

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 3B. Comparer la force des A/B pour prévoir l'état final d'un système

CHAP 08-EXOS Force des acides et des bases

Exercices en autonomie: QCM p.219/ER p220 à 223/EC n°29*-35*-38*-42*

Exercices p.224 et suiv. : n°28-30-31-34-36-37-39-41-46-49-52-type BAC n°58

28  a. Écrire l'équation de l'autoprotolyse de l'eau.

b. Comment s'appelle la constante d'équilibre associée K_e ? L'exprimer en fonction des concentrations en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ et hydroxyde $[\text{HO}^-]_{\text{éq}}$ à l'équilibre.

c. Calculer K_e et $\text{p}K_e$ lorsque les concentrations valent $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = 5,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $[\text{HO}^-]_{\text{éq}} = 2,0 \times 10^{-9} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. La solution est-elle acide, neutre ou basique ?

30  Une solution d'ammoniac a un pH égal à 12,00. Déterminer les concentrations en ions oxonium et hydroxyde de la solution.

31  Une solution d'acide cinnamique de concentration $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ a un pH égal à 3,23.

a. Déterminer les concentrations en ions oxonium et hydroxyde de la solution.

b. L'acide cinnamique est-il un acide fort ?



L'acide cinnamique est extrait de la cannelle.

34 Une réaction acide-base se produit lorsque l'acide méthanoïque HCOOH est introduit dans de l'eau.

a. Quel est le couple de l'eau mis en jeu ici ? Écrire l'équation de la réaction qui se produit.

b. À l'état final, le système est constitué d'acide méthanoïque $\text{HCOOH}_{(\text{aq})}$, d'ions méthanoate $\text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$ et d'ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$. Que peut-on en déduire ?

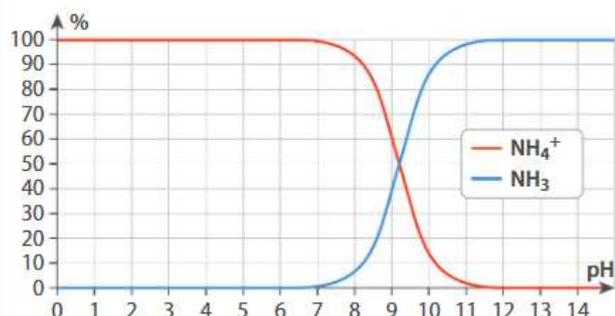
c. Définir la constante d'acidité K_A d'un couple. Exprimer la constante d'acidité K_A du couple acide-base auquel appartient l'acide méthanoïque.

36 a. Établir le diagramme de prédominance du couple acide-base de $\text{p}K_A = 4,05$ auquel appartient l'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$.

b. Le pH d'une solution aqueuse d'acide ascorbique vaut 5,82. Quelle est la forme prédominante dans cette solution ?

37 Vrai ou faux À l'oral

Le diagramme de distribution du couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ est représenté ci-dessous. Pour chaque affirmation, dire si elle est vraie ou fausse. Justifier et corriger si elle est fausse.



1. a. À $\text{pH} = 8,5$, l'espèce basique prédomine.
- b. À $\text{pH} = 8,5$, il y a quatre fois plus d'espèce basique que d'espèce acide.
- c. À $\text{pH} = 8,5$, la solution est basique.
2. a. Une solution qui contient 90 % d'espèce acide a un pH de 10,2.
- b. Une solution de $\text{pH} = 7,0$ contient autant d'espèce acide que d'espèce basique donc le pK_A du couple vaut 7,0.
- c. Une solution de $\text{pH} = 7,0$ ne contient presque que de l'espèce acide.

39 Acide, basique ou neutre ?

Exploiter un énoncé • Effectuer un calcul

On considère quatre solutions S_1 , S_2 , S_3 et S_4 .

- Recopier et compléter le tableau suivant.

	S_1	S_2	S_3	S_4
pH	1,00			
$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ (en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)		$5,0 \times 10^{-3}$		
$[\text{HO}^-]_{\text{éq}}$ (en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)			$5,0 \times 10^{-3}$	
Caractère acide, basique ou neutre				Solution neutre

41 Comparaison de forces d'acides

Choisir un modèle • Effectuer un calcul

Le pH des trois solutions suivantes vaut 2,70 :

– solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $c_1 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;

– solution d'acide éthanoïque $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2_{(\text{aq})}$ de concentration $c_2 = 0,25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;

– solution d'acide monochloroéthanoïque $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Cl}_{(\text{aq})}$ de concentration $c_3 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

a. Calculer la concentration des ions H_3O^+ dans chacune des trois solutions.

Que constate-t-on pour l'acide chlorhydrique ? Que peut-on en déduire ?

b. Écrire l'équation de la réaction des acides éthanoïque et monochloroéthanoïque avec l'eau.

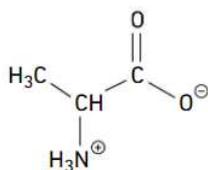
c. Établir un tableau d'avancement pour ces réactions et déterminer la composition finale des trois solutions.

d. Après avoir calculé le taux d'avancement final τ_{f2} et τ_{f3} de ces réactions, classer ces trois acides par force croissante.

46 Un acide aminé

Utiliser un modèle • Exploiter un graphique

L'alanine est un des acides aminés les plus fréquents dans les protéines. À pH = 7, elle existe sous la forme d'un zwitterion dont la formule semi-développée est donnée ci-contre.



a. Quel est son acide conjugué ? Quelle est sa base conjuguée ?

b. En déduire les couples auxquels appartient le zwitterion. Comment appelle-t-on une telle espèce ?

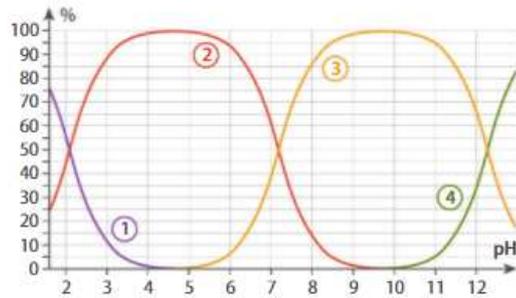
c. Les pK_A de ces couples valent 2,3 et 9,7. Sachant que les acides carboxyliques $\text{R}-\text{COOH}$ sont des acides plus forts que les ions carboxylammonium $\text{R}-\text{NH}_3^+$, attribuer à chaque couple une valeur de pK_A . Justifier.

d. Établir le diagramme de prédominance de ces couples. Le zwitterion est-il bien l'espèce prédominante à pH = 7 ?

49 Acide phosphorique

Exploiter un graphique • Utiliser ses connaissances

L'acide phosphorique de formule H_3PO_4 est un triacide, noté H_3A , présent dans les boissons au cola mais également dans des milieux biologiques tels que le sérum, liquide sanguin, ou l'urine. Le diagramme de distribution ci-dessous indique le pourcentage de chaque espèce en solution lorsque le pH varie.



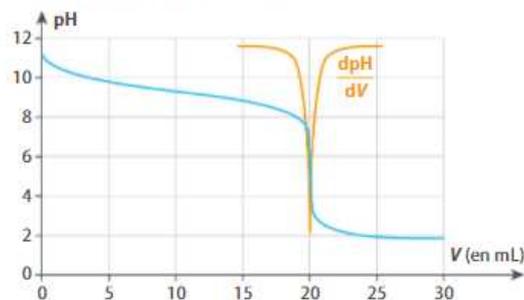
- Quels sont les différents couples acide-base associés à l'acide phosphorique ? Identifier chacune des courbes.
- Quelles espèces ont un caractère amphotère ?
- En déduire les pK_A des trois couples mis en jeu.
- Déterminer pour quels pH une solution contient 90 % de l'espèce HA^{2-} .
- Déterminer les pourcentages des espèces présentes dans une solution de $pH = 3,0$. Si la concentration en acide phosphorique apporté vaut $c = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, calculer les concentrations des formes présentes à ce pH.
- Sachant que le pH du sérum vaut 7,4, que celui de l'urine est voisin de 6,0 et que celui des boissons au cola est proche de 2,5, indiquer les espèces prédominantes dans chacune de ces solutions.

52 Titrage d'une solution d'ions borate

Exploiter un graphique • Utiliser ses connaissances

Un volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ d'une solution de borate de sodium ($Na^+_{(aq)}, H_2BO_3^-_{(aq)}$) de concentration inconnue c_1 est titré par une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq)}, Cl^-_{(aq)}$) de concentration $c = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On mesure le pH de cette solution pour des volumes V d'acide ajoutés puis on trace les courbes ci-dessous.



- Faire le schéma du dispositif expérimental.
- Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- Déterminer le volume V_E de solution d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence. En déduire la concentration c_1 de la solution d'ions borate.
- Quel indicateur coloré conviendrait le mieux si ce titrage était remplacé par un titrage colorimétrique ?
- On appelle « demi-équivalence » l'état du titrage où le volume de solution titrante versé est $\frac{V_E}{2}$. Que dire des concentrations des espèces acide et basique du couple à la demi-équivalence ?
Déduire du pH de la solution à la demi-équivalence la valeur du pK_A du couple de l'ion borate.

58 Eau d'un aquarium



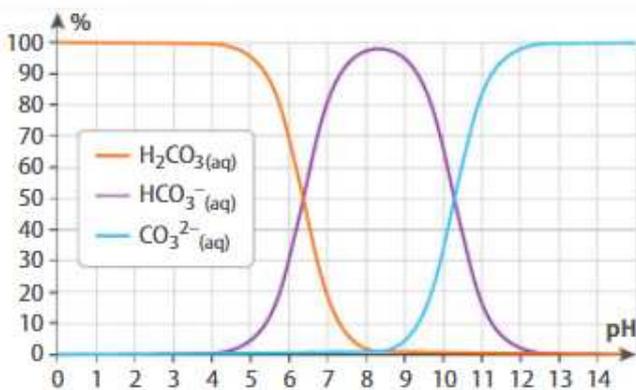
Le dioxyde de carbone est essentiel pour la bonne croissance des plantes d'un aquarium.

Cependant, dissous en trop grande quantité, le dioxyde de carbone est toxique pour les poissons. Il faut donc contrôler régulièrement sa concentration.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la concentration du dioxyde de carbone dissous dans l'eau d'un aquarium par une méthode de titrage.

Données

- Le dioxyde de carbone dissous sera considéré comme hydraté en acide carbonique $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$. La concentration de l'acide carbonique en solution, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, sera considérée comme égale à la concentration apportée en dioxyde de carbone dissous.
- Masse molaire de l'acide carbonique : $M = 62,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Couples acide-base : $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}/\text{HCO}_3^-$; $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ de $\text{p}K_{\text{A}}$ respectifs $\text{p}K_{\text{A}1}$ et $\text{p}K_{\text{A}2}$
- Diagramme de distribution des espèces $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$, HCO_3^- et CO_3^{2-} :



- Les cellules colorées de tableau ci-dessous indiquent des pH et des domaines de concentration en masse en dioxyde de carbone dissous correspondant à des conditions optimales pour les plantes et les poissons dans l'eau de l'aquarium.

Exemple de lecture : pour un pH de 7,0 et une concentration massique en CO_2 dissous comprise entre $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ et $27 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, les conditions sont optimales.

pH	Concentrations en masse en CO_2 dissous dans une eau (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)									
7,8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7,6	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14
7,4	1	4	6	8	11	13	16	18	20	23
7,2	2	6	9	13	17	21	25	28	32	36
7,0	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57
6,8	5	14	24	33	43	52	62	72	81	91

D'après <http://www.aquabase.org>

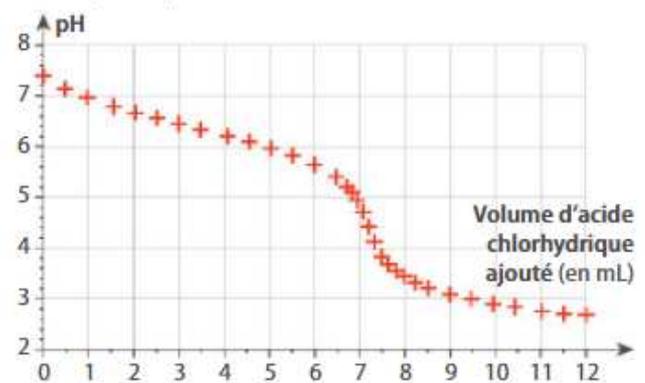
1. Du dioxyde de carbone dans un aquarium

- À l'aide du diagramme de distribution fourni, montrer que $\text{p}K_{\text{A}1}$ vaut 6,4, puis déterminer $\text{p}K_{\text{A}2}$.
- Établir le diagramme de prédominance de $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$, HCO_3^- et CO_3^{2-} .
- Une eau a un pH de 7,4. Indiquer qualitativement comment son pH évolue lorsqu'on y dissout du dioxyde de carbone. Quelle est alors l'espèce prédominante dans cette eau ?

2. Titrage du dioxyde de carbone

La concentration en acide carbonique $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ dans l'eau de l'aquarium est liée à celle des ions hydrogénocarbonate $[\text{HCO}_3^-]$.

On réalise le titrage suivi par pH-métrie des ions hydrogénocarbonate présents dans $V = 100,0 \text{ mL}$ d'eau à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique (H_3O^+ , Cl^-) de concentration $c_a = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.



- Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- Calculer la concentration $[\text{HCO}_3^-]$ des ions hydrogénocarbonate dans l'eau de l'aquarium.
- Montrer que $[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{HCO}_3^-] \times 10^{(\text{p}K_{\text{A}1} - \text{pH})}$ puis calculer sa valeur.
- Déterminer la valeur de la concentration en masse C_m en CO_2 dissous dans l'eau de l'aquarium.
- Les conditions pour les plantes et les poissons sont-elles optimales ? Justifier.

Adapté du sujet de Bac Nouvelle-Calédonie, 2018.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

- Écrire l'équation de la réaction de $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ avec l'eau.
- Utiliser la définition de l'équivalence.
- Exprimer la constante d'acidité $K_{\text{A}1}$.
- Établir le lien entre concentration et concentration en masse du dioxyde de carbone dissous.