

Titrage d'une eau de Javel

Enseignement de spécialité - Partie C (B)

But

Vérifier, par un titrage indirect, le degré chlorométrique indiqué sur l'emballage d'une eau de Javel.

Prérequis

- Il est utile que les élèves aient étudié la partie A de l'enseignement obligatoire, sachent donc écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction et identifier dans cette équation les deux couples mis en jeu.
- Connaissance de la notion d'équivalence.
- Principe de la dilution.

Objectifs

Savoirs expérimentaux :

- Reconnaître et nommer le matériel de laboratoire.
- Respecter les règles de sécurité à partir des pictogrammes des étiquettes des réactifs utilisés.
- Suivre un protocole et utiliser le matériel adapté pour une dilution et un titrage.
- Repérer l'équivalence.

Savoirs :

- Ecrire les demi-équations électroniques et l'équation d'une réaction d'oxydoréduction.
- Reconnaître le caractère indirect d'un titrage.
- Exploiter les résultats d'un titrage.
- Calculer un écart relatif.

Matériel (par groupe d'élèves)

- 1 pipette jaugée de 10 mL
- 1 propipette
- 1 éprouvette graduée de 25 mL
- 1 fiole jaugée de 100 mL
- 1 agitateur magnétique
- 1 burette graduée de 25 mL
- 1 erlenmeyer de 100 mL
- lunettes et gants



Produits (pour 10 groupes d'élèves)

- Solution commerciale (S) du texte : solution à 9° chl obtenue
 - soit en prenant de l'eau de Javel du commerce à 9° chl ;
 - soit en utilisant un berlingot du commerce à 36° chl qui aura été dilué par le professeur.
- 500 mL de solution d'iodure de potassium de concentration molaire apportée 0,100 mol.L⁻¹.
- 300 mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire apportée 1,00 mol.L⁻¹.
- 1 L de solution de thiosulfate de sodium de concentration molaire apportée 0,100 mol.L⁻¹.
- Empois d'amidon.
- Eau distillée.

Remarque : Les nouvelles normes indiquent la concentration en % c.a., c'est-à-dire en % de "chlore actif". Les calculs sont plus complexes car la référence est massique et non plus volumique. On peut estimer que 9,8 % c.a. correspondent à environ 36° chl et 2,7 % c.a. à 9° chl.

Titrage d'une eau de Javel

Document

L'eau de Javel

L'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium et de chlorure de potassium ou de sodium, utilisée comme détersif, décolorant et antiseptique. Elle tient son nom d'un ancien village d'Ile-de-France, aujourd'hui un quartier de Paris, où se trouvait une usine de produits chimiques.

C'est en 1785 que Claude-Louis Berthollet (1748-1822), directeur des teintures à la manufacture royale des Gobelins, eut l'idée d'appliquer le dichlore, nouvellement découvert (1774) par le savant suédois Carl Wilhem Scheele (1742-1786), au blanchiment.

L'acide muriatique oxygéné, comme on l'appelait alors, s'obtenait par oxydation de l'acide muriatique (appelé maintenant acide chlorhydrique) par la pyrolusite (ou dioxyde de manganèse). Ce produit est présent dans les piles salines.

Berthollet avait fait une seconde observation capitale : il avait remarqué, que les lessives, solutions concentrées de carbonate de sodium, sont bien plus efficaces pour laver le linge quand elles sont traitées par la chaux et portées à l'ébullition. Cette observation permit de réduire notablement les importations de lessives caustiques (soude). En 1776, de Saint-Alban, ancien notaire, Buffault, financier, et Bourboulon, chimiste, achètent à la paroisse de Vanves pour la somme de 16 000 livres un grand terrain au bord de la Seine, situé à l'extrémité de la plaine de Grenelle, près du moulin de Javelle (la javelle désigne le petit tas de céréales coupées qu'on laisse sur-le-champ jusqu'à ce qu'on le lie en gerbe) pour y établir une fabrique d'acide vitriolique (appelé maintenant acide sulfurique). L'usine vivote même après le remplacement de Bourboulon par Payen, jusqu'à ce que Berthollet y dirige la mise au point de la fabrication industrielle du liquide décolorant et désinfectant devenu universellement célèbre sous le nom d'eau de Javel.

Berthollet procède à la mise en œuvre industrielle du blanchiment par le dichlore. L'intérêt est énorme : une opération qui durait traditionnellement plusieurs mois se trouve réduite à quelques heures, de plus les prés de blanchiment dans lesquels on étendait les draps pour les faire blanchir par le dioxygène de l'air et les UV solaires sont rendus à l'élevage.

Après Paris, le procédé est très vite appliqué à Valenciennes, Rouen, et Lille. En Angleterre, la diffusion en est faite par James Watt, l'inventeur de la machine à vapeur, qui avait assisté aux expériences de Berthollet, au cours de ses nombreux voyages en France.

