Spécialité : Tensioactifs et dureté de l'eau

Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Le savon de Marseille forme un précipité avec les ions calcium et magnésium. Discuter de son efficacité en tant que tensioactif dans une eau dure.

Une eau dure est riche en ions $\mathrm{Ca^{2+}}$ et $\mathrm{Mg^{2+}}$ (document 4).

Ces ions réagissent avec les ions carboxylate $\mathrm{R{-}COO^-}$ du savon pour donner un solide (document 2), par exemple :

$$\mathrm{Ca^{2+}\,(aq) + 2\,R{-}COO^-\,(aq) \longrightarrow Ca(RCOO)_2\,(s)}$$

Les ions tensioactifs piégés dans le précipité ne sont plus en solution : ils ne peuvent plus former de micelles autour des salissures. Or une solution lave d'autant mieux qu'elle contient beaucoup de micelles (document 1).

Dans une eau dure, une partie du savon de Marseille est consommée par la précipitation : il est **moins efficace**, et il faut en utiliser davantage pour le même lavage.

COMPRENDRE
Chaque ion $\mathrm{Ca^{2+}}$ ou $\mathrm{Mg^{2+}}$ porte deux charges positives : il immobilise deux ions tensioactifs. Le précipité formé est le dépôt grisâtre que le savon laisse sur le linge ou dans un lavabo.

MÉTHODE
« Discuter » à partir de documents : citer le fait utile de chaque document (ici 4, 2 puis 1), les enchaîner par un raisonnement, puis conclure par une phrase qui répond à la question.

1.2 Expliquer l'allure de la courbe du document 3 et le changement de pente observé. À quelle grandeur caractérisant le détergent SDS correspond la rupture de pente ?

La solution de SDS contient des ions $\mathrm{R{-}OSO_3^-}$ et $\mathrm{Na^+}$: elle conduit le courant. Plus la concentration C est grande, plus il y a d'ions par unité de volume, donc plus la conductivité σ est grande. La courbe est croissante, formée de deux portions de droite.

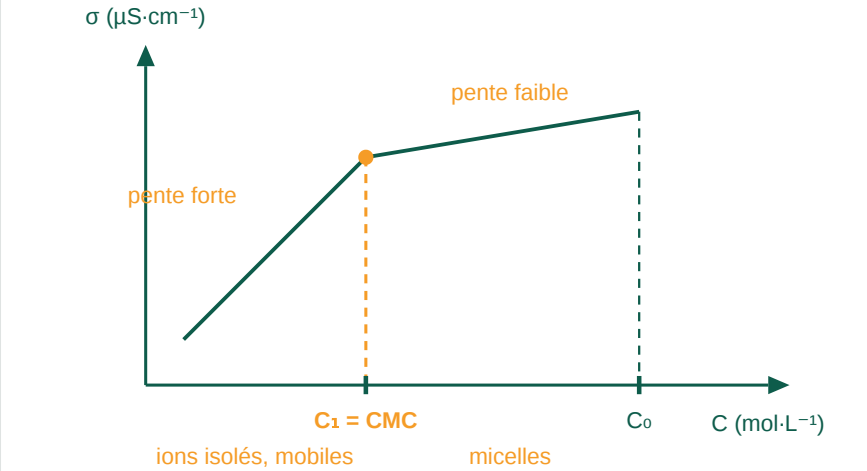
- Pour $C < C_1$: les ions tensioactifs sont isolés et mobiles (document 1). Chaque ion apporté participe pleinement au passage du courant : σ augmente rapidement avec C, la pente est forte.
- Pour $C > C_1$: les ions tensioactifs supplémentaires se regroupent en micelles, très volumineuses, qui se déplacent difficilement. Ils contribuent beaucoup moins à la conductivité : σ augmente encore, mais plus lentement, la pente est plus faible.

Le changement de pente marque donc la concentration à partir de laquelle les micelles apparaissent.

