

Terminale

PHYSIQUE-CHIMIE

Série révision 02 - 2025/2026

Les eaux de boisson peuvent contenir les espèces chimiques $\{CO_2, H_2O\}$; $\{HCO_3^{-}\}_{(aq)}$ et $\{CO_3^{2-}\}_{(aq)}$ ou un mélange de deux de ces trois espèces. Dans les deux exercices de ce sujet, nous étudierons plusieurs aspects concernant une eau dont voici quelques caractéristiques physico-chimiques :

Minéralisation moyenne (mg/L)

Calcium Ca^{2+} : 47,5
Magnésium Mg^{2+} : 25,0
Sodium Na^+ : 51,0
Potassium K^+ : 2,5

Nitrate NO_3^- : 0,6
Chlorure Cl^- : 29,0
Sulfate SO_4^{2-} : 36,7
Fluorure F^- : 0,2
Hydrogénocarbonate HCO_3^- : 330

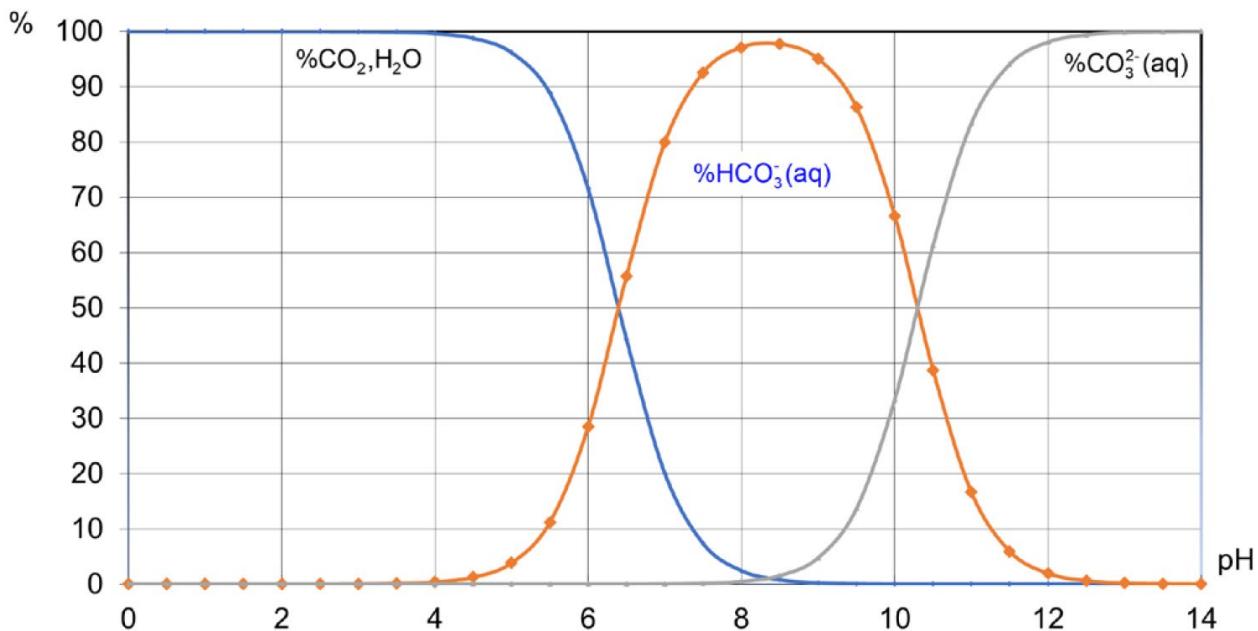
Résidu à sec à 180 °C : 350 mg/L - pH à 20 °C : 7,50 - Conductivité à 20 °C : 520 µS/cm

Exercice 1

Titrage pH-métrique d'une eau (10 pts)

Le but de ce premier exercice est de déterminer quelle espèce chimique est présente majoritairement dans l'eau étudiée et de vérifier sa quantité.

Ci-dessous est donné le diagramme de distribution précisant, en fonction du pH, les pourcentages en quantité de matière des espèces chimiques : $\{CO_2, H_2O\}$; $\{HCO_3^{-}\}_{(aq)}$ et $\{CO_3^{2-}\}_{(aq)}$.



- Q1. Définir les notions d'acide et de base.
- Q2. Donner les deux couples acide / base contenant les espèces chimiques $CO_{2(aq)}$, $H_2O(l)$; $HCO_3^{-}_{(aq)}$ et $CO_3^{2-}_{(aq)}$.
- Q3. Dans quel domaine de pH, l'espèce $CO_{2(aq)}, H_2O(l)$ représente-t-elle plus de 99 % des espèces de ces couples acide / base ? Même question pour les ions carbonate $CO_3^{2-}_{(aq)}$.

Dans les eaux, l'alcalinité est due principalement à la présence d'ions carbonate et hydrogénocarbonate.

Q4. L'alcalinité de l'eau étudiée est due à la présence de quel(s) ion(s) ? Justifier.

Après prélèvement d'un volume $V_{\text{eau}} = 20,0 \text{ mL}$ de l'eau étudiée, plusieurs binômes ont réalisé le même titrage avec une solution d'acide chlorhydrique de concentration en quantité de matière $c_A = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La verrerie utilisée n'étant pas spécifiée, le libre choix était laissé aux binômes. L'équivalence a été repérée après avoir réalisé ce titrage avec un suivi pH-métrique.

Voici les résultats obtenus pour le volume équivalent V_E :

N° du binôme	1	2	3	4	5	6	7
V_E (mL)	8,0	10,8	11,2	11,0	11,0	15,0	?

La courbe du suivi pH-métrique du septième binôme figure en annexe à rendre avec votre copie.

Q.5 Quelle verrerie utiliseriez-vous pour prélever ce volume de 20,0 mL de l'eau étudiée ?

Q.6 Donner l'équation chimique du titrage des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- présents dans l'eau étudiée avec les ions oxonium H_3O^+ présents dans la solution aqueuse titrante d'acide chlorhydrique.

Q.7 Sur la courbe fournie en annexe, déterminer graphiquement le volume équivalent du septième binôme noté V_{E7} .

Toute construction doit apparaître clairement sur l'annexe à rendre avec votre copie.

Q.8 Calculer la valeur moyenne, en ne gardant que les valeurs cohérentes entre elles, lors de cette séance de travaux pratiques pour le volume équivalent noté $V_{E\text{moy}}$. Détaillez votre raisonnement.

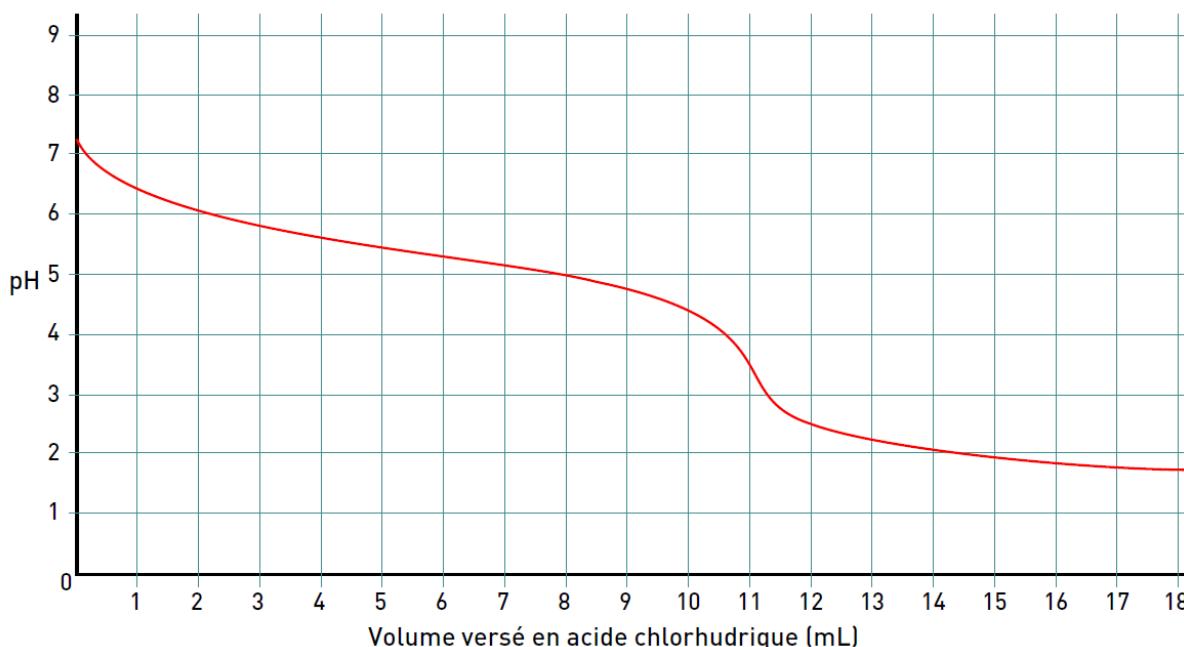
Q.9 Calculer la concentration en quantité de matière c des ions hydrogénocarbonate dans l'eau étudiée à partir de ce volume équivalent $V_{E\text{moy}}$.

