

▪ Sur l'étiquette d'une bouteille d'eau de Vichy St Yorre®, on note les renseignements ci-contre.

► On désire vérifier la teneur massique des ions chlorure dans cette eau.

Composition moyenne :

Anions

Bicarbonates : 4368 mg/l pour digérer léger
Chlorures : 322 mg/l
Sulfates : 174 mg/l
Fluorures : 9 mg/l pour la prévention de la carie dentaire

Cations

Sodium : 1708 mg/l pour l'équilibre en eau
Potassium : 132 mg/l pour stocker le glucose dans les cellules musculaires
Calcium : 90 mg/l pour les os et les dents
Magnésium : 11 mg/l pour lutter contre le stress quotidien

pH = 6,6



Données

Quelques ions

sodium	argent	potassium	chlorure	nitrate	chromate
Na ⁺	Ag ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	CrO ₄ ²⁻

Solubilité du chlorure d'argent : $s = 1,8 \text{ mg.L}^{-1}$; solubilité du chromate d'argent : $s = 25 \text{ mg.L}^{-1}$

A/ Solubilité du dioxyde de carbone

- Verser un peu de l'eau pétillante de Vichy dans un erlenmeyer ; rajouter un turbulent..
- Fermer l'erien par un bouchon relié à un tube en caoutchouc.
- Placer l'erien sur un agitateur magnétique chauffant ; mettre en route l'agitation et le chauffage.
- Faire barboter le gaz qui se dégage dans un bécher contenant de l'eau de chaux.

→ Faire un schéma du dispositif expérimental

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

▪ L'eau de chaux est une solution d'hydroxyde de calcium (Ca²⁺ ; 2 OH⁻)

→ Ecrire l'équation de la réaction chimique expliquant l'observation précédente sachant que 2 couples acide/base interviennent : H₂O/HO⁻ ; CO₂,H₂O/CO₃²⁻

→ Montrer que le trouble de l'eau de chaux est dû à l'apparition de particules de carbonate de calcium CaCO_{3(s)}

- Retirer le bouchon de l'erien et continuer de chauffer doucement l'eau pendant plusieurs minutes, afin de la dégazer entièrement.

- Laisser refroidir l'eau

▪ Lors du dégazage par chauffage, on a extrait le gaz de la boisson. Cela signifie que plus la boisson est chaude, moins elle contient de gaz.

→ Que peut-on dire de la solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau lorsque la température augmente?

→ Quelles sont les précautions à prendre l'été avec les boissons pétillantes ?

B/ Phénomène de précipitation préférentielle

→ Donner les formules des solutions de chlorure de sodium, de nitrate d'argent et de chromate de potassium

- Dans un tube à essais, verser 1 mL d'une solution incolore de chlorure de sodium
- Rajouter quelques gouttes d'une solution incolore de nitrate d'argent

→ Qu'observe-t-on ?

→ Ecrire l'équation de la réaction sachant qu'il se forme un précipité de chlorure d'argent

- Dans un tube à essais, verser 1 mL d'eau distillée, et quelques gouttes d'une solution jaune de chromate de potassium.

- Rajouter quelques gouttes de solution de nitrate d'argent.

→ Qu'observe-t-on ?

→ Ecrire l'équation de la réaction sachant qu'il se forme un précipité de chromate d'argent

- Dans un tube à essais, verser 1 mL de solution de chlorure de sodium, ajouter quelques gouttes de solution de chromate de potassium.

- Ajouter progressivement la solution de nitrate d'argent.

→ Qu'observe-t-on ?

→ Avec quel ion, Cl^- ou CrO_4^{2-} , les ions Ag^+ précipitent-ils en premier ?

→ Quand 2 précipités peuvent se former, quel est celui qui apparait en premier ? Utiliser les valeurs des solubilités pour répondre à la question.

C/ Dosage des ions chlorure

►► Principe du dosage

▪ On se propose de doser les ions chlorure de l'eau de Vichy® par une solution titrante de nitrate d'argent. Pour visualiser l'équivalence du dosage, on utilise comme indicateur de fin de réaction quelques gouttes d'une solution aqueuse de chromate de potassium.

Cette méthode de dosage est appelée « Méthode de Mohr »

→ Le chromate de potassium sert d'indicateur de fin de réaction ; expliquer pourquoi.

►► Protocole

- Placer dans un bécher un volume $V_{\text{eau}} = 20,0 \text{ mL}$ d'une eau de St-Yorre dégazée dans laquelle la concentration des ions chlorure est notée $[\text{Cl}^-]$

- Ajouter dix gouttes de la solution de chromate de potassium.

- Préparer une burette contenant une solution de nitrate d'argent dans laquelle $[\text{Ag}^+] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

- Effectuer le dosage et noter V_{eq} le volume de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

▪ Lors du titrage on réalise **deux essais concordants** (à $\pm 0,1$ mL). On notera les volumes équivalents et on calculera la **valeur moyenne**.

→ Ecrire la réaction du dosage

→ Quelle relation peut-on écrire à l'équivalence entre les grandeurs $[\text{Cl}^-]$, $[\text{Ag}^+]$, V_{eau} et $V_{\text{éq}}$

→ Déterminer $[\text{Cl}^-]$ la concentration des ions chlorure dans l'eau de Vichy

→ Déterminer $U[\text{Cl}^-]$ l'incertitude sur la mesure de $[\text{Cl}^-]$ sachant que :

$$U[\text{Cl}^-] = [\text{Cl}^-] \times \sqrt{\left(\frac{U[\text{Ag}^+]}{[\text{Ag}^+]}\right)^2 + \left(\frac{UV_{\text{éq}}}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{UV_{\text{eau}}}{V_{\text{eau}}}\right)^2}$$

Avec

$$U[\text{Ag}^+] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \quad [\text{Ag}^+] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$UV_{\text{éq}} = 0,1 \text{ mL} \quad UV_{\text{eau}} = 0,04 \text{ mL} \quad V_{\text{eau}} = 20,0 \text{ mL}$$

→ Exprimer $[\text{Cl}^-]$ sous la forme : $[\text{Cl}^-] = (\dots \pm \dots) \text{ mol.L}^{-1}$

→ Déterminer C_m , la concentration massique (= teneur) des ions chlorure dans l'eau de Vichy
 $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

→ Déterminer UC_m l'incertitude sur la mesure de C_m sachant que : $UC_m = U[\text{Cl}^-] \times M$

→ Exprimer C_m sous la forme $C_m = (\dots \pm \dots) \text{ g.L}^{-1}$

→ Calculer l'écart relatif entre la valeur trouvée expérimentalement et la valeur indiquée sur l'étiquette.