Chimie et piscine

Bac S 2015 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Pour les deux bornes de l'intervalle de pH d'une eau de piscine (7,2 et 7,6), estimer les proportions de chaque espèce chlorée. Ces proportions correspondent-elles à une désinfection optimale ?

Données utiles figure 1 (pourcentages de Cl_2, $HClO$ et ClO^- en fonction du pH) ; l'espèce désinfectante est $HClO$.

Lecture sur la figure 1, sur la courbe de $HClO$; la courbe de Cl_2 est confondue avec l'axe dès que le pH dépasse 6, et la somme des trois pourcentages vaut 100 %.

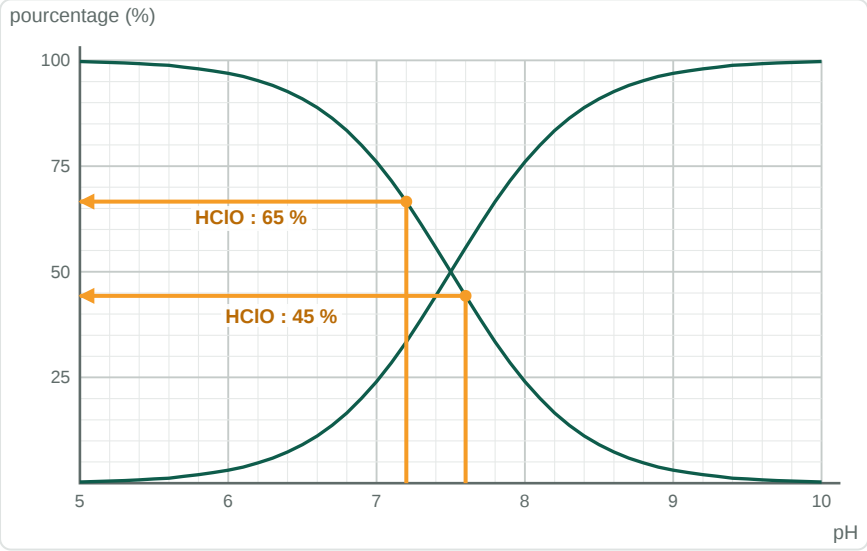
- pH = 7,2 : $HClO$ environ 65 % ; ClO^- environ $100 - 65 = 35$ % ; Cl_2 : 0 %.
- pH = 7,6 : $HClO$ environ 45 % ; ClO^- environ $100 - 45 = 55$ % ; Cl_2 : 0 %.

L'espèce efficace, $HClO$, ne représente donc qu'à peu près la moitié du chlore présent. Son pourcentage serait maximal (proche de 100 %) vers pH = 5,5, valeur exclue pour le confort des baigneurs.

$HClO$: entre 45 % et 65 % environ. La désinfection n'est pas optimale : c'est un compromis avec le confort de la baignade.

PIÈGE
Oublier une espèce. La question demande « chacune des espèces » : il faut citer aussi Cl_2 (0 %) et donner ClO^- par complément à 100 %.

COMPRENDRE
Les courbes de $HClO$ et ClO^- se coupent à 50 % pour pH = 7,5 : c'est le pK_A du couple $HClO/ClO^-$. En dessous, l'acide domine ; au-dessus, c'est la base.



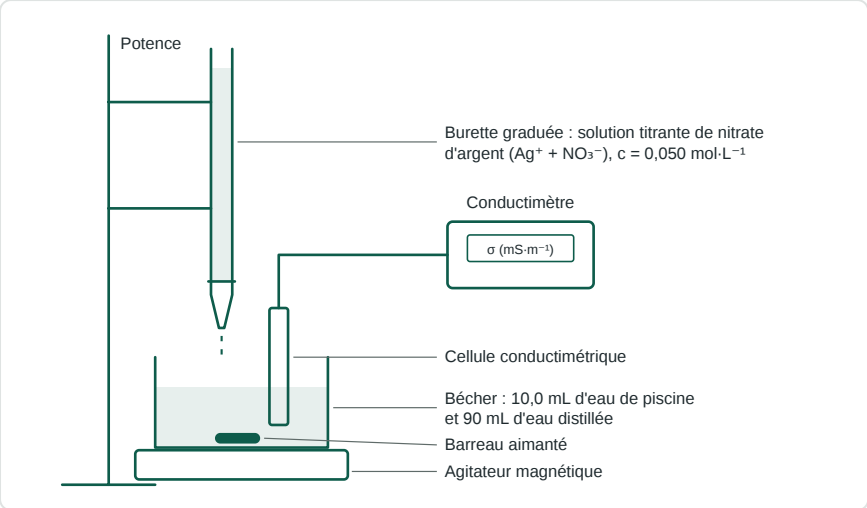
1 · Figure 1 du sujet (zone utile), avec les deux lectures sur la courbe de HClO

