EXERCICE C - DISSOLUTION D'UNE COQUILLE D'ŒUF (5 points)

Pour permettre aux enfants de découvrir les sciences, certains sites internet proposent des expériences simples et réalisables chez soi, comme la dissolution d'une coquille d'œuf dans du vinaigre blanc.
Dans cet exercice, on se propose de vérifier le titre d'un vinaigre blanc et d'étudier l'action de ce vinaigre sur une coquille d'œuf.

A – Vérification du degré d'un vinaigre blanc

Le vinaigre blanc est une solution aqueuse d'un acide faible appelé acide éthanoïque dont la formule chimique est CH_3COOH (aq). Le vinaigre blanc a une acidité de 8 ° en acide éthanoïque. La valeur de son pH est d'environ 3.

Données :

- Couples acide / base : CH_3COOH (aq) / CH_3COO^- (aq) ; H_2O (ℓ) / HO^- (aq)
- pK_A du couple (acide éthanoïque / ion éthanoate) : 4,8 ;
- Masses molaires atomiques : $M(H) = 1{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(C) = 12{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(Ca) = 40{,}0\ g\cdot mol^{-1}$.
- Le titre ou l'acidité d'un vinaigre est donné en degré (°) : 1,00° correspond à 1,00 g d'acide éthanoïque pur pour 100 g de vinaigre ;
- La valeur de la masse volumique du vinaigre ρ est : $\rho = 1010\ g\cdot L^{-1}$.

1. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate. Indiquer quelle espèce prédomine dans la solution de vinaigre.

Pour vérifier le titre en degré du vinaigre, on réalise un titrage avec suivi pH-métrique d'un volume de vinaigre $V_{vinaigre}$ égal à 5,0 mL par une solution de soude (Na^+ (aq) + HO^- (aq)) de concentration $c_b = 5{,}0\cdot10^{-1}\ mol\cdot L^{-1}$. La valeur du volume relevé à l'équivalence est : $V_{éq} = 13{,}4$ mL.

2. Faire un schéma annoté du montage expérimental nécessaire à la mise en œuvre du titrage.

3. Écrire la réaction support du titrage qui a lieu entre la solution de soude et le vinaigre.

4. Déterminer la concentration en $mol\cdot L^{-1}$ de l'acide éthanoïque, notée c_a , présent dans ce vinaigre.

5. En détaillant le raisonnement, vérifier que le titre de ce vinaigre est bien de 8°.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

B – Action du vinaigre sur une coquille d'œuf

La coquille d'œuf des oiseaux est constituée en majorité (95 %) d'une substance minérale appelée carbonate de calcium dont la formule chimique est $CaCO_3$ (s).
Le processus est lent, mais en immergeant un œuf dans du vinaigre, on voit apparaître de petites bulles de gaz qui se forment à la surface de la coquille qui se dissout.

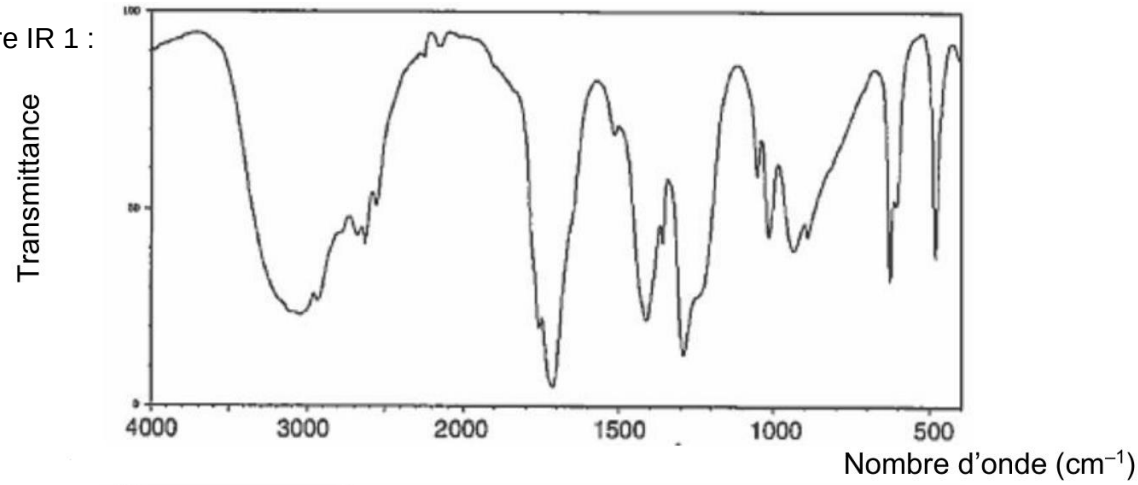
Données :

- Principales bandes d'absorption IR :
  O–H alcool : 3200 à 3400 cm^{-1} (bande forte et large)
  O–H acide carboxylique : 2600 à 3100 cm^{-1} (bande forte et très large)
  C=O : 1700 à 1760 cm^{-1} (bande forte et fine)
- Couples acide / base : CO_2 (g),H_2O (ℓ) / HCO_3^- (aq) ; HCO_3^- (aq) / CO_3^{2-} (aq)

6. Représenter le schéma de Lewis de l'acide éthanoïque CH_3COOH.

7. À l'aide des principales bandes d'absorption données, identifier le spectre infrarouge correspondant à l'acide éthanoïque parmi ceux proposés dans la figure 1 ci-dessous.

Spectre IR 1 :



Spectre IR 2 :

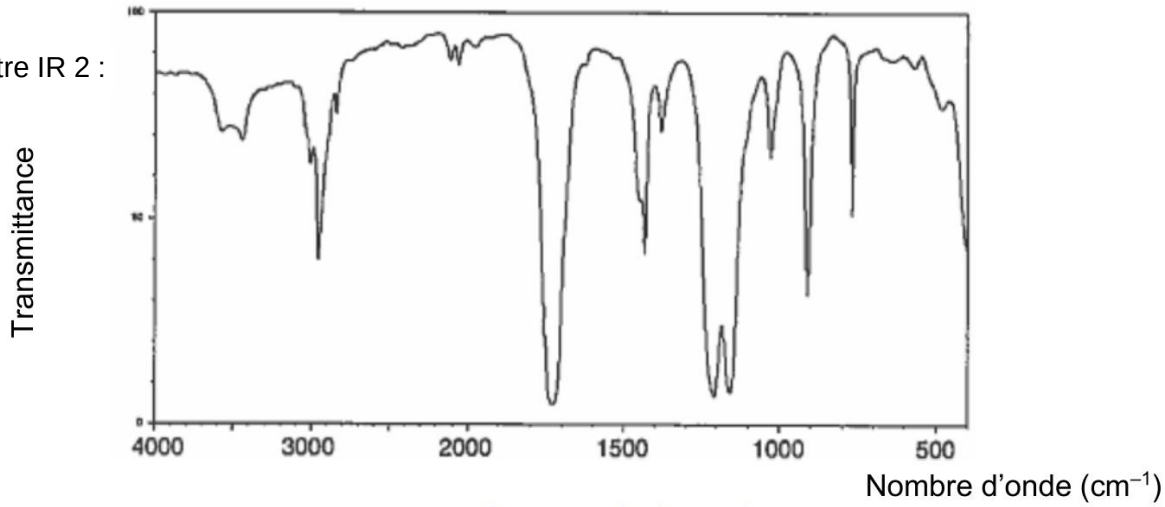


Figure 1. Spectres infrarouges de deux substances
Source : https://webbook.nist.gov/

En solution aqueuse, le carbonate de calcium $CaCO_3$ (s) se dissout, selon l'équation :

$$CaCO_3\ (s) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + CO_3^{2-}\ (aq)$$

8. L'ion carbonate CO_3^{2-} (aq) réagit avec l'acide éthanoïque introduit en large excès. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

9. L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) ainsi formé réagit avec l'acide éthanoïque. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

10. Montrer que l'équation de la réaction qui modélise l'action du vinaigre sur le carbonate de calcium s'écrit :

$$CaCO_3\ (s) + 2\ CH_3COOH\ (aq) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (\ell) + 2\ CH_3COO^-\ (aq)$$

11. Indiquer, en le justifiant, le caractère acide-base de l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq).