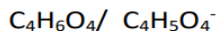
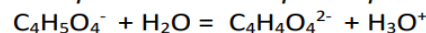


## Exercice N°1 :

1.1. ++ Réaction de l'acide succinique avec l'eau :  $C_4H_6O_4 + H_2O = C_4H_5O_4^- + H_3O^+$

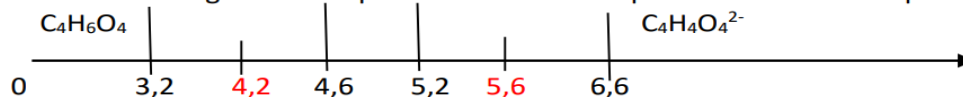


1.2. + L'espèce acido-basique amphotère peut à nouveau réagir avec l'eau :



Le second couple acido-basique :  $C_4H_5O_4^- / C_4H_4O_4^{2-}$

1.3. ++ Donnez le diagramme de prédominance des espèces en fonction du pH.



Entre 4,6 et 5,2 pas d'espèces majoritaires !

1.4. + A pH = 3,0 l'espèce prédominante est  $C_4H_6O_4$ .

1.5. + La constante d'acidité  $K_{a2} = \frac{[C_4H_4O_4^{2-}] \times [H_3O^+]}{[C_4H_5O_4^-]}$

$$1.6. ++ \frac{[C_4H_4O_4^{2-}]}{[C_4H_5O_4^-]} = \frac{K_{a2}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-5,6}}{10^{-7}} = 10^{1,4} = 25$$

## Exercice N°2 :

a. La concentration en ion oxonium est donnée par la relation :  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$$\text{Alors } [H_3O^+]_{\max} = 10^{-7,35} = 4,47 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$[H_3O^+]_{\min} = 10^{-7,45} = 3,55 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

L'intervalle est donc :  $[3,55 \times 10^{-8} \text{ mol/L} ; 4,47 \times 10^{-8} \text{ mol/L}]$

b. Le pH est donné par la relation :  $pH = -\log[H_3O^+]$

$$\text{A.N. : } pH_{\min} = -\log(1,6 \times 10^{-7}) = 6,8$$

c. Lorsque la concentration  $[H_3O^+]$  est divisée par 10, le pH augmente d'une unité (base logarithmique).

Or, les deux concentrations en ion oxonium données diffèrent d'un facteur 10.

On en déduit que  $pH_{\max} = 7,8$

d. Par analogie avec les propriétés d'une solution tampon (le pH varie peu après un ajout modéré d'un acide et d'une base), les deux procédés métaboliques qui permettent de maintenir le pH sanguin à peu près constant sont qualifiés de systèmes tampons.

## Exercice N°3 :

a. La formule brute de l'ion benzoate est  $C_7H_6O_2^-$  et diffère d'un ion  $H^+$  de celle de l'acide benzoïque.

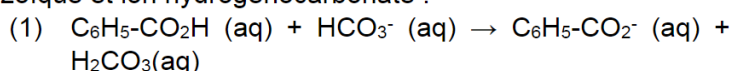
De plus, l'enchaînement des atomes de carbone de l'acide benzoïque et celui de l'ion benzoate sont identiques. On en déduit que le couple acide benzoïque/ ion benzoate est un couple acide-base.

b. Lors de la dissolution de bicarbonate de sodium, il se forme l'ion hydrogénocarbonate  $HCO_3^-$  (aq).

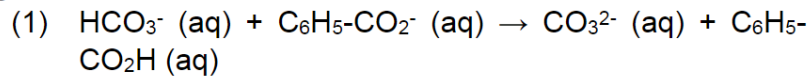
Lors d'une réaction acide-base, il y a transfert d'un ion hydrogène  $H^+$  de l'acide d'un couple à la base d'un autre couple.

Ici, trois réactions peuvent avoir lieu :

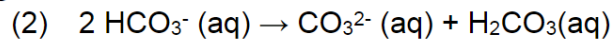
- Acide benzoïque et ion hydrogénocarbonate :



- Ion hydrogénocarbonate et ion benzoate :



- Ion hydrogénocarbonate :



- c. L'ion hydrogénocarbonate se comporte comme une base (équations (1) et (3)) ou comme un acide (équations (2) et (3)). Il s'agit donc d'une espèce amphotère.