2.1 Schématiser et légender le montage expérimental réalisé pour effectuer le dosage conductimétrique.

Voir le schéma. Éléments attendus : burette graduée contenant la solution titrante de nitrate d'argent, bécher contenant la solution titrée (eau de piscine diluée), cellule conductimétrique plongeant dans le bécher et reliée au conductimètre, agitateur magnétique et barreau aimanté.

Schéma légendé : burette (solution titrante), bécher (solution titrée), cellule reliée au conductimètre, agitation magnétique.

PIÈGE
Dessiner une sonde de pH ou écrire « pH-mètre » par habitude. Ici on mesure une conductivité : cellule conductimétrique et conductimètre.



2.1 · Montage du titrage conductimétrique

2.2 Quelles verreries utiliser pour introduire dans le bécher les 10,0 mL d'eau de piscine, puis les 90 mL d'eau distillée ? Justifier.

- Les 10,0 mL d'eau de piscine : **pipette jaugée de 10,0 mL** (avec une propipette). Ce volume fixe la quantité d'ions chlorure dosée et intervient dans le calcul final : il doit être connu avec précision.
- Les 90 mL d'eau distillée : **éprouvette graduée de 100 mL**. L'eau ajoutée ne change pas la quantité d'ions chlorure, un volume approximatif suffit.

Pipette jaugée pour l'eau de piscine (volume précis) ; éprouvette graduée pour l'eau distillée (volume approximatif).

COMPRENDRE
L'écriture des données donne l'indication : « 10,0 mL » (trois chiffres significatifs) appelle une verrerie jaugée, « 90 mL » une verrerie graduée.

2.3 Donner l'expression de la conductivité σ du mélange avant l'équivalence, puis après l'équivalence.

Données utiles loi de Kohlrausch : $\sigma = \lambda_1[X_1] + \lambda_2[X_2] + \ldots$; réaction support : $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$

Avant l'équivalence, Ag^+ est le réactif limitant : il est entièrement consommé. La solution contient Na^+ (spectateur), Cl^- (pas encore consommé) et NO_3^- (spectateur, apporté par la burette) :

$$\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{NO_3^-}[NO_3^-]$$

Après l'équivalence, il n'y a plus d'ions Cl^- ; les ions Ag^+ versés ne réagissent plus et restent en solution :

$$\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{NO_3^-}[NO_3^-] + \lambda_{Ag^+}[Ag^+]$$

PIÈGE
Faire figurer $AgCl$ dans σ : c'est un solide, il ne conduit pas. Ne pas oublier non plus les ions spectateurs Na^+ et NO_3^-, présents dans les deux expressions.

COMPRENDRE
Le titrage conductimétrique est au programme actuel de spécialité, mais pas le titrage par précipitation : la réaction support, donnée par l'énoncé, n'est pas à connaître.

2.4 Interpréter qualitativement les variations de la conductivité avant et après l'équivalence.

Données utiles en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: $\lambda_{Na^+} = 5{,}01$; $\lambda_{Ag^+} = 6{,}19$; $\lambda_{Cl^-} = 7{,}63$; $\lambda_{NO_3^-} = 7{,}14$

Avant l'équivalence : chaque ion Ag^+ versé fait disparaître un ion Cl^- et s'accompagne d'un ion NO_3^- qui reste en solution. Dans le bécher, les ions Cl^- sont donc remplacés un à un par des ions NO_3^-, un peu moins conducteurs ($7{,}14 < 7{,}63$), tandis que la quantité de Na^+ ne change pas : σ diminue légèrement.

Après l'équivalence : les ions Ag^+ et NO_3^- versés ne sont plus consommés et s'accumulent. La quantité d'ions en solution augmente :

σ diminue faiblement avant l'équivalence, puis augmente nettement après.

MÉTHODE
Pour chaque ion, dire si sa quantité augmente, diminue ou reste constante avant puis après l'équivalence, puis comparer les λ des ions qui s'échangent.

