_i est la conductivité molaire ionique des ions X_i.

1. Principe du dosage

Dans un becher, on verse un volume V_0 = 200,0 mL d'une solution aqueuse de chlorure de potassium de concentration molaire en soluté apporté $c_0 = 3{,}0\times10^{-3}$ $mol.L^{-1}$. On immerge, dans cette solution, la cellule d'un conductimètre qui mesure la conductivité σ de la solution. On lit $\sigma = 4{,}0\times10^{-2}$ $S.m^{-1}$ à la température ambiante.

1.1. La conductivité de cette solution est-elle différente si on augmente :
- la concentration de la solution en gardant le volume de cette solution constant (justifier la réponse) ?
- le volume de la solution en gardant la concentration c_0 de la solution constante (justifier la réponse) ?

1.2. *Dans le volume V_0 de la solution aqueuse de chlorure de potassium, on ajoute goutte à goutte une solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire en soluté apporté c = 0,080 $mol.L^{-1}$. On note la valeur de la conductivité σ en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent ajouté et on représente graphiquement σ en fonction de V. On obtient les points expérimentaux reportés sur le graphique ci-dessous :*



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

$$Cl^-(aq) + Ag^+(aq) = AgCl(s)$$

La constante d'équilibre K associée à cette équation a pour valeur, à 25°C, K = 5,0× 10^9
Pour savoir si cette transformation est totale, on étudie le mélange lorsque l'on a ajouté un volume V_1 = 5,0 mL de solution aqueuse de nitrate d'argent.

1.2.1. Compléter le tableau d'évolution du système chimique **de l'annexe, à rendre avec la copie** en utilisant les expressions littérales.

1.2.2. À partir de ce tableau, déterminer l'expression de la constante d'équilibre K en fonction de c_0, c, V_0, V_1 et de l'avancement final x_f.

1.2.3. *En utilisant la valeur numérique de K dans l'expression précédente, on peut déduire x_f = 4,0×10^{-4} mol. Le calcul de x_f n'est pas demandé.* Calculer le taux d'avancement final et conclure.

1.3. Donner la définition de l'équivalence lors d'un titrage.

1.4. Indiquer, sans justification, parmi les espèces ioniques suivantes :NO_3^-, K^+, Ag^+ et Cl^-, celles qui sont présentes dans la solution :

- pour un volume V versé inférieur au volume versé à l'équivalence V_E ?
- pour un volume V versé égal au volume versé à l'équivalence V_E ?
- pour un volume V versé supérieur au volume versé à l'équivalence V_E ?

1.5. Sachant que la conductivité molaire ionique λ_1 des ions chlorure est légèrement supérieure à celle λ_2 des ions nitrate, et en négligeant la variation de volume du mélange réactionnel au cours du titrage, justifier que :

- σ diminue légèrement avant d'avoir atteint l'équivalence ;
- σ augmente après avoir atteint l'équivalence.

1.6. Comment peut-on déterminer graphiquement le volume équivalent ?

2. Titrage des ions chlorure contenus dans le lait

On prélève, dans une bouteille de lait du commerce, un volume V_0' = 20,0 mL de lait frais que l'on introduit dans un becher. On y ajoute 250 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'acide nitrique concentré. Soit S le mélange ainsi préparé. On observe la formation d'un précipité blanc : les protéines du lait précipitent en milieu acide et ainsi, ne peuvent plus réagir avec les ions argent Ag^+(aq) et chlorure Cl^-(aq). On introduit une sonde conductimétrique dans ce becher et, tout en agitant la solution, on note sa conductivité lors de l'ajout de la même solution titrante de nitrate d'argent qu'au ***1.2*** *: solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire en soluté apporté c = 0,080 mol.L^{-1}. On obtient les points expérimentaux reportés sur le graphique n°1* ***de l'annexe, à rendre avec la copie.***

2.1. Expliquer pourquoi on doit éviter qu'il se produise une réaction entre les protéines du lait et les ions Ag^+(aq) versés.

2.2. En exploitant le graphique n°1 **de l'annexe, à rendre avec la copie**, calculer la quantité d'ions chlorure contenus dans le prélèvement de volume V '$_0$ = 20,0 mL de lait frais.

2.3. En déduire la masse d'ions chlorure contenue dans un litre de lait. Le lait étudié est-il «mammiteux» ?

ANNEXE

Tableau d'évolution

Équation de la réaction		$Ag^+(aq)$ + $Cl^-(aq)$ = $AgCl(s)$		
État du système	avancement en mol	quantité de matière en mol		
État initial	0	$n_0(Ag^+)$=	$n_0(Cl^-)$=	0
Au cours de la transformation	x			
État final	x_f			

Graphique n° 1

