Spécialité : Analyse d'une eau minérale

Bac S 2015 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Justifier l'affirmation des données : si le pH d'une eau est inférieur à 8,2, elle contient pratiquement uniquement des ions HCO_3^- comme base et pratiquement pas d'ions carbonate CO_3^{2-}.

Données utiles CO_2,H_2O / HCO_3^- : $pK_{a1} = 6{,}4$; HCO_3^- / CO_3^{2-} : $pK_{a2} = 10{,}3$; diagramme de distribution

Lecture du diagramme de distribution : pour $pH < 8{,}2$, la courbe de CO_3^{2-} est confondue avec l'axe des abscisses. Son pourcentage est pratiquement nul.

Justification par le pK_a : pour le couple HCO_3^- / CO_3^{2-},

$$pH = pK_{a2} + \log\frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \quad \text{donc} \quad \frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 10^{pH-pK_{a2}}$$

À $pH = 8{,}2$: $10^{8{,}2-10{,}3} = 10^{-2{,}1} \approx 8 \times 10^{-3}$. En dessous de 8,2, il y a donc moins d'un ion carbonate pour cent ions hydrogénocarbonate.

Les espèces présentes sont alors HCO_3^- et CO_2,H_2O. Or CO_2,H_2O est l'acide du couple CO_2,H_2O / HCO_3^- : ce n'est pas une base.

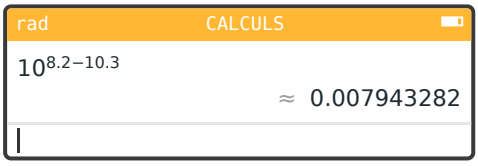
Pour $pH < 8{,}2$, la seule base présente en quantité notable est HCO_3^- : l'affirmation est justifiée.

PIÈGE
Écrire que l'eau ne contient « que » des ions HCO_3^- : vers $pH = 6{,}4$, la moitié est sous forme CO_2,H_2O. L'affirmation porte sur les bases, pas sur toutes les espèces carbonées.

COMPRENDRE
La valeur 8,2 est le début de la zone de virage de la phénolphtaléine : en dessous, elle est déjà incolore. Le titrage du TA ne demande alors aucun acide, il ne reste que le TAC à mesurer.

MÉTHODE
Une espèce est négligeable devant sa conjuguée dès que le pH s'écarte de plus de 2 unités du pK_a : le rapport des concentrations est alors inférieur à $1/100$.

À LA CALCULATRICE



2 Écrire l'équation de la réaction du titrage et justifier le choix du vert de bromocrésol rhodamine comme indicateur coloré. Problème : quelle est l'eau minérale analysée ? Satisfait-elle au critère de potabilité imposé à l'eau du robinet ?

Données utiles zone de virage du vert de bromocrésol rhodamine : 3,8 - 5,4 ; courbe $pH = f(V_A)$; $V = 50{,}0$ mL ; $C_A = 0{,}0200$ mol · L^{-1} ; $M = 61{,}0$ g · mol^{-1} ; 1 °f équivaut à 12,2 mg · L^{-1} de HCO_3^- ; eau potable : TAC < 50 °f ; tableau des eaux (précision 5 %)

Question 2. La base HCO_3^- de l'eau réagit avec l'acide H_3O^+ apporté par l'acide chlorhydrique (couples CO_2,H_2O / HCO_3^- et H_3O^+ / H_2O) :

$$HCO_3^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \longrightarrow CO_2,H_2O\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Choix de l'indicateur : un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Sur la courbe, la méthode des tangentes parallèles donne le point d'équivalence E : $V_E = 15{,}0$ mL et $pH_E \approx 4{,}5$.

Or $3{,}8 < 4{,}5 < 5{,}4$: pH_E est dans la zone de virage du vert de bromocrésol rhodamine. Le passage du bleu (forme basique) au jaune (forme acide) repère donc l'équivalence.

$HCO_3^- + H_3O^+ \longrightarrow CO_2,H_2O + H_2O$; $pH_E \approx 4{,}5$ appartient à la zone 3,8 - 5,4 : l'indicateur est adapté.

Problème. *Concentration en ions hydrogénocarbonate.* À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (1 pour 1) : $n(HCO_3^-) = n_E(H_3O^+)$, soit $[HCO_3^-] \times V = C_A \times V_E$.

