

Approfondissement

Cohésion de la matière, solubilité, extraction, savons

Cristaux ioniques, anomalies de l'eau, extractions successives, eau dure, micelles

6 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 3 h · calculatrice autorisée

Exercice 1 Charges, distances et températures de fusion

●●●

Deux ions voisins de charges q_A et q_B , dont les centres sont distants de d , exercent l'un sur l'autre une force électrostatique de valeur $F = k |q_A q_B| / d^2$ (loi de Coulomb, étudiée plus loin dans l'année). Dans un cristal, on admet que d est la somme des rayons des deux ions.

■ **DONNÉES** Charge élémentaire $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C • constante de la loi de Coulomb $k = 9,0 \times 10^9$ N·m²·C⁻² • unité de masse atomique $u = 1,66 \times 10^{-27}$ kg • $g = 9,8$ N·kg⁻¹ • masse molaire atomique (g·mol⁻¹) : Na : 23,0

Cristal	KCl	NaF	CaO	MgO
Rayon du cation (pm)	138	102	100	72
Rayon de l'anion (pm)	181	133	140	140
Température de fusion (°C)	770	993	2613	2852

- 1.1 Calculer la valeur de la force exercée entre un ion Na⁺ et un ion F⁻ voisins. La comparer au poids d'un ion sodium : que peut-on en conclure ?
- 1.2 Sans calculer chaque force, exprimer le rapport $F_{\text{MgO}}/F_{\text{NaF}}$ puis le calculer. Classer les quatre cristaux par valeur croissante de la force entre ions voisins et comparer au classement des températures de fusion.
- 1.3 L'interaction entre deux ions voisins n'est pas la seule à intervenir dans un cristal. Citer une autre interaction dont il faudrait tenir compte pour un modèle plus complet.

Exercice 2 L'eau, un liquide anormal

●●●

La figure 1 donne la température d'ébullition des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14 (C, Si, Ge, Sn), 16 (O, S, Se, Te) et 17 (F, Cl, Br, I) du tableau périodique, en fonction de la période de l'élément.

- 2.1 Interpréter l'évolution observée pour la colonne 14. Pourquoi les points de cette colonne sont-ils en dessous des autres ?
- 2.2 Quels composés présentent un comportement « anormal » ? Proposer une explication.

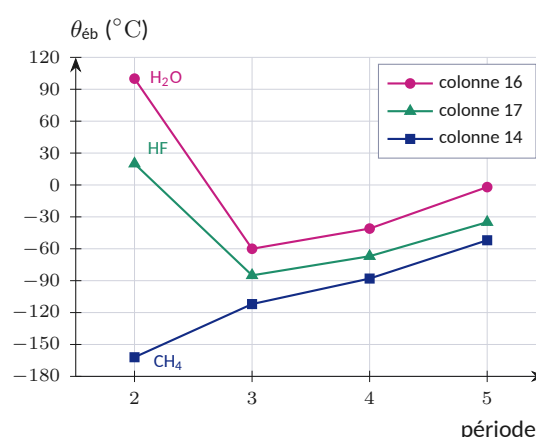


Figure 1 — Composés hydrogénés

- 2.3 En prolongeant l'évolution des composés H₂Te, H₂Se et H₂S, estimer la température d'ébullition qu'aurait l'eau sans ponts hydrogène. Sous quel état l'eau serait-elle alors à la surface de la Terre ?
- 2.4 La liaison H–F est plus polarisée que la liaison O–H, et pourtant l'eau bout à plus haute température que le fluorure d'hydrogène. En dénombrant, pour chaque molécule, les atomes H « donneurs » et les doublets non liants « accepteurs », proposer une explication.

Exercice 3 Vaut-il mieux extraire une fois ou deux fois ?