Q.10 En déduire la masse m d'ions hydrogénocarbonate contenus dans 1,00 L de cette eau étudiée.
Donnée : $M(\text{HCO}_3^-) = 61,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Q.11 Si l'on estime que l'indication de l'étiquette est valable à 2 % près, le résultat trouvé est-il en accord avec les caractéristiques physico-chimiques de cette eau étudiée ?

Annexe de l'exercice 1

Courbe du suivi pH-métrique du septième binôme



Exercice 2

Prévision du titrage par suivi conductimétrique d'une eau (10 pts)

Le but de ce second exercice est de prévoir la courbe de titrage par suivi conductimétrique de cette même eau étudiée avec une autre solution titrante d'acide chlorhydrique.

D'après la réglementation française, du point de vue conductimétrique, une eau est dite potable si sa conductivité σ à 20 °C est comprise entre 0,180 et 1,000 mS.cm⁻¹.

- Q1. Cette eau étudiée satisfait-elle le critère de conductivité pour sa potabilité ? Justifier.

Pour effectuer un titrage par suivi conductimétrique de cette eau étudiée, il est préconisé d'en prendre cette fois-ci un échantillon de 400 mL, dosé par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration en quantité de matière valant $c_A = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$. Celui-ci est réalisé à 20 °C.

- Q2. Justifier ce choix de prendre un volume d'échantillon de l'eau étudiée beaucoup plus important que lors du précédent titrage de l'exercice 1.
- Q3. En vous appuyant sur le précédent volume équivalent, celui de l'exercice 1, estimer la valeur du nouveau volume équivalent lors de ce titrage par suivi conductimétrique.
- Q4. Quel problème risque-t-on de rencontrer si l'on essaie de faire le titrage par suivi conductimétrique avec une burette graduée de 25 mL à la place de celle de 50 mL ?

Dans le cadre de ce titrage, les ions HCO₃⁻ réagissent avec les ions oxonium H₃O⁺ pour former du dioxyde de carbone CO₂ et de l'eau H₂O. Au cours de ce titrage, les ions Cl⁻ versés en même temps que les ions oxonium H₃O⁺ sont dits spectateurs.

- Q5. Pour étudier la variation de la conductivité lors du titrage de cette eau étudiée par l'acide chlorhydrique, il faut tenir compte de l'évolution des quantités de matière de quelle(s) espèce(s) chimique(s) ? Justifier.
- Q6. Comment devrait varier la conductivité lors de ce titrage avant l'équivalence ? Justifier en vous aidant des données ci-dessous.
- Q7. Comment devrait varier la conductivité lors de ce titrage après l'équivalence ? Justifier.
- Q8. Tracer **l'allure** de la courbe de titrage par suivi conductimétrique de 400 mL de cette eau étudiée par la solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration en quantité de matière valant $c_A = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$. Placer sur l'allure de cette courbe la valeur initiale et le volume équivalent.

Données : conductivités molaires ioniques à 20 °C

$$\lambda^\circ(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} \quad \lambda^\circ(\text{HCO}_3^-) = 4,5 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} \quad \lambda^\circ(\text{Cl}^-) = 7,6 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$