

▪ 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**

<u>sodium</u>	<u>argent</u>	<u>potassium</u>	<u>chlorure</u>	<u>nitrate</u>	<u>chromate</u>
<u>Na<sup>+</sup></u>	<u>Ag<sup>+</sup></u>	<u>K<sup>+</sup></u>	<u>Cl<sup>-</sup></u>	<u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></u>	<u>CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup></u>

**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'erlen par un bouchon relié à un tube en caoutchouc.
- Placer l'erlen 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 ( $\text{Ca}^{2+}$  ;  $2 \text{ OH}^-$ )

→ Ecrire l'équation de la réaction chimique expliquant l'observation précédente sachant que 2 couples acide/base interviennent :  $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$  ;  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{CO}_3^{2-}$

→ Montrer que le trouble de l'eau de chaux est dû à l'apparition de particules de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$

- Retirer le bouchon de l'erlen 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,  $\text{Cl}^-$  ou  $\text{CrO}_4^{2-}$ , les ions  $\text{Ag}^+$  précipitent-ils en premier ?

→ Quand 2 précipités peuvent se former, quel est celui qui apparaît 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  $V_{\text{éq}}$  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  $[Cl^-]$ ,  $[Ag^+]$ ,  $V_{eau}$  et  $V_{eq}$

→ Déterminer  $[Cl^-]$  la concentration en ions chlorure dans l'eau de Vichy

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

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

Avec

$$U[Ag^+] = 1.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[Ag^+] = 2,5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$UV_{eq} = 0,1 \text{ mL}$$

$$UV_{eau} = 0,04 \text{ mL}$$

$$V_{eau} = 20,0 \text{ mL}$$

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

→ Déterminer  $C_m$ , la concentration en masse (= teneur) des ions chlorure dans l'eau de Vichy

$$M(Cl^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

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

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

→ Peut-on valider le résultat expérimental ?

### **Doc : Valider un résultat expérimental**

▪ Dans certains cas, la grandeur mesurée a une valeur déjà connue précisément, considérée comme une valeur de référence  $x_{ref}$ .

↳ La qualité du résultat de la mesure  $x_{mes}$  est obtenue par un calcul d'un **écart relatif** ou d'un **Z-score**

On définit l'**écart relatif** comme l'**écart absolu** entre la valeur mesurée " $x$ " et la valeur de référence " $x_{ref}$ ", divisé par la valeur de référence :

$$Ecart\ relatif = \frac{|x - x_{ref}|}{x_{ref}}$$

On définit le **z-score** comme l'**écart absolu** entre la valeur mesurée " $x$ " et la valeur de référence " $x_{ref}$ ", divisé par l'**incertitude-type**  $u(x)$ :

$$Z_{score} = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

**Lorsque  $z < 2$ , on considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence.**