

# Généralités sur les réactions chimiques. Correction

## Exercice I-

Ecrivons la relation entre la quantité de matière  $n$  et la masse  $m$ :

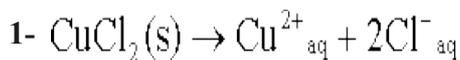
$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ avec } M = 2 \times 1 + 16 = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow n = \frac{3,0}{18} = \frac{1}{6} \approx 0,17 \text{ mol}$$

Le nombre de molécules d'eau  $N_{\text{H}_2\text{O}} = n(\text{mol}) \times N_{\text{A}}(\text{mol}^{-1}) = (1/6) \times 6 \cdot 10^{23} = 1,0 \cdot 10^{23}$  molécules.

$N_{\text{A}}$  : nombre de molécule par mole s'appelle le nombre d'Avogadro.

## Exercice II-

### Partie 1:



2-La concentration de la solution est la quantité de soluté (chlorure de cuivre (II)) introduite dans la solution divisée par le volume final  $V_{\text{sol}}$  après sa dissolution. Cette quantité étant supposée faible, elle ne modifie pas de manière significative ce volume lors de la dissolution:  $V_{\text{sol}} = V$

$$c = \frac{n}{V_{\text{sol}}} = \frac{m}{M \cdot V}$$

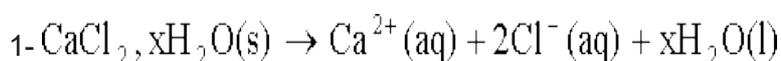
Avec  $M = 64 + 2 \times 35,5 = 135 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$c = \frac{6,75}{135 \times 0,50} \approx \frac{13,5}{135} = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3-D'après l'équation de la réaction:

$$[\text{Cu}^{2+}] = c = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{Cl}^{-}] = 2c = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

### Partie 2:



$\text{CaCl}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  est un cristal solide à structure ionique dans lequel chaque ion  $\text{Ca}^{2+}$  est associé à 2 ions  $\text{Cl}^-$  et  $x$  molécules d'eau. Ce phénomène d'hydratation résulte de la polarisation de la molécule d'eau.

**Remarque:** l'apport de ces  $x$  moles d'eau n'entraîne pas de modification du volume final d'eau après dissolution!

2-La concentration  $c$  de la solution de chlorure de calcium est telle que:

$$c = [\text{Cl}^-]/2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$$

De même:

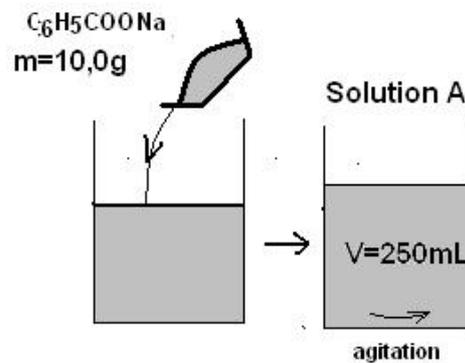
$$c = \frac{n}{V} = \frac{m'}{M' \cdot V} \Rightarrow M' = \frac{m'}{V \cdot c} = \frac{11}{0,5 \cdot 0,10} = 220 \text{ g.mol}^{-1}$$

Et comme  $M' = M_{\text{CaCl}_2} + xM_{\text{H}_2\text{O}}$

$$x = \frac{M' - M_{\text{CaCl}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{220 - 111}{18} \approx 6$$

## Exercice III

### a-Calculons la concentration de la solution de benzoate de sodium:



**Remarque:**

Dans l'eau le benzoate de sodium se dissout suivant le bilan:



Cependant l'ion benzoate étant une base, elle réagit avec l'eau :



Réaction entre les deux couples  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$   $pK_A=4,2$  et  $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$  de  $pK_A=14$

La solution A obtenue est légèrement basique

Le  $pK_A$  du couple valant 4,2, la base est donc très faible, cette transformation peut être négligée par la suite.

La masse molaire du benzoate de sodium est  $M=7*12+5*1+16*2+23=144g.mol^{-1}$ .

