

# serie N°2: EQUILIBRE CHIMIQUE

2010-2011

- 4<sup>ème</sup> TEC - 

Sc.physiques

## EXERCICE 1 :

Dans un ballon, on réalise la réaction entre le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$  et l'acide chlorhydrique ( $\text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ). Le dioxyde de carbone formé est recueilli, par déplacement, dans une éprouvette graduée. Un élève verse dans le ballon un volume  $V_S = 100 \text{ mL}$  d'acide chlorhydrique à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . A la date  $t=0 \text{ s}$ , il introduit rapidement dans le ballon  $2,0 \text{ g}$  de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$  tandis qu'un camarade déclenche le chronomètre.

Les élèves relèvent les valeurs du volume  $V_{\text{CO}_2}$  de dioxyde de carbone dégagé en fonction du temps. Elles sont reportées dans le tableau ci-après. La pression du gaz est égale à la pression atmosphérique.

T (s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$V_{\text{CO}_2}$ (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t (s)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
$V_{\text{CO}_2}$ (ml)	106	109	111	113	115	117	118	119	120	120	121

La réaction étudiée peut être modélisée par l'équation :



## Questions :

- Calculer la densité par rapport à l'air du dioxyde de carbone  $\text{CO}_{2(g)}$ . Dans quelles parties de la grotte ce gaz est-il susceptible de s'accumuler ?
- Déterminer les quantités de matière initiales de chacun des réactifs.
- Dresser le tableau d'avancement de la réaction. En déduire la valeur  $x_{\text{max}}$  de l'avancement maximal. Quel est le réactif limitant ?
- a. Exprimer l'avancement  $x$  de la réaction à une date  $t$  en fonction de  $V_{\text{CO}_2}$ ,  $T$ ,  $P_{\text{atm}}$  et  $R$ . Calculer sa valeur numérique à la date  $t = 20 \text{ s}$ .  
b. Calculer le volume maximal de gaz susceptible d'être recueilli dans les conditions de l'expérience. La transformation est-elle totale ?

## EXERCICE 2 :

Dans un bécher placé dans de l'eau glacée, on introduit  $0,38 \text{ mol}$  d'acide (A) et  $0,38 \text{ mol}$  d'alcool (B) ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le volume du mélange est de  $50 \text{ mL}$ .

Après agitation, on prélève à dix reprises un volume  $V_0 = 5 \text{ mL}$  de ce mélange, que l'on introduit dans 10 tubes à essai numérotés de 0 à 9.

Le tube n°0 est placé dans la glace, les tubes numérotés de 1 à 9 sont munis d'un réfrigérant à air, puis introduits dans un bain thermostaté à  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . On déclenche alors un chronomètre.

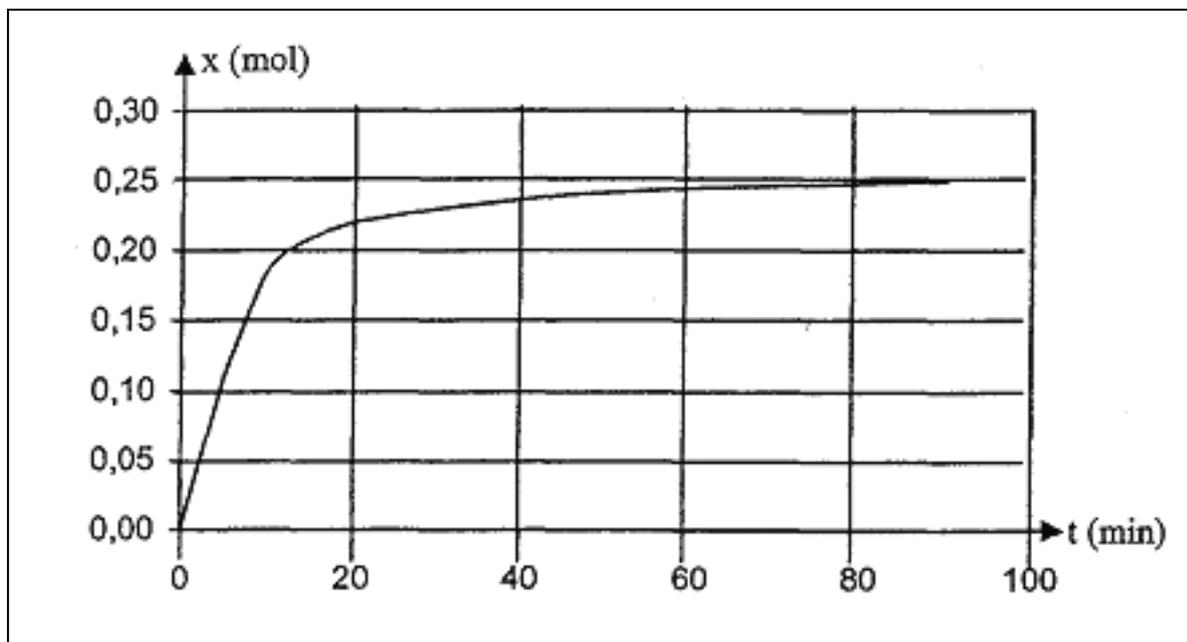
A l'instant  $t_1 = 2 \text{ minutes}$ , le tube n°1 est placé dans de la glace.

Après quelques minutes, les ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (provenant de l'acide sulfurique) et l'acide éthanoïque restant sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration appropriée. On peut ainsi déterminer la quantité d'acide éthanoïque contenue dans ce tube.

On procède de même pour les autres tubes, le contenu du tube n°9 étant dosé à une date  $t_9 = 90 \text{ min}$ .

- 2.1 Quel est le rôle joué par l'acide introduit dans le mélange initial ?

- 2.2 Pourquoi les tubes numérotés de 1 à 9 sont-ils placés dans un bain thermostaté à une température supérieure à celle du laboratoire ?
- 2.3 Expliquer pourquoi la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n°1 est supérieure à la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n° 9.
- 2.4 À chaud, l'ester formé E pourrait réagir également avec les ions hydroxyde.
- 2.4.1. Quelle serait l'équation chimique associée à cette transformation ?
- 2.4.2. Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'hydrolyse basique d'un ester.
- 3.1 Déterminer l'avancement maximal  $x_{\max}$  de la réaction d'estérification étudiée (un tableau d'avancement sera éventuellement utilisé).
- 3.2 L'étude précédente permet d'obtenir les variations de l'avancement  $x$  de cette réaction en fonction du temps. On peut alors tracer la courbe suivante :



- 3.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final  $x_f$  de la réaction.
- 3.2.2. Définir et calculer le taux d'avancement de cette réaction.

### EXERCICE 3 :

Dans un récipient on introduit 3.6 g d'eau pure et 20.4g d'éthanoate de 2-propyle. On ferme le récipient et on porte le mélange à une température égale à 373°K.

- 1- Calculer la quantité de matière d'eau et ester utilisées.
- 2- Ecrire l'équation de la réaction.
- 3- L'augmentation de la température favorise-t-elle l'hydrolyse ou l'estérification ? Justifier.
- 4- A l'équilibre, la masse de l'ester est 12.24g, déterminer :
  - a- la composition du mélange.
  - b- Le taux d'avancement.
- 5- A l'état d'équilibre, on ajoute au mélange une masse  $m$  d'eau.
  - a- dans quel sens se déplace l'équilibre ?
  - b- Déterminer  $m$  sachant que le taux d'avancement est égal à 0.6.

On donne  $M_C=12$      $M_H=1$      $M_O=16$     en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

### EXERCICE 4 :

La réaction étudiée met en jeu l'acide éthanoïque (A) de formule  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  et un alcool (B), on observe la formation d'un ester (E) de formule  $\text{CH}_3\text{COO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  et de l'eau.

La réaction modélisant la transformation étudiée vaut :  $\text{A} + \text{B} = \text{E} + \text{H}_2\text{O}$

- 1) Donner la formule semi-développée de l'alcool (B).
- 2) Donner le nom de l'ester (E).
- 3) Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'estérification.

### 2. LE PROTOCOLE DE SUIVI DE LA RÉACTION

Dans un bécher placé dans de l'eau glacée, on introduit 0,38 mol d'acide (A) et 0,38 mol d'alcool (B) ainsi

que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le volume du mélange est de 50 mL.

Après agitation, on prélève à dix reprises un volume  $V_0 = 5$  mL de ce mélange, que l'on introduit dans 10 tubes à essai numérotés de 0 à 9.

