

TP : Titrage indirect d'une eau de Javel commerciale

I. Etude documentaire

L'eau de Javel est une solution basique constituée d'un mélange équimolaire d'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{ClO}^-(\text{aq})$) et de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$). Sa préparation a été mise au point au XVIII^e siècle par Claude-Louis Berthollet à la manufacture de Javel (ancien village d'Ile de France), en faisant réagir sur la soude ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$) un courant de dichlore selon l'équation :



1. Situation problème

Document 1 : Comment rendre une eau potable ?



Par définition, une eau est potable quand deux litres peuvent en être consommés par jour, à vie, sans conséquence pour la santé. L'OMS recommande que 3 mg d'ions hypochlorite ClO^- (présents dans l'**eau de Javel®**) soient ajoutés par litre d'eau pour une **désinfection** satisfaisante.

L'eau, une fois distribuée, subit différents traitements. Certains sont effectués par le consommateur, notamment pour améliorer son goût : par exemple avec une carafe filtrante. D'autres sont effectués sur l'eau usée dans les stations d'épuration, dans le but de pouvoir la rejeter sans perturber l'écosystème.

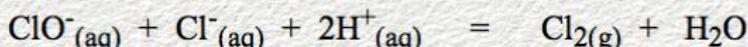
Document 2 : définitions

La désinfection désigne l'opération permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou de désactiver les virus.

L'eau de Javel® est une solution contenant de l'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+ + \text{ClO}^-$). Son action antibactérienne provient du pouvoir oxydant des ions hypochlorite. Même à faible concentration (0,1 à 1,0 mg/L), l'eau de Javel® inhibe la croissance des bactéries : cette propriété est utilisée dans le traitement de l'eau.

Document 3 : Degré chlorométrique

Le **degré chlorométrique D** d'une eau de Javel est le volume de $\text{Cl}_2(\text{g})$ libéré (dans les conditions normales de température et pression) lorsque 1L d'eau de Javel réagit selon la réaction :



Soit : $D = V_{\text{Cl}_2} = n_{\text{Cl}_2} \times V_m = n_{\text{ClO}^-} \times V_m$

avec V_m , volume molaire, qui, dans ces conditions, vaut $22,4 \text{ L} \times \text{mol}^{-1}$.

Comme le volume étudié est de 1L : $n_{\text{ClO}^-} = [\text{ClO}^-] \times 1$

d'où : $D = [\text{ClO}^-]_0 \times V_m$

Document 4 : titrage indirect

- Il faut savoir distinguer un titrage direct d'un titrage indirect.

- **Titrage direct :**

Un titrage direct ne met en jeu qu'une réaction : on fait réagir un volume connu de la solution contenant le **réactif titré A** avec une autre espèce **B**, appelée **réactif titrant**, introduite en quantité connue.

La mesure du volume équivalent V_{se} permet à partir de l'équation de la réaction de titrage, de déterminer directement la quantité n_A de réactif titré.

- **Titrage indirect :**

Un titrage indirect met en jeu au moins deux réactions et une espèce intermédiaire : un volume connu de la solution contenant l'espèce **A à doser** est mis à réagir avec une espèce intermédiaire **B en excès**. On titre alors soit l'excès de **B** restant, soit l'un des produits **D** de la réaction de **A** avec **B**, par un réactif **F** de concentration connue.

Document 5 : Principe et protocole du titrage indirect d'une eau de Javel

A. Principe du dosage

Le tirage indirect d'une solution d'eau de Javel consiste à :

- ajouter en milieu faiblement acide un excès d'ions iodure $I^-_{(aq)}$: les ions hypochlorite $ClO^-_{(aq)}$ oxydent les ions iodure $I^-_{(aq)}$
- le diiode $I_2_{(aq)}$ formé est ensuite titré par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$

Ce tirage est dit « indirect » car ce n'est pas la solution d'eau de Javel que l'on titre, mais le diiode $I_2_{(aq)}$ formé par l'addition d'un excès d'ions iodure $I^-_{(aq)}$ sur l'eau de Javel.