(hors programme — pour aller plus loin) Lorsqu'on agite une solution aqueuse de diiode avec du cyclohexane, le diiode se partage entre les deux phases ; on admet qu'à l'équilibre, $[I_2]_{\text{org}} = K [I_2]_{\text{aq}}$ avec $K = 50$. On dispose de $V_a = 100 \text{ mL}$ de solution aqueuse contenant une quantité n_0 de diiode et de 20 mL de cyclohexane.

- 3.1 On réalise une seule extraction avec les 20 mL de cyclohexane. Montrer que la quantité de diiode restant dans la phase aqueuse vaut $n_1 = \frac{n_0}{1 + K V_o/V_a}$, où V_o est le volume de solvant, et calculer le pourcentage de diiode extrait.
- 3.2 On réalise deux extractions successives avec 10 mL de cyclohexane chacune. Calculer le pourcentage de diiode extrait au total. Conclure.
- 3.3 Exprimer la fraction de diiode restant dans l'eau après N extractions avec $20/N$ millilitres chacune. Écrire un programme Python qui affiche cette fraction pour N allant de 1 à 5. Pourquoi ne multiplie-t-on pas indéfiniment les extractions ?

Exercice 4 50 + 50 ne font pas 100



On mélange $50,0 \text{ mL}$ d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (masse volumique $0,789 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) et $50,0 \text{ mL}$ d'eau ($0,998 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) à 20°C . Le mélange obtenu a pour masse volumique $0,927 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

- 4.1 Calculer le volume du mélange. Quel phénomène surprenant met-on en évidence ?
- 4.2 Proposer une interprétation à l'échelle moléculaire, en s'appuyant sur les ponts hydrogène possibles entre molécules d'eau et d'éthanol et sur la taille des molécules.
- 4.3 Le degré alcoolique d'une boisson est le volume d'éthanol pur, en mL, contenu dans 100 mL de boisson. Calculer celui du mélange. Pourquoi un fabricant de spiritueux ne peut-il pas obtenir une boisson « à 50° » en mélangeant volume à volume eau et éthanol ?

Exercice 5 Le coût d'une eau dure



On assimile un savon à du stéarate de sodium $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$. Dans une eau contenant des ions calcium, les ions stéarate précipitent : $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-(\text{aq}) \longrightarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}(\text{s})$. La dureté d'une eau s'exprime en degrés français ($^\circ\text{f}$) : 1°f correspond à $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; les ions Mg^{2+} précipitent de la même façon que les ions Ca^{2+} .

■ **DONNÉES** Masses molaires atomiques ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) : H : 1,0 • C : 12,0 • O : 16,0 • Na : 23,0

- 5.1 Pourquoi le stéarate de calcium, solide, n'a-t-il plus de pouvoir lavant ?
- 5.2 Une lessive à la main est réalisée dans 10 L d'eau à 30°f . Calculer la masse de stéarate de sodium « perdue » par précipitation avant que le savon ne commence à laver.
- 5.3 Un adoucisseur remplace les ions calcium et magnésium de l'eau par des ions sodium. Pour une eau à 30°f , quelle est l'augmentation de la concentration effective en ions sodium ? Justifier par l'électroneutralité.

Exercice 6 Combien de tensioactifs dans une micelle ?



(hors programme — pour aller plus loin) On modélise une micelle d'ions dodécylsulfate par une sphère : le cœur, formé par les chaînes carbonées, a pour rayon la longueur d'une chaîne étirée, $r = 1,67 \text{ nm}$; chaque chaîne occupe un volume $v = 0,350 \text{ nm}^3$; les têtes forment la surface de la sphère.

- 6.1 Justifier que le rayon du cœur ne peut pas dépasser la longueur d'une chaîne étirée.
- 6.2 Estimer le nombre N de tensioactifs dans une micelle, puis l'aire disponible pour chaque tête à la surface du cœur. Comparer N à la valeur mesurée, voisine de 60.
- 6.3 Pourquoi des molécules amphiphiles à deux chaînes carbonées (comme les phospholipides des membranes) forment-elles plutôt des bicouches que des micelles sphériques ?