Le tube n°0 est placé dans la glace, les tubes numérotés de 1 à 9 sont munis d'un réfrigérant à air, puis introduits dans un bain thermostaté à 60 °C. On déclenche alors un chronomètre.

A l'instant  $t_1 = 2$  minutes, le tube n°1 est placé dans de la glace.

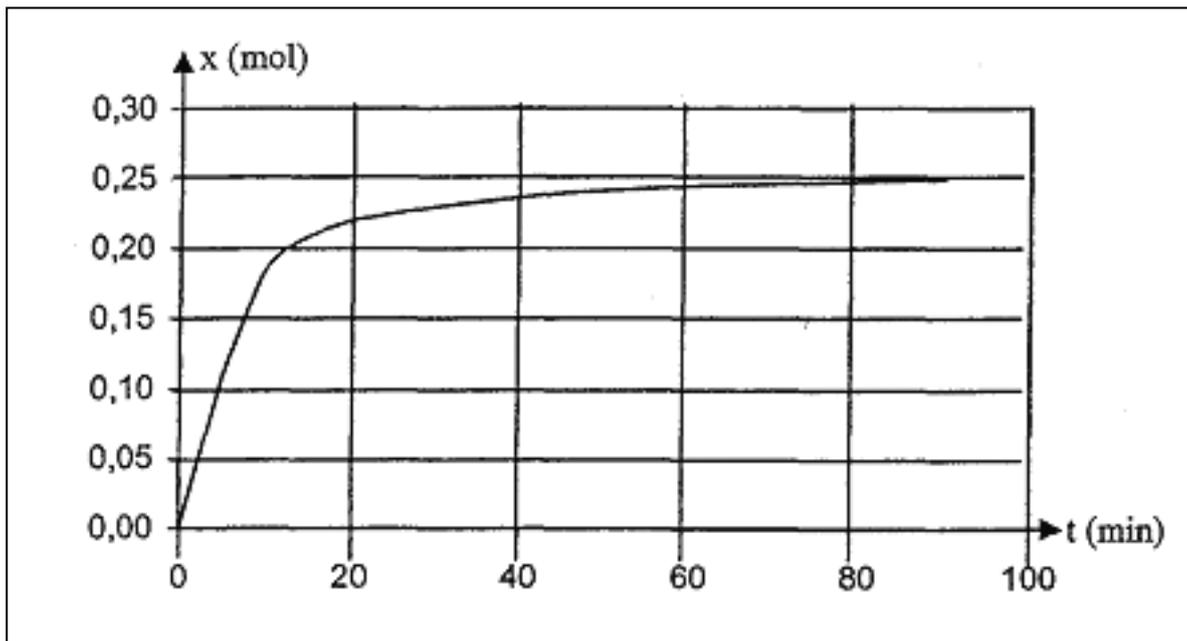
Après quelques minutes, les ions oxonium  $H_3O^+$  (provenant de l'acide sulfurique) et l'acide éthanoïque restant sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration appropriée. On peut ainsi déterminer la quantité d'acide éthanoïque contenue dans ce tube.

On procède de même pour les autres tubes, le contenu du tube n°9 étant dosé à une date  $t_9 = 90$  min.

- 1) Quel est le rôle joué par l'acide introduit dans le mélange initial ?  
Pourquoi les tubes numérotés de 1 à 9 sont-ils placés dans un bain thermostaté à une température supérieure à celle du laboratoire ?
- 2) Expliquer pourquoi la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n°1 est supérieure à la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n°9.

### 3. AVANCEMENT DE LA REACTION

- 1) Déterminer l'avancement maximal  $x_{\max}$  de la réaction d'estérification étudiée (un tableau d'avancement sera éventuellement utilisé).
- 2) L'étude précédente permet d'obtenir les variations de l'avancement  $x$  de cette réaction en fonction du temps. On peut alors tracer la courbe suivante :
- 3) Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final  $x_f$  de la réaction.
- 4) Définir et calculer le taux d'avancement de cette réaction.
- 5) À l'instant  $t_1 = 4$  min, la valeur de l'avancement  $x$  de la réaction est  $x = 0,125$  mol.  
Quelle est la composition du mélange à cet instant ?



