

# DEVOIR SURVEILLÉ n°6

## EXERCICE 1 (CHIMIE) A propos de l'acide formique

Pour se défendre, les fourmis utilisent deux moyens : leurs mandibules et la projection d'acide formique. Les mandibules servent à immobiliser l'ennemi tandis que l'acide formique brûle la victime. Une fourmi se sentant menacée se dresse sur ses deux pattes arrière et peut projeter sur l'ennemi un jet d'acide formique à plus de 30 centimètres grâce à son abdomen.

L'acide formique (ou acide méthanoïque) soluble dans l'eau a pour formule semi-développée  $HCOOH$ . On se propose d'étudier quelques propriétés d'une solution aqueuse de cet acide.

### Données :

- On suppose que l'expérience se déroule à  $25^\circ C$ .
- *Masses molaires atomiques :*

$$M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$$
- *Constantes d'acidité à  $25^\circ C$  :*

$$K_A(HCOOH/HCOO^-) = K_{A1} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

$$K_A(CH_3COOH/CH_3COO^-) = K_{A2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$
- *Conductivités molaires ioniques à  $25^\circ C$  :*

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{HCOO^-} = 5,46 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$
- On rappelle l'expression de la conductivité d'une solution en fonction des concentrations molaires des espèces ioniques  $X_i$  dissoutes :

$$\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$$

1. Dans une fiole jaugée de volume  $V_0 = 100 \text{ mL}$ , on introduit une masse  $m$  d'acide formique, puis on complète cette fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on l'homogénéise. On dispose alors d'une solution  $S_0$  d'acide formique de concentration molaire  $C_0 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - (a) Calculer la masse  $m$ .
  - (b) Ecrire l'équation de la réaction associée à la transformation de l'acide formique en présence d'eau.
  - (c) On note  $x_{eq}$  l'avancement à l'état d'équilibre et  $x_{max}$  l'avancement de la réaction supposée totale.  
Compléter le *tableau 1* d'avancement joint en annexe (à rendre avec la

copie) correspondant à cette transformation chimique, en fonction de  $C_0$ ,  $V_0$ ,  $x_{max}$  et  $x_{eq}$ .

- (d) Exprimer le taux d'avancement final  $\tau$  en fonction de la concentration en ions oxonium à l'équilibre  $[H_3O^+]_{eq}$  et de  $C_0$ .
- (e) Donner l'expression du quotient de réaction à l'état d'équilibre  $Q_{r,eq}$ .  
Montrer que ce quotient peut s'écrire sous la forme :

$$Q_{r,eq} = \frac{[H_3O^+]_{eq}^2}{C_0 - [H_3O^+]_{eq}}$$

2. Exprimer la conductivité  $\sigma$  de la solution d'acide formique à l'état d'équilibre en fonction des conductivités molaires ioniques des ions présents et de la concentration en ions oxonium à l'équilibre  $[H_3O^+]_{eq}$ .
3. La mesure de la conductivité de la solution  $S_0$  donne  $\sigma = 0,05 \text{ S.m}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$ .
- (a) En utilisant les relations obtenues précédemment, compléter le tableau 2 fourni en annexe.
- (b) Comparer la valeur expérimentale de  $Q_{r,eq}$  avec la valeur de la constante  $K_{A1}$  du couple  $HCOOH/HCOO^-$ .
4. On réalise la même étude, en utilisant une solution  $S_1$  d'acide formique de concentration  $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 2 (fourni en annexe).  
**En déduire l'influence de la concentration de la solution sur :**
- (a) le taux d'avancement de la réaction ;
- (b) le quotient de réaction dans l'état d'équilibre.

5. On mélange maintenant, dans un bécher, 5 mL d'une solution d'acide méthanoïque, 5 mL d'une solution contenant des ions méthanoate, 5 mL d'une solution d'acide éthanoïque et 5 mL d'une solution contenant des ions éthanoate. Toutes ces solutions sont à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- (a) Ecrire l'équation bilan d'une réaction susceptible de se produire entre toutes ces espèces chimiques.
- (b) Donner l'expression littérale puis calculer le quotient de réaction initial relatif à la réaction écrite à la réaction écrite en (a).
- (c) Donner l'expression littérale puis calculer la constante d'équilibre de la réaction écrite en (a).
- (d) Déduire de ce qui précède le sens d'évolution de la réaction envisagée en (a). Justifier.

## EXERCICE 2 (PHYSIQUE)

### