



# Corrigé des exercices du livre – Chapitre 1

## Transformation acide-base et pH

### Exercice 14 : Rechercher des acides et des bases

Alanine ( $C_3H_7NO_2$ ) :

- $H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^-$   
Le groupement amino est sous sa forme acide et le groupement carboxyle sous sa forme basique. Il s'agit donc à la fois d'une base et d'un acide.
- $H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2H$   
Le groupement amino et le groupement carboxyle sont tous les 2 sous leur forme acide. Il s'agit donc d'un acide.
- $H_2N-CH(CH_3)-CO_2^-$   
Le groupement amino et le groupement carboxyle sont tous les deux sous leur forme basique. Il s'agit donc d'une base.

Acide butanoïque ( $C_4H_8O_2$ ) :

- $CH_3-(CH_2)_2-CO_2^-$   
Le groupement carboxyle est sous sa forme basique. Il s'agit donc d'une base.
- $CH_3(CH_2)_2-CO_2H$   
Le groupement carboxyle est sous sa forme acide. Il s'agit donc d'un acide.

Triméthylamine ( $C_3H_9N$ ) :

- $(CH_3)_3N$   
Le groupement amino est sous sa forme basique. Il s'agit donc d'une base.
- $(CH_3)_3NH^+$   
Le groupement amino est sous sa forme acide. Il s'agit donc d'un acide.

### Exercice 15 : Former des couples acide-base

$CH_3(CH_2)_2-CO_2H / CH_3-(CH_2)_2-CO_2^-$   
 $(CH_3)_3NH^+ / (CH_3)_3N$

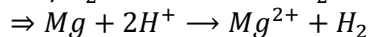
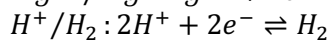
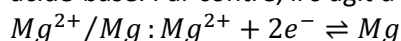
$H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2H / H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^-$   
 $H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^- / H_2N-CH(CH_3)-CO_2^-$

### Exercice 16 : Identifier une espèce amphotère

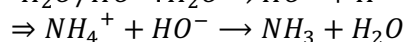
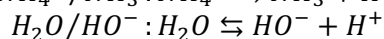
$H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^-$  est la base d'un couple ( $H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2H / H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^-$ ) et l'acide d'un autre couple ( $H_3N^+-CH(CH_3)-CO_2^- / H_2N-CH(CH_3)-CO_2^-$ ). Il s'agit donc d'une espèce chimique amphotère.

### Exercice 24 : Identifier une réaction acide-base

- a. Il n'y a pas d'échange d'ion  $H^+$  entre deux espèces chimiques. Il ne s'agit donc pas d'une réaction acide-base. Par contre, il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction :



- b. Il y a échange d'un ion  $H^+$  entre deux espèces chimiques. Il s'agit donc d'une réaction acide-base :





### Exercice 32 : Apprendre à rédiger

- a.  $4,6 \leq pH \leq 6,6 \Rightarrow 10^{-4,6} \text{ mol.L}^{-1} \geq [H_3O^+]_{\text{lactosérum}} = 10^{-pH} \geq 10^{-6,6} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \leq [H_3O^+]_{\text{lactosérum}} \leq 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$
- b.  $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \leq 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \leq 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$  : La concentration optimale en ions oxonium du lactosérum pour le Salers est comprise dans l'intervalle de concentration indiqué dans la question précédente. Le critère d'acidité est donc valable pour ce fromage.

### Exercice 37 : pH et élevage de poissons

1.  $7,0 \leq pH_{\text{élevage}} \leq 8,0 \Rightarrow 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1} \leq [H_3O^+]_{\text{élevage}} = 10^{-pH} \leq 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$
2.  $pH_{\text{aquarium,max}} = -\log[H_3O^+]_{\text{aquarium,min}} = -\log(3,2 \cdot 10^{-8}) = 7,5$
- 3.a. A chaque fois que la concentration en ions oxonium dans une solution est multipliée par 10, le pH diminue de 1 unité. Par conséquent, lorsque la concentration en ions oxonium est multipliée par 100, le pH diminue de 2 unités.
- 3.b. La concentration maximale en ions oxonium dans l'aquarium est 100x plus importante que la concentration minimale en ions oxonium. Le pH minimal de l'aquarium est donc 2 unités plus faible que le pH maximal :  $pH_{\text{aquarium,min}} = pH_{\text{aquarium,max}} - 2 = 5,5$
4. Une solution tampon permet de limiter les variations de pH d'une solution. Le pH de l'eau d'un aquarium devant être régulé pour un bon développement des poissons qui s'y trouvent, il est donc utile qu'elle est les propriétés d'une solution tampon.

### Exercice 45 : Solutions tampon et in vitro

- a. D'après le graphique, la pepsine présente un maximum d'activité à un pH autour de 2. Toujours d'après le graphique, la trypsine ne présente aucune activité à ce pH.  
Par conséquent, la solution tampon à utiliser dans le cadre de l'étude de l'activité de la pepsine est la solution  $S_1$  ( $pH_1 = 2$ ).  
A  $pH = 4$ , les 2 enzymes ont une activité similaire, faible. Il ne sera donc pas possible de distinguer l'effet de la pepsine de celui de la trypsine.  
A  $pH = 7$ , seule la trypsine est active.
- b. Si on souhaite étudier l'activité catalytique de la pepsine, il est nécessaire de s'assurer que seule la pepsine, et donc que la trypsine ne l'est pas. L'activité de ces deux enzymes dépend du pH. L'utilisation d'une solution tampon permet donc de limiter les variations de pH et donc de rester à un pH pour lequel la pepsine est active mais la trypsine ne l'est pas.

### Exercice 48 : Intérêt d'une échelle logarithmique

a.



b.

Solution	Jus de citron	Evian®	Café	Destop®
pH	2,5	7,1	5,0	12,0
$[H_3O^+]$ (en mol.L <sup>-1</sup> )	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-12}$



- c. Il y a un facteur  $10^9$  entre la concentration en ions oxonium la plus élevée et la concentration en ions oxonium la plus basse.

Si on souhaite ranger ces solutions selon un axe gradué linéairement en fonction de la concentration en ions oxonium, il faudrait une distance de 1 milliard d'unités entre la valeur la plus faible et la valeur la plus grande, ce qui n'est pas envisageable.

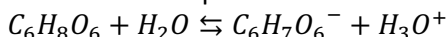
Si on suppose l'échelle suivante : 1 mm correspond à  $10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$  :

La graduation correspondant au Destop serait à 1 mm de l'origine de l'axe, alors que la graduation correspondant au jus de citron serait à  $3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}$ , soit à 3200 km de l'origine de l'axe (distance à vol d'oiseau entre Paris et Le Caire).

- d. Introduire une échelle de pH revient à introduire une échelle logarithmique, qui a pour conséquence de condenser des écarts : un facteur 10 entre 2 grandeurs est remplacé par un écart de 1 unité entre les logarithmes de ces 2 grandeurs.

### Exercice 54 : Vitamine C

- a. L'acide ascorbique est un acide carboxylique. Il est donc susceptible de libérer un proton  $\text{H}^+$ . L'équation de la réaction entre l'acide ascorbique et l'eau est donc :



- b. On suppose que la réaction entre l'acide ascorbique et l'eau est totale. Le réactif limitant est l'acide ascorbique.

D'après l'équation de la réaction, la quantité de matière finale en ions oxonium est égale à la quantité de matière initiale d'acide ascorbique :

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+}_f = n_{\text{ac.asc.}_i} = \frac{m_{\text{ac.asc.}}}{M_{\text{ac.asc.}}} = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{176} = 2,84 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}_f}{V} = \frac{2,84 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-2}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

- c.  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1,4 \cdot 10^{-2}) = 1,8$   
 d.  $\text{pH}_{\text{mesuré}} > \text{pH}_{\text{th}} \Rightarrow$  La réaction de l'acide ascorbique avec l'eau n'est pas totale.  
 e. L'acide ascorbique est un acide. Il faut donc le titrer avec une base, donc la soude. La réaction support du titrage est  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

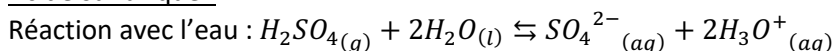
### Exercice 55 : pH d'une eau de pluie

Le pH d'une solution est lié à la concentration en ions oxonium dans cette solution.

Les ions oxonium d'une eau de pluie proviennent principalement de deux acides, l'acide sulfurique et l'acide nitrique, qui réagissent avec l'eau.

Rq : Le volume de l'échantillon d'eau de pluie reste constant. On peut donc raisonner en concentrations.

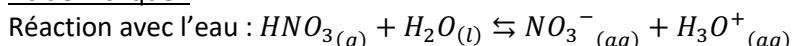
Acide sulfurique :



D'après l'équation de la réaction,  $[\text{H}_3\text{O}^+]_s = 2[\text{SO}_4^{2-}]$

D'après le graphique,  $[\text{H}_3\text{O}^+]_s = 2 \times 30 \cdot 10^{-6} = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

Acide nitrique :



D'après l'équation de la réaction,  $[\text{H}_3\text{O}^+]_N = [\text{NO}_3^-]$

D'après le graphique,  $[\text{H}_3\text{O}^+]_N = 70 \cdot 10^{-6} = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

On a alors  $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{échantillon}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_s + [\text{H}_3\text{O}^+]_N = 6,0 \cdot 10^{-5} + 7,0 \cdot 10^{-5} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

$$\Rightarrow \text{pH}_{\text{échantillon}} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{échantillon}} = -\log(1,3 \cdot 10^{-4}) = 3,9$$



## Exercice 58 : Réduire l'acidité d'un lac

- 1.a.** On peut modéliser le lac Delage par un rectangle de longueur  $L = 1000$  m et de largeur  $l = 600$  m. Sa profondeur moyenne est  $h = 10$  m.

Une estimation du volume du lac est donc  $V = L \times l \times h = 1000 \times 600 \times 10 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

- 1.b.** Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté reste constante :

$$\begin{aligned} n(\text{H}_3\text{O}^+)_f &= n(\text{H}_3\text{O}^+)_i \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_f V_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_i V_i \\ \Rightarrow V_f &= \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_i V_i}{[\text{H}_3\text{O}^+]_f} = \frac{10^{-pH_i} V_i}{10^{-pH_f}} = \frac{10^{-5,0} \times 6,0 \cdot 10^6}{10^{-6,0}} = 6,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Le volume d'eau à apporter est alors  $\Delta V = V_f - V_i = 6,0 \cdot 10^7 - 6,0 \cdot 10^6 = 5,4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ , soit 9x le volume actuel du lac.

- 1.c.** Lors du chaulage, il y a une réaction acidobasique entre les ions oxonium présents dans le lac et les ions carbonate apportés :  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)}$

D'après l'équation de la réaction,  $n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ consommé}} = n_{\text{CO}_3^{2-} \text{ apporté}}$

*Rq : On néglige les variations de volume dues à l'apport de carbonate de calcium.*

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ consommé}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+}_i - n_{\text{H}_3\text{O}^+}_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_i V - [\text{H}_3\text{O}^+]_f V = (10^{-pH_i} - 10^{-pH_f}) V$$

$$\Rightarrow n_{\text{CO}_3^{2-} \text{ apporté}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} = (10^{-pH_i} - 10^{-pH_f}) V$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow m_{\text{CaCO}_3} &= (10^{-pH_i} - 10^{-pH_f}) V M_{\text{CaCO}_3} = (10^{-5,0} - 10^{-6,0}) \times 6,0 \cdot 10^9 \times 100 = 5,4 \cdot 10^6 \text{ g} \\ &= 5,4 \text{ t} \end{aligned}$$

Le coût de la matière première à utiliser est alors  $C = 50 \times m_{\text{CaCO}_3} = 50 \times 5,4 = 270 \text{ €}$

- 2.** La première méthode implique de multiplier le volume du lac par 10, ce qui n'est absolument pas réaliste. Dans le même temps, la deuxième méthode implique une quantité de matière première limitée à l'échelle de l'opération et des coûts raisonnables. La méthode de chaulage est donc envisageable.