Chimie dans la maison - Cultures et Techniques - IUFM Nantes – extraits - (page 411 à 414)



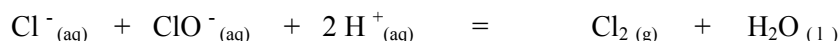
Actuellement, dans l'industrie, l'eau de Javel est une solution aqueuse, mélange équimolaire de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) et d'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{ClO}^-_{(\text{aq})}$).

Elle est fabriquée par réaction entre le dichlore et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (soude) selon la **réaction 1** :



Elle est caractérisée par son **degré chlorométrique** ($^{\circ}\text{chl}$), défini comme étant le volume (exprimé en L) de dichlore gazeux utilisé pour fabriquer 1 litre de solution dans les conditions normales de température et de pression (C.N.T.P.).

Quand on verse un acide dans l'eau de Javel, il se produit la réaction suivante (**réaction 2**) :



On peut aussi rencontrer la définition : le **degré chlorométrique** d'une solution d'eau de Javel est le volume de dichlore gazeux (exprimé en L) qu'un litre de solution peut produire au cours de cette réaction 2 .

Attention : Le dichlore est un gaz toxique.



Dans le commerce, l'eau de Javel se présente sous une forme concentrée (berlingots à 36 °chl ; pastilles), ou sous une forme plus diluée (en bouteilles à 9° chl).

L'eau de Javel est utilisée :

- pour désinfecter (ustensiles chirurgicaux) ;
- comme antiseptique (liqueur de Dakin, etc.) ;
- dans le traitement de l'eau potable ;
- dans le blanchiment de certains textiles.

Questions

- 1) En s'aidant du texte :
 - a) Faire l'inventaire des ions contenus dans l'eau de Javel.
 - b) Quel est le nom actuel de l'acide muriatique oxygéné ?
 - c) Citer un intérêt direct et un intérêt indirect de l'eau de Javel au début de son industrialisation.
- 2) Donner la signification des pictogrammes présents sur l'emballage d'une eau de Javel.
- 3) a) La réaction 1 est-elle une réaction d'oxydoréduction ou une réaction acide / base ?
Préciser les couples oxydant / réducteur ou acide / base intervenants.
b) Répondre aux mêmes questions pour la réaction 2.
- 4) Calculer la concentration en ions hypochlorite $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ dans la solution du commerce à 36 ° chl (berlingot).
- 5) D'après le mode d'emploi lu sur un berlingot (36 °chl), calculer le degré chlorométrique de la solution diluée obtenue.
- 6) Pourquoi est-il précisé dans la rubrique " informations consommateurs " de certains emballages d'eau de Javel : " ne pas diluer dans un flacon de gel détartrant " ?

Données : * *couples rédox* : ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$) ; ($\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$) ; ($\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}_{2(\text{g})}$) ; ($\text{Cl}_{2(\text{g})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) ; ($\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) .

* *couples acide / base* : ($\text{H}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}$) ; ($\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-_{(\text{aq})}$) .

* *volume molaire des gaz (C.N.T.P.)* : $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

Titrage d'une eau de Javel

But du T.P.

Vérifier le degré chlorométrique d'une eau de Javel, indiqué sur l'emballage.

Principe

En milieu acide, les ions hypochlorite $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ de l'eau de Javel mis en présence d'ions iodure $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ en excès sont réduits en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ et il y a formation de diiode $\text{I}_{2(\text{aq})}$ (appelée réaction 3).

La quantité de matière de diiode formé est ensuite déterminée par un titrage au moyen d'une solution aqueuse de thiosulfate de sodium de concentration connue (appelée réaction 4).



Protocole

- 1) Dilution de la solution d'eau de Javel (S) : Préparer, à partir de la solution commerciale (S) de concentration molaire apportée C , 100 mL d'une solution (S') de concentration molaire apportée $C' = C/10$.
- 2) Le titrage : Dans un erlenmeyer, introduire :
 - $v = 10,0$ mL de la solution (S') ;
 - 20 mL de la solution d'iodure de potassium de concentration molaire apportée $c_1 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$;
 - 10 mL d'acide chlorhydrique de concentration molaire apportée $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

Homogénéiser le mélange à l'aide d'un agitateur magnétique.

Titre alors le diiode formé par la solution de thiosulfate de sodium de concentration molaire apportée $c_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ placée dans la burette graduée.

Premier titrage rapide : verser la solution de thiosulfate de sodium, mL par mL, jusqu'au jaune pâle. Ajouter alors quelques gouttes d'empois d'amidon (ou thiodène). La solution devient bleu foncé. Continuer à verser la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à la décoloration persistante de la solution contenue dans l'erlenmeyer. Noter le volume obtenu.

Second titrage précis : même protocole mais verser goutte à goutte la solution de thiosulfate de sodium une fois l'empois d'amidon ajouté pour déterminer, à la goutte près, la fin du titrage. Soit v_2 le volume versé.