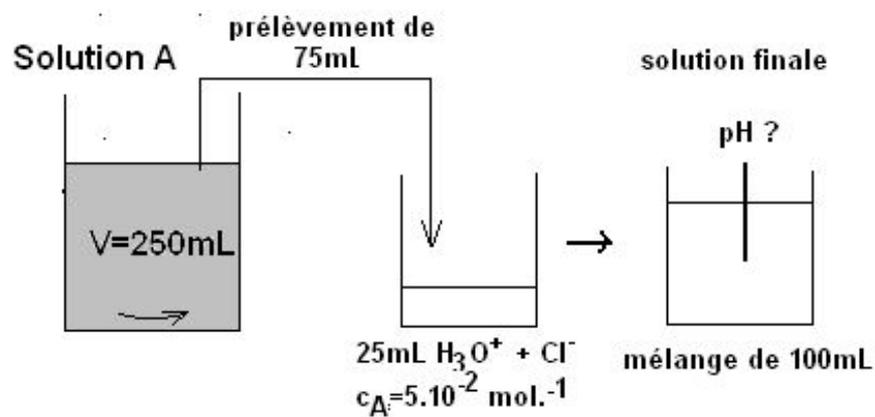
La quantité de benzoate (mol) introduite est:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10,0}{144} = 0,0694mol$$

D'où la concentration  $c$  de la solution A :

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,0694}{0,25} = 2,77.10^{-1}mol.L^{-1}$$

### b- Etudions la réaction entre la solution A et la solution d'acide chlorhydrique:



La quantité de benzoate prélevée dans A:

$$n_1 = c \times v = 2,77.10^{-1} \times 75.10^{-3} = 2,07.10^{-2} mol$$

Celle-ci va réagir avec une quantité initiale d'ions hydronium égale à:

$$n_2 = c_A \times v' = 5 \times 10^{-2} \times 25 \times 10^{-3} = 1,25 \times 10^{-3} mol.$$

**Remarque importante:** l'écart des  $pK_A$  des couples en présence ( $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ )  $pK_A=4,2$  et ( $H_3O^+/H_2O$ )  $pK_A=0$  étant supérieur à 3, **la réaction est totale**. La réaction s'arrêtera lorsque l'un des réactifs sera consommé totalement.

Pour faire l'étude quantitative, réalisons **un tableau d'avancement** de la réaction:

Soit  $x$  la grandeur qui caractérise l'avancement:  $x$  varie de 0 (état initial) représenté sur la 1<sup>ère</sup> ligne du tableau à  $x_m$  valeur maximal de  $x$  lorsque la réaction s'arrête (état final) . L'état final est représenté sur la dernière ligne. La ligne intermédiaire permet de donner les expressions des quantités en fonction de  $x$  à une date quelconque au cours de la réaction.

A une date  $t$  quelconque au cours de la réaction:

$$x = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- \text{ disparue}}}{1} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ disparue}}}{1} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH formé}}}{1} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O formé}}}{1}$$

L'unité de  $x$  est donc la mole.

Le dénominateur de chaque terme désigne le coefficient stœchiométrique de l'équation .

Dans la **partie droite** du tableau sont indiqués les quantités de **produits formés** en fonction de  $x$  et dans la **partie gauche, les quantités restantes** de réactifs au cours de l'avancement de la réaction. (quantité restante = quantité initiale – quantité disparue)

$x_m$  désigne l'avancement maximum: c'est la valeur de  $x$  qui annule la quantité restante de réactif en défaut (qu'on appelle aussi le réactif limitant).

Pour trouver  $x_m$ , il suffit d'annuler les deux termes dépendant de  $x$  et de prendre la plus petite des deux racines.

Avancement $x$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ totale $\rightarrow$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
$x=0$ (état initial)	$n_1=2,07 \cdot 10^{-2}$ $n_2=1,25 \cdot 10^{-3}$	0                      0
$x$ (état qcque)	$2,07 \cdot 10^{-2} - x$ $1,25 \cdot 10^{-3} - x$	$x$ $x$
$x_m$ (état final)	$(20,7-1,25) \cdot 10^{-3}$ 0	$1,25 \cdot 10^{-3}$ $1,25 \cdot 10^{-3}$

$x_m$  est donc la plus petite des racines des deux fonctions de  $x$

L'avancement maxi est  $x_m = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,25 \text{ mmol}$ .

Les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  (réactif limitant) disparaissent complètement.

Il reste 19,45 **mmol** de benzoate en excès.

Et donc le pH vaut:

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = 4,2 + \log \frac{19,45}{1,25} = 5,4$$