La rupture de pente correspond à la **concentration micellaire critique** du SDS : $C_1 = \mathrm{CMC}$.

PIÈGE
L'expérience est une dilution : elle parcourt la courbe de droite à gauche, de C_0 vers les faibles concentrations. En franchissant C_1, les micelles se défont. L'explication doit rester cohérente avec ce sens.

COMPRENDRE
Au-delà de C_1, la conductivité continue de croître : les ions $\mathrm{Na^+}$ ajoutés restent en grande partie libres, et les micelles, chargées, conduisent un peu. Seule la pente diminue.



1.2 · Document 3 : la rupture de pente repère la CMC

2 Comparer qualitativement et quantitativement le lavage du linge d'un nouveau-né avec du savon de Marseille ou avec du SDS dans l'eau de ville étudiée. Indiquer lequel serait le plus adapté.

Données utiles $V_0 = 20{,}0$ mL ; $C_0 = 2{,}00 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_1 = 24{,}0$ mL ; $t(\text{Ca}^{2+}) = 16{,}1$ mg · L^{-1} ; $t(\text{Mg}^{2+}) = 4{,}90$ mg · L^{-1} ; $M(\text{Ca}) = 40{,}1$ g · mol^{-1} ; $M(\text{Mg}) = 24{,}3$ g · mol^{-1} ; $1\ ^\circ\text{f} \leftrightarrow 1 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1}

CMC du SDS. Elle vaut C_1 (question 1.2). Lors de la dilution, la quantité de SDS se conserve : $C_0V_0 = C_1(V_0 + V_1)$, donc

$$C_1 = \frac{C_0V_0}{V_0 + V_1} = \frac{2{,}00 \times 10^{-2} \times 20{,}0}{20{,}0 + 24{,}0} = 9{,}09 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La CMC du savon de Marseille est d'environ 10^{-6} mol · L^{-1} (document 2), soit environ 9×10^3 fois plus faible. Le savon forme des micelles dès une concentration très faible : à quantité égale de tensioactif, il en donne bien plus que le SDS, il est donc plus efficace (document 1).

Dureté de l'eau de ville. Concentration en quantité de matière : $C = \frac{t}{M}$.

$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{16{,}1 \times 10^{-3}}{40{,}1} = 4{,}01 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} $\quad$ $[\text{Mg}^{2+}] = \frac{4{,}90 \times 10^{-3}}{24{,}3} = 2{,}02 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1}

$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = 6{,}03 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1}, donc $\text{TH} = \frac{6{,}03 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-4}} \approx 6\ ^\circ\text{f}$.

Ce titre est inférieur à 15 °f : l'eau est douce (document 4). Le savon de Marseille y précipite peu et garde l'essentiel de son efficacité ; le SDS, lui, ne réagit pas avec ces ions.

Aspect qualitatif. Le savon de Marseille est biodégradable à 100 %, contre plus de 90 % pour le SDS, et il est hypoallergénique, ce qui convient à la peau d'un nouveau-né.

$\text{CMC(SDS)} = 9{,}09 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1} $\gg$ CMC(savon) et $\text{TH} \approx 6\ ^\circ\text{f}$ (eau douce) : le **savon de Marseille** est le plus adapté.

PIÈGE
Le volume final de la dilution est $V_0 + V_1 = 44{,}0$ mL, pas V_1 seul. Et les concentrations en masse sont en mg · L^{-1} : les convertir en g · L^{-1} avant de diviser par M.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : C_1 en garde trois. Le titre est limité par la correspondance « 1×10^{-4} mol » du document 4, à un seul chiffre : on écrit 6 °f, ce qui suffit pour classer l'eau.

MÉTHODE
Synthèse de documents : chiffrer chaque critère (CMC, dureté), ajouter les critères non chiffrés (biodégradabilité, tolérance par la peau), puis trancher en une phrase qui reprend ces arguments.

À LA CALCULATRICE