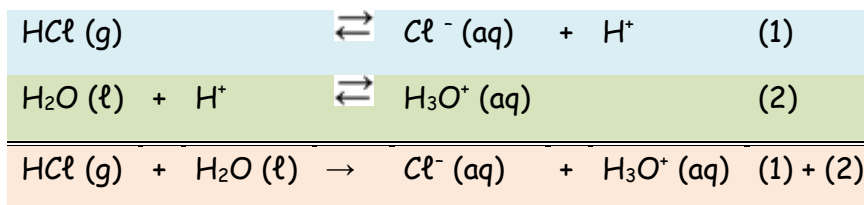
#### Exercice N°4 : Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique

1. L'eau est une espèce amphotère.

- L'eau appartient à deux couples acido-basiques.
- L'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  est l'acide du couple  $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2\text{O} (\ell)$
- L'ion  $\text{HO}^- (\text{aq})$  est la base du couple  $\text{H}_2\text{O} (\ell) / \text{HO}^- (\text{aq})$ .
- L'eau est la base du couple  $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2\text{O} (\ell)$  et l'acide du couple  $\text{H}_2\text{O} (\ell) / \text{HO}^- (\text{aq})$ .
- On dit que l'eau est un ampholyte ou une espèce amphotère.
- Espèce amphotère : Une espèce amphotère est à la fois l'acide d'un couple et la base d'un autre couple.

2. Équation de la réaction entre  $\text{HCl} (\text{g})$  et l'eau.

- La transformation est totale :



3. Concentration en ions oxonium présents dans la solution S.

- Chlorure d'hydrogène  $\text{HCl} (\text{g})$  :  $V_1 = 5,0 \text{ L}$
- Volume molaire :  $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Volume de la solution obtenue :  $V_2 = 1,0 \text{ L}$
- Quantité de matière  $n_1$  de chlorure d'hydrogène :

$$n_1 = \frac{V_1}{V_m}$$

$$n_1 = \frac{5,0}{24,0}$$

$$n_1 \approx 0,208 \text{ mol}$$

$$n_1 \approx 0,21 \text{ mol}$$

- Tableau d'avancement :

Équation		$\text{HCl (g)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$				
État du système	Avancement	$n(\text{HCl})$	Solvant		$n(\text{Cl}^-)$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)$
État initial (mol)	$x = 0$	$n_1 = 0,21$	Excès		0	0
État intermédiaire	$0 \leq x \leq x_f$	$n_1 - x$	Excès		$x$	$x$
État final (mol)	$x = x_f$	$n_1 - x_f$	Excès		$x_f$	$x_f$
État max	$x = x_{\text{max}}$	$n_1 - x_{\text{max}} = 0$	Excès		$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$

- Comme la réaction est totale :

-  $x_f = x_{\text{max}} = n_1 \approx 0,21 \text{ mol}$

-  $n(\text{H}_3\text{O}^+) \approx 0,21 \text{ mol}$

- Concentration en ions oxonium :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n_1}{V_2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \approx \frac{0,21}{1,0}$$

-  $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx 0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

4. pH de la solution obtenue.

- La solution S est diluée 10 fois :

- En conséquence, la concentration en ions oxonium est divisée par 10 :

-  $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx 2,1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- pH de la solution obtenue :

- Par définition : Pour une solution diluée,  $[\text{H}_3\text{O}^+] < 0,050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^0}\right) \quad \text{- Application numérique :}$$

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^0}\right)$$

$$\text{pH} \approx -\log\left(\frac{2,1 \times 10^{-2}}{1,0}\right)$$

$$\text{pH} \approx 1,68$$

-  $\text{pH} \approx 1,7$

5. Volume V d'une solution d'hydroxyde de sodium à ajouter pour que la solution S devienne neutre.

- On prélève 10,0 mL de la solution S.
- Concentration en ions hydroxyde  $[\text{HO}^-] = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- La transformation est totale.
- On négligera toute autre source d'ions oxonium.
- Quantité de matière n d'ions oxonium :
- $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx 2,1 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Le volume de la solution S prélevée :  $V' = 10,0 \text{ mL}$
- $n = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V'$
- $n \approx 2,1 \times 10^{-1} \times 10 \times 10^{-3}$
- $n \approx 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} = 2,1 \text{ mmol}$
- Tableau d'avancement :

Équation		$\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\ell)$		
État du système	Avancement	$n(\text{H}_3\text{O}^+)$	$n(\text{HO}^-)$	Solvant
État initial (mmol)	$x = 0$	$n = 2,1$	$n'$	Excès
État intermédiaire	$0 \leq x \leq x_f$	$n - x$	$n' - x$	Excès
État final (mmol)	$x = x_f$	$n - x_f$	$n' - x_f$	Excès
État max (mmol)	$x = x_{\text{max}}$	$n - x_{\text{max}} = 0$	$n' - x_{\text{max}} = 0$	Excès

- La réaction étant totale :  $x_f = x_{\text{max}}$
- D'autre part :  $x_{\text{max}} = n = n' = 2,1 \text{ mmol}$
- Volume de solution d'hydroxyde de sodium versé :

$$n' = [\text{HO}^-] \cdot V$$

$$V = \frac{n'}{[\text{HO}^-]} \approx \frac{2,1 \times 10^{-3}}{0,10}$$

$$V \approx 2,1 \times 10^{-2} \text{ L}$$

$$V \approx 21 \text{ mL}$$

## Exercice N°5 :

### I- Acide-base :

#### 1)- Définir un acide selon Bronsted.

- Définition d'un acide selon Bronsted : Un acide est une espèce chimique capable de céder au moins un proton  $\text{H}^+$ .

