

DOSAGES DES IONS CHLORURES

Objectif

Il s'agit de doser par titrage les ions chlorures dans une eau obtenue par dessalement afin de vérifier sa potabilité. On utilisera deux méthodes :

1. Par titrage conductimétrique.
2. Par la méthode de Mohr (titrage direct par l'ion argent Ag^+ en présence d'un **indicateur d'équivalence** l'ion chromate CrO_4^{2-}).

Matériel disponible

Matériel : burette graduée, pipettes graduées et jaugées, erlenmeyers, béchers ; trompe à eau, agitateur magnétique ; conductimètre Exao.

Solutions : eau déssalée étudiée ; nitrate d'argent $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$; chromate de potassium $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$ (50 g.L^{-1}) ; chlorure de sodium NaCl à $0,025 \text{ mol L}^{-1}$

Contexte

https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_potable

Une directive européenne a été adoptée fin 1998 pour remplacer la directive du 15 juillet 1980 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Son contenu a été transposé en droit français par *le décret 2001-1220* (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles. Ce texte est désormais intégré dans le Code de la santé publique (article L 1321).

Sont soumises aux contraintes des eaux destinées à la consommation humaine (« l'eau du robinet ») :

- toutes les eaux destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques ;
- toutes les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation de produits ou de substances, destinées à la consommation humaine, y compris la glace alimentaire d'origine hydrique.

Toutes ces eaux doivent remplir trois conditions, dont les détails sont consultables sur www.ineris.fr :

- elles ne doivent pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger pour la santé des personnes ;
- elles doivent être conformes aux limites de qualité (valeurs obligatoires). Après le 25 décembre 2003, la valeur limite de $50 \mu\text{g/l}$ de *plomb* dans les eaux de distribution est passée à $25 \mu\text{g/l}$. Elle a ensuite été abaissée à $10 \mu\text{g/l}$ en décembre 2013.
- elles doivent satisfaire à des références de qualité (valeurs indicatives d'une bonne qualité mais dont le non-respect ponctuel n'engendre pas de risque pour la santé).

Document 1 : Potabilité d'une eau et teneur en minéraux

Une eau est dite potable quand elle respecte les valeurs imposées par la directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. La teneur en minéraux est l'un des critères à prendre en compte.

Teneurs maximales en minéraux en mg/L :

| Na^+ | Cl^- | K^+ |
|---------------|---------------|--------------|
| 150 | 250 | 12 |

Document 2 : Conductivité et concentration molaire

La conductivité σ d'une solution ionique est sa capacité à conduire le courant électrique. Elle s'exprime en Siemens par mètre (S.m^{-1}).

La conductivité d'une solution ionique dépend de la nature et de la concentration C des ions présents et de leur

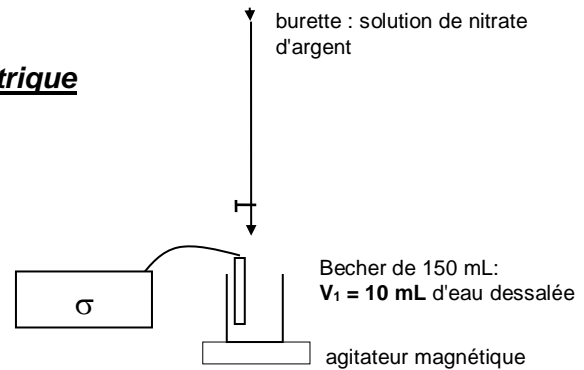
conductivité molaire ionique λ , selon **la loi de Kohlraush** : $\sigma = \sum \lambda_i \times C_i$


TRAVAIL À EFFECTUER

1. Dosage des ions chlorures par titrage conductimétrique

a) Mettre en œuvre la **conductimétrie**

Procéder au titrage conductimétrique d'un prélèvement de 10 mL d'eau dessalée par le nitrate d'argent en solution (Ag^+ , NO_3^-).