Questions

- 1) a) Écrire les demi-équations électroniques des couples oxydant / réducteur intervenant dans la réaction 3. En déduire l'équation de la réaction qui se produit.
b) Mêmes questions pour la réaction 4.
- 2) Indiquer le mode opératoire et la verrerie utilisée pour préparer la solution (S') à partir de la solution (S).
- 3) Faire un schéma annoté du montage utilisé pour le titrage.
- 4) Quelle est la couleur du contenu de l'erlenmeyer au début du titrage? Comment évolue-t-elle? Pourquoi? Justifier l'ajout d'empois d'amidon (ou thiodène).
- 5) Pourquoi ne fait-on pas un titrage direct des ions hypochlorite par les ions iodure?
- 6) Donner la définition de l'équivalence d'un titrage.
- 7) a) Pour la réaction 4, à l'équivalence du titrage, établir le tableau descriptif de l'évolution du système.
b) En déduire la quantité de matière de diiode dosée par la réaction 4.
- 8) a) Établir le tableau descriptif de l'évolution du système pour la réaction 3.
b) En déduire la quantité de matière d'ions iodure consommée lors de la réaction 3.
- 9) Déterminer la concentration molaire apportée C' de la solution (S') d'eau de Javel.
- 10) En déduire la concentration molaire apportée C de la solution initiale (S) et son degré chlorométrique. Comparer avec l'indication donnée par le fabricant sur l'étiquette.
- 11) Les ions hypochlorite, principe actif de l'eau de Javel, peuvent subir une lente réaction d'oxydo-réduction. Cette réaction, accélérée par la lumière, a pour équation : $2 \text{ClO}^-_{(\text{aq})} = 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + \text{O}_2 (\text{g})$
Pourquoi les berlingots d'eau de Javel portent-ils une date limite d'utilisation et pourquoi ne faut-il pas conserver l'eau de Javel dans des bouteilles en verre transparent?

Titrage d'une eau de Javel



☞ Questions de la fiche n° 2 (à partir du texte) :

- 1) a) ion hypochlorite $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$; ion sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ et/ou ion potassium $\text{K}^+_{(\text{aq})}$; ion chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.
 b) L'acide muriatique oxygéné est appelé aujourd'hui dichlore (voir texte + Gay-Lussac en 1809).
 c) *Intérêt direct* : diminution importante de la durée du blanchiment des tissus, de “ plusieurs mois ... à quelques heures ”.
Intérêt indirect : augmentation des terrains agricoles : “ les prés de blanchiment dans lesquels on étendait les draps pour les faire blanchir par le dioxygène de l'air et les UV solaires sont rendus à l'élevage ”.
- 3) a) Réaction 1 : réaction d'oxydoréduction car il se produit un échange d'électrons entre l'oxydant $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ du couple $\text{Cl}_{2(\text{g})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ et le réducteur $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ du couple $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}_{2(\text{g})}$.
 b) Réaction 2 : réaction d'oxydoréduction car il se produit un échange d'électrons entre l'oxydant $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ du couple $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}_{2(\text{g})}$ et le réducteur $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ du couple $\text{Cl}_{2(\text{g})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.
- 4) 36 ° chl correspondent à 36 L de dichlore utilisés pour fabriquer 1 L d'eau de Javel, soit un nombre de moles $n_{\text{Cl}_2} = V / V_m$ et d'après l'équation de la réaction 1, $n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{ClO}^-} = [\text{ClO}^-_{(\text{aq})}] \times V'$, avec $V' = 1 \text{ L}$ d'où $[\text{ClO}^-_{(\text{aq})}] = n_{\text{Cl}_2} = V / V_m = 36 / 22,4 \approx 1,6 \text{ mol.L}^{-1}$.
- 5) On lit sur le mode d'emploi du berlingot “ 2 berlingots (250 mL chacun) dans un flacon de 2 L ”, soit un facteur de dilution = $2000 / 500 = 4$ (... voir question 4 ...) et un degré chlorométrique = 9 ° chl.
- 6) Par exemple, un gel détartrant pour cafetière contient 23 % d'acide phosphorique. S'il reste du produit détartrant dans le flacon, la réaction 2 se produit et engendre un dégagement de dichlore, gaz très toxique.

☞ Questions de la fiche n° 3 (titrage)

- 1) a)
$$\begin{aligned} \text{ClO}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- &= \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(1)} \\ \text{I}_2_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- &= 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} \end{aligned}$$

réaction 3 : $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} = \text{I}_2_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(1)}$
- b)
$$\begin{aligned} \text{I}_2_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- &= 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} \\ \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- &= 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})} \end{aligned}$$

réaction 4 : $\text{I}_2_{(\text{aq})} + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})} = \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{I}^-_{(\text{aq})}$

☞ Résultats expérimentaux : $v_2 = 8,0 \text{ mL}$

☞ Détermination du °chl : $[\text{ClO}^-_{(\text{aq})}] = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $^\circ \text{chl} = [\text{ClO}^-_{(\text{aq})}] \times V_m = \dots \approx 9^\circ$