Données :



B. Protocole

Matériel : burette de 25 mL avec support, agitateur magnétique et barreau aimanté, erlenmeyer de 100 mL, pipette jaugée de 10,0 mL, éprouvette de 25 mL, solution (S) d'eau de Javel commerciale diluée dix fois, solution d'iodure de potassium ($K^+_{(aq)}$, $I^-_{(aq)}$) de concentration molaire $c' = 0,10 \text{ mol. L}^{-1}$, solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq)}$, $Cl^-_{(aq)}$) à 1 mol. L^{-1} , solution de thiosulfate de sodium ($2Na^+_{(aq)}$, $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$) de concentration molaire $c_1 = 0,10 \text{ mol. L}^{-1}$ et indicateur coloré Thiodène

- Avec une pipette jaugée, placer dans un erlenmeyer de 100 mL un volume $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution S d'eau de Javel qui a été préparée en diluant fois la solution commerciale S₀.
 - Ajouter à l'aide d'une éprouvette graduée 20 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration en soluté apporté $c' = 0,10 \text{ mol. L}^{-1}$. Agiter . Qu'observe-t-on ? (observation 1)
 - Ajouter dans l'erlenmeyer 10 mL d'acide chlorhydrique à 1 mol. L^{-1} à l'aide de l'éprouvette graduée. Que remarque-t-on ? (observation 2)
 - Placer l'erlenmeyer sous agitation magnétique.
 - Titrer à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium ($2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)}$) de concentration en soluté apporté $c_1 = 0,10 \text{ mol. L}^{-1}$. **Appeler le professeur avant de commencer le titrage.**
 - A l'approche du point d'équivalence, introduire trois gouttes de thiodène.
- Noter le volume équivalent V_E

2. Analyse du problème S'approprier et valider

2.1. Equations des réactions associées aux transformations mises en jeu

2.1.1. Transformation 1

- a. Etablir l'équation de la réaction des ions hypochlorite $ClO^-_{(aq)}$ avec les ions iodure $I^-_{(aq)}$ en milieu acide.
- b. Sachant que les ions iodure sont introduits en excès, établir le tableau d'avancement du système pour la transformation 1.
- c. En déduire la relation entre la quantité de matière initiale d'ions hypochlorite $ClO^-_{(aq)}$ dans la solution (S) d'eau de Javel et la quantité de diiode $I_2_{(aq)}$ formée.

2.2.2. Transformation 2 : titrage

- a. Etablir l'équation de la réaction du diiode $I_2_{(aq)}$ avec les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$.
- b. Définir l'équivalence.
- c. En déduire une relation entre la quantité de matière de diiode initiale $I_2_{(aq)}$ et la quantité d'ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$ ajoutée à l'équivalence.

2.2. Faire le schéma du montage du dosage

II. Manipulation

1. Mise en œuvre du protocole expérimental *Faire preuve d'autonomie, Réaliser, Communiquer*

1.1. Mettre en place le dispositif du montage de dosage.

Appeler le professeur pour vérifier le montage avant de commencer le dosage

1.2. Noter le volume équivalent. $V_E = \dots$

2. Analyse du protocole

2.1. Transformation 1

- Sachant que les ions iodure ont été introduits en excès, pourquoi le volume de la solution d'iodure de potassium peut-il être mesuré avec une éprouvette graduée ?
- Pourquoi a-t-on ajouté de l'acide chlorhydrique ?
- Interpréter l'observation 1, puis l'observation 2.

2.2. Transformation 2

- Quelle est l'espèce chimique colorée présente lors de ce titrage ? De quels couleurs sont les autres espèces ?
- Pourquoi ajoute-t-on quelques gouttes de thioldène ?
- Quel changement de couleur permet de repérer l'équivalence ?

3. Détermination du degré chlorométrique de l'eau de Javel commerciale S_0 *Valider*

3.1. A l'aide des deux équations de réaction (voir I.2.1.), établir une relation entre la quantité de matière des ions hypochlorite ClO^- (aq) initialement présents dans le prélèvement V_0 et les ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (aq) utilisés lors du dosage. En déduire une relation entre c , V_0 , c_1 et V_E .

3.2. Déterminer la concentration c en ions hypochlorite ClO^- (aq) de la solution (S), puis la concentration c_0 de la solution commerciale S_0 .

3.3. Déterminer le degré chlorométrique D de cette eau de Javel commerciale S_0 .

4. Validation du résultat *Communiquer*

4.1. Calculer $u(D) = D \times \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2}$. Ecrire le résultat sous la forme $D = D \pm u(D)$.

données : - incertitude sur le volume de prise d'essai : $u(V_A) = 0,1 \text{ mL}$; incertitude sur le volume équivalent : $u(V_{eq}) = 0,2 \text{ mL}$;
- incertitude sur la concentration titrante $u(C_B) = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$

4.2. Calculer le z score et en déduire si le résultat est conforme à la donnée du fabricant sachant que l'emballage de l'eau de Javel commerciale indique 12°chl .

Préciser quelles peuvent être les sources d'erreurs.