- On écrit :  $\text{AH} = \text{H}^+ + \text{A}^-$

#### 2)- Définir une base selon Bronsted.

- Définition d'une base selon Bronsted : Une base est une espèce chimique capable de capter au moins un proton

- On écrit :  $\text{A}^- + \text{H}^+ = \text{AH}$

#### 3)- Donner les couples acides / bases de l'eau.

- Couples acide / base de l'eau :  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$  et  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

### II- L'acide benzoïque.

On prépare un volume  $V = 500 \text{ mL}$  de solution d'acide benzoïque ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) en dissolvant une masse  $m = 1,20 \text{ g}$  d'acide pur (solide blanc) dans l'eau distillée.

Le **pH** de la solution obtenue est égal à 3,00.

Données :

$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g/mol}$

#### 1)- Indiquer le mode opératoire pour préparer cette solution.

- Préparation de la solution :

- Peser 1,20 g d'acide benzoïque à l'aide d'une balance.

- On verse l'acide dans une coupelle dont on a réalisé la tare

- Verser 0,1 l'acide à l'aide d'un entonnoir dans une fiole jaugée de 500 mL contenant un peu d'eau distillée

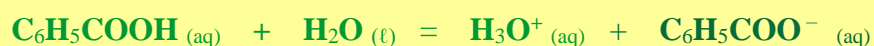
- Compléter aux  $\frac{3}{4}$  avec de l'eau distillée puis mélanger

- Compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée et homogénéiser.

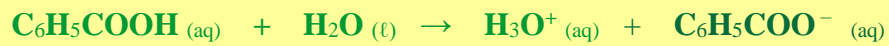
- La solution est prête.

#### 2)- Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque sur l'eau et indiquer les couples mis en jeu.

- Equation de la réaction de l'acide benzoïque sur l'eau :



- À ce niveau du cours, on accepte l'écriture suivante :



- Couples mis en jeu :

$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(aq)} / \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-_{(aq)}$  et  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ .

3)- Calculer la quantité de matière  $n$  d'acide benzoïque introduit dans la solution.

- Quantité de matière  $n$  d'acide benzoïque introduit dans la solution

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,2}{122} \Rightarrow n \approx 9,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4)- Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

Tableau d'avancement de la réaction.

Équation		$\text{AH}_{(aq)} +$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	=	$\text{A}^-_{(aq)}$	+ $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
État	Avancement $x$ (mol)					
État initial (mol)	0	$n_i(\text{AH}) = n$	Excès		0	$e \ll n$
Au cours de la transformation	$x$	$n_i(\text{AH}) - x$	Excès		$x$	$x$
Avancement final	$x_f$	$n_i(\text{AH}) - x_f$	Excès		$x_f$	$x_f$
Avancement maximal	$x_{\text{max}}$	$n_i(\text{AH}) - x_{\text{max}} = 0$	Excès		$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$

5)- Calculer l'avancement final  $x_f$  de la réaction. Justifier.

- Avancement final  $x_f$  de la réaction :

- On utilise le fait que la quantité de matière d'ions oxonium apportée par l'eau est négligeable par rapport à celle apportée par l'acide benzoïque.

- On peut écrire que :  $n(\text{H}_3\text{O}^+) \approx x_f$  d'après le tableau d'avancement de la réaction.

- La connaissance de la valeur du  $\text{pH}$  de la solution permet de déterminer la quantité de matière d'ions oxonium présent et l'avancement final de la réaction.

- Par définition :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V \quad \text{et} \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}} \text{ mol/L}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = x_f$$

$$x_f = 10^{-\text{pH}} \cdot V$$

$$x_f = 10^{-3,0} \times 0,500$$

$$x_f = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

6)- Calculer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  de la réaction. Justifier.

- Avancement maximal  $x_{\text{max}}$  de la réaction :
- L'eau est le solvant. Il est en large excès.
- L'acide benzoïque est le réactif limitant.
- $n_i(\text{AH}) - x_{\text{max}} = 0$  avec  $n_i(\text{AH}) = n$
- $n_i(\text{AH}) = x_{\text{max}} = 9,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

7)- En déduire le taux d'avancement  $\tau$  de la réaction.

- Taux d'avancement de la réaction :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$
$$\tau \approx \frac{5,0 \times 10^{-4}}{9,8 \times 10^{-3}}$$
$$\tau \approx 5,1 \%$$

- ADDITIF :
- On remarque que la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau n'est pas totale.
- On est en présence d'un équilibre chimique.
- L'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau s'écrit :