PIÈGE
Lire le TAC directement comme $V_E = 15{,}0$ mL : la définition porte sur 100,0 mL d'eau, le technicien n'en a titré que 50,0 mL. Autre erreur : choisir l'indicateur d'après le pH initial au lieu du pH à l'équivalence.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_A, V_E, V et M. Le pH à l'équivalence est acide car la solution contient alors CO_2,H_2O, un acide faible.

MÉTHODE
Résolution de problème : 1) exploiter l'équivalence pour obtenir la concentration ; 2) la convertir dans l'unité du tableau ; 3) comparer en tenant compte de la précision annoncée ; 4) calculer le TAC par deux chemins et conclure.

$$[HCO_3^-] = \frac{C_A \times V_E}{V} = \frac{0{,}0200 \times 15{,}0}{50{,}0} = 6{,}00 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse :

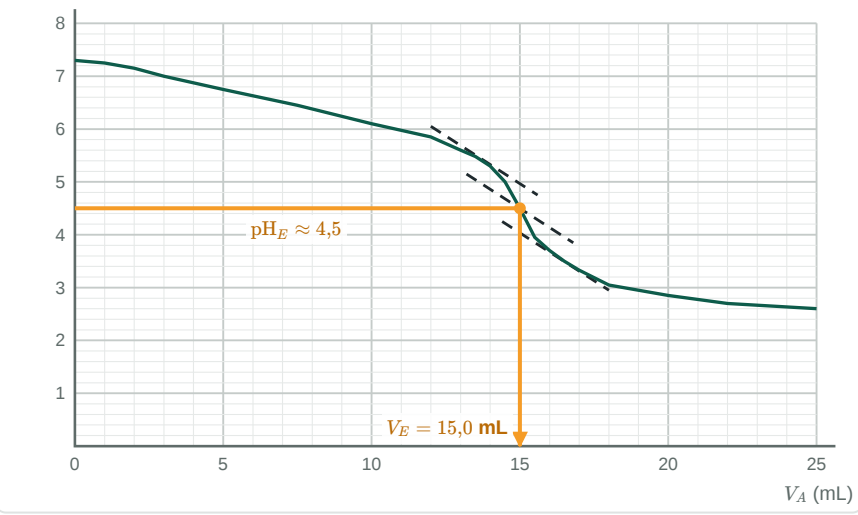
$t = [HCO_3^-] \times M = 6{,}00 \times 10^{-3} \times 61{,}0 = 0{,}366\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 366\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Identification de l'eau. Les valeurs du tableau sont données à 5 % près. Pour Évian : $357 \times 0{,}95 = 339$ et $357 \times 1{,}05 = 375$, soit un intervalle de 339 à 375 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, qui contient 366. Pour Contrex, l'intervalle va de 383 à 423 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: il ne contient pas 366. Courmayeur (168) et Volvic (65,3) sont bien trop faibles.

Critère de potabilité. Le TAC est le volume d'acide, en mL, nécessaire pour 100,0 mL d'eau. Il a fallu 15,0 mL pour 50,0 mL ; pour un volume double il en faudrait $2 \times 15{,}0 = 30{,}0$ mL : TAC $= 30{,}0\ ^\circ\text{f}$.

Contrôle : $\frac{366}{12{,}2} = 30{,}0\ ^\circ\text{f}$. Les deux démarches concordent, et $30{,}0 < 50$.

Problème : l'eau analysée est l'eau d'**Évian** ($366\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions HCO_3^-) ; son TAC vaut $30{,}0\ ^\circ\text{f} < 50\ ^\circ\text{f}$: elle satisfait au critère de potabilité.



2 · Courbe de titrage du sujet : tangentes parallèles et point d'équivalence E

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.0200 \times 15.0}{50.0} \approx 0.006$$

$$6.00 \times 10^{-3} \times 61.0 \approx 0.366$$

$$357 \times 0.95 \approx 339.15$$

$$357 \times 1.05 \approx 374.85$$

$$403 \times 0.95 \approx 382.85$$

$$403 \times 1.05 \approx 423.15$$

$$\frac{366}{12.2} \approx 30$$