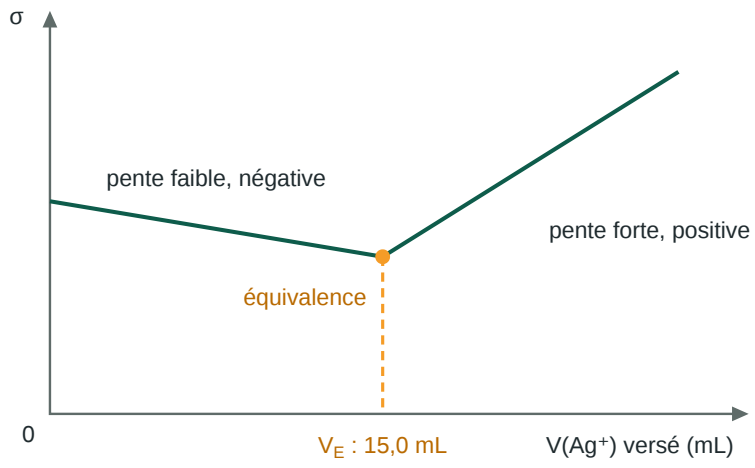
2.5 Donner l'allure de la courbe de titrage $\sigma = f(V_{Ag^+})$ et justifier la position du point d'équivalence sur cette courbe.

D'après la question 2.4, la courbe est formée de deux portions de droite : la première descend en pente douce, la seconde monte avec une pente plus forte (voir le schéma).

L'équivalence correspond au changement de réactif limitant, donc au changement de comportement de σ : c'est la rupture de pente.

Le point d'équivalence est le point d'intersection des deux portions de droite ; c'est ici le minimum de σ, d'abscisse V_E.

COMPRENDRE
Les portions sont quasi rectilignes parce que le volume du bécher varie peu : c'est le rôle des 90 mL d'eau distillée, qui rendent la dilution due aux ajouts presque négligeable.



2.5 · Allure de la courbe de titrage : deux portions de droite, rupture de pente à l'équivalence

2.6 En explicitant la démarche, déterminer la concentration molaire en ions chlorure de l'eau de piscine.

Données utiles $c = 0{,}050\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_E = 15{,}0$ mL ; prise d'essai $V_1 = 10{,}0$ mL

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl}(\text{s})$ (une mole pour une mole) :

$$n(\text{Cl}^-)_{\text{initial}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé à l'équivalence}} \quad \text{soit} \quad c_1 V_1 = c\,V_E$$

où c_1 est la concentration en ions chlorure de l'eau de piscine.

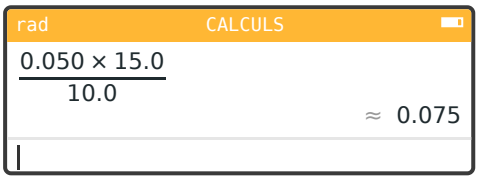
$$c_1 = \frac{c\,V_E}{V_1} = \frac{0{,}050 \times 15{,}0}{10{,}0}$$

$$\boxed{c_1 = 7{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Diviser par 100 mL. L'eau distillée n'apporte aucun ion chlorure : la quantité dosée est celle des 10,0 mL d'eau de piscine, donc $V_1 = 10{,}0$ mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $c = 0{,}050\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, la donnée la moins précise. Les volumes restent en mL car leurs unités se simplifient dans le rapport.

À LA CALCULATRICE



2.7 Est-il nécessaire de rajouter du sel dans la piscine ? Justifier.

Données utiles $c_1 = 7{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (2.6) ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Na}) = 23{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; électrolyse efficace entre 3 et 5 g de sel par litre

Le sel NaCl apporte un ion Cl^- par entité : sa concentration molaire dans l'eau de piscine est égale à c_1.

Concentration en masse de sel : $C_m = c_1 \times M(\text{NaCl})$ avec $M(\text{NaCl}) = 23{,}0 + 35{,}5 = 58{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$$C_m = 7{,}5 \times 10^{-2} \times 58{,}5 = 4{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$\boxed{3 < C_m = 4{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1} < 5 \text{ : il n'est pas nécessaire de rajouter du sel.}}$$

PIÈGE
Utiliser $M(\text{Cl})$ seul : on obtiendrait $2{,}7\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et la conclusion inverse. La norme porte sur le sel, il faut $M(\text{NaCl})$.

À LA CALCULATRICE