| | |
|---|--|
| APPEL  | Appeler l'examineur pour lui présenter votre montage ou en cas de difficulté. |
|---|--|

b) Obtenir et exploiter la courbe de titrage :

$$V_E = \text{-----}$$

c) A partir de l'écriture de l'équation de la réaction support du titrage et en justifiant, déterminer par le calcul si l'eau dessalée est potable relativement à l'ion chlorure. (*donnée* : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

| | |
|---|--|
| APPEL  | Appeler l'examineur en cas de difficulté. |
|---|--|

c) Interpréter l'allure de la courbe de titrage conductimétrique à l'aide des données suivantes des conductivités molaires ioniques en $\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$

$$\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 34,98 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{HO}^-} = 19,92 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{Na}^+} = 5,01 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{Ag}^+} = 6,2 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{NO}_3^-} = 7,14 \cdot 10^{-3}$$

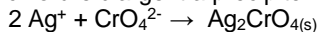
2) Dosage des ions chlorures par titrage avec indicateur d'équivalence

Documents

1) Principe de la méthode de MOHR

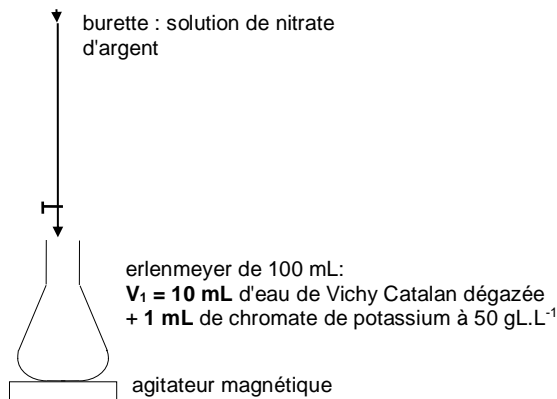
On titre les ions chlorure par les ions argent en présence de chromate CrO_4^{2-} .

Le chromate d'argent (rouge) ne précipite que lorsque tous le chlorure d'argent a précipité.



L'apparition de la coloration rouge du précipité de chromate d'argent indique donc l'équivalence du titrage des chlorures.

2) Mode opératoire :



3) Incertitudes

Pour la pipette : $\Delta V_{\text{pipette}} = 2 \frac{\text{tol}}{\sqrt{3}}$ ($k = 2$ pour confiance 95%)

Pour la burette : tolérance fabricant et double lecture de graduation :

$$\Delta V_{\text{burette}} = 2 \sqrt{\left(\frac{\text{tol}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(2 \frac{\text{grad}}{\sqrt{12}}\right)^2}$$

$K = 2$ (confiance 95%)

double lecture graduation

On peut alors écrire le résultat de la mesure le la chute de burette sous la forme normalisée :

$$V_E = V_{E(\text{mesure})} \pm \Delta V_{\text{burette}} (k = 2)$$

Incertitudes combinées : Supposons un dosage direct avec pour réaction support : $a \text{ A} + b \text{ B} \rightarrow c \text{ C} + d \text{ D}$
 A l'équivalence les réactifs ont été introduits en proportions stoechiométriques :

$$\frac{n_a}{a} = \frac{n_b}{b} \text{ soit } \frac{C_a V_a}{a} = \frac{C_b V_b}{b} \text{ alors } C_b = \frac{b}{a} \cdot \frac{C_a \times V_a}{V_b}$$


On veut déterminer l'incertitude sur C_b donc :

$$\frac{\Delta C_b}{C_b} = \sqrt{\left(\frac{\Delta C_a}{C_a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{pipette}}}{V_{\text{pipette}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{burette}}}{V_{\text{burette}}}\right)^2}$$

Ce qui permet de calculer ΔC_b (puisque'on a calculé avant C_b) et d'exprimer alors le résultat sous **forme normalisée** :

$$C_b = C_{b(\text{calculé})} \pm \Delta C_b (k = 2)$$

a) Réaliser le titrage et obtenir la valeur du volume versé à l'équivalence : $V_E = \dots\dots\dots$

| | |
|---|---|
| APPEL  | Appeler l'examineur en cas de difficulté . |
|---|---|

b) Déduire la concentration molaire puis la concentration massique de l'ion Cl^- dans l'eau étudiée.

.....

.....

.....

.....

.....

c) Relever les données nécessaires aux calculs d'incertitude et calculer l'incertitude sur la concentration massique de l'eau étudiée. Donner le résultat de la concentration massique sous forme normalisée. Est-il compatible avec le résultat obtenu par la première méthode ?

.....

.....

.....

.....

.....


.....

.....

.....

.....

.....

| | |
|---|--|
| APPEL  | Appeler l'examineur en cas de difficulté. |
|---|--|