### EXERCICE 5 :

On verse dans un bécher  $V=20$  mL d'une solution de nitrate d'argent contenant des ions nitrate ( $NO_3^-$  (aq)) telle que  $[Ag^+]=[NO_3^-]=0,15$  mol.L<sup>-1</sup>. On ajoute 0,127 g de poudre cuivre. La solution initialement incolore devient bleue et il se forme un dépôt d'argent. Les ions nitrates n'interviennent pas dans la réaction.

1. Ecrire l'équation chimique qui correspond à la réaction.
  2. Décrire l'état initial du système en quantité de matière.
  3. Dresser un tableau descriptif d'évolution du système chimique.
  4. Trouver le réactif limitant, calculer l'avancement maximal et décrire l'état final du système en quantité de matière.
  5. Déterminer à l'état final les concentrations molaires des ions en solution.
- On donne  $M_{Cu}=63,5$ g.mol<sup>-1</sup>

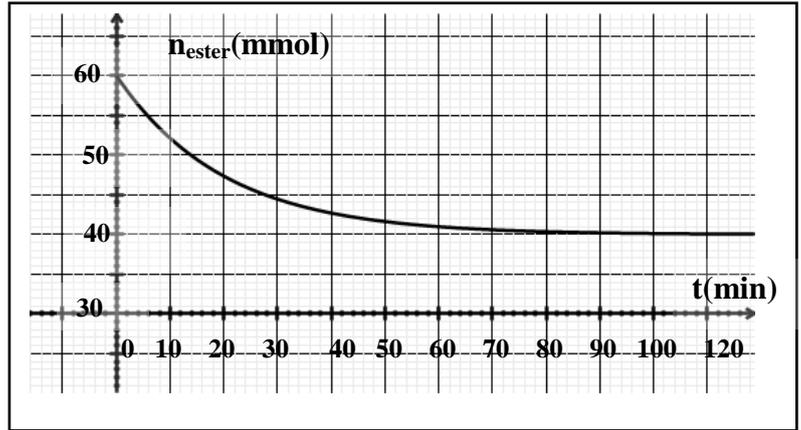
## EXERCICE 6 :

On réalise un mélange équimolaire de méthanoate d'éthyle ( $\text{HCOOC}_2\text{H}_5$ ) et d'eau et on le répartit en plusieurs ampoules identiques que l'on ferme et que l'on porte à  $150^\circ\text{C}$ .

L'analyse de ces mélanges réactionnels au cours du temps permet de tracer le graphe

$n_{\text{ester}} = f(t)$  ci-contre

- 1- Ecrire l'équation de la réaction en utilisant les formules semi-développées.
- 2- a) Dresser un tableau d'évolution du système.  
b) Tracer l'allure de la courbe représentant  $n_{\text{acide}} = g(t)$ .  
c) Quels caractères de la réaction d'hydrolyse d'un ester mettent en évidence ces deux graphes ?

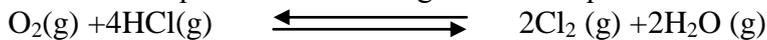


3. Déterminer le taux d'avancement du système pour  $t = 28 \text{ min}$  puis le taux d'avancement final  $\tau_f$  de la réaction.
4. Déterminer la composition molaire du mélange à l'équilibre.
5. On part maintenant d'un mélange renfermant initialement **1 mol** d'ester, **2 mol** d'eau, **2 mol** d'acide et **1 mol** d'alcool ; déterminer :
  - a)  $x'_f$  le l'avancement final de la réaction.
  - b) La composition molaire du mélange à l'équilibre.

## EXERCICE 7 :

A une température  $T_1$  constante, on introduit dans une enceinte de volume  $V$ , préalablement vide, 1,5 mole de chlorure d'hydrogène  $\text{HCl}$  et 0,3 mole de  $\text{O}_2$ .

Tous les composés sont à l'état gazeux Il se produit la réaction suivante :



- 1) A l'équilibre chimique dynamique, il se forme 0.16 mole de vapeur d'eau
  - a- Dresser un tableau descriptif d'évolution du système chimique
  - b- Déterminer  $X_{\text{max}}$  et  $X_f$
  - c- En déduire  $\zeta_f$  et conclure.
  - d- Déterminer la composition du mélange à l'équilibre.
- 2) À une température  $T_2$ , un nouvel état d'équilibre s'établit lorsque 17.2% du chlorure d'hydrogène initial ont été consommés.
  - a- Déterminer  $X_f$
  - b- Déterminer la composition du mélange à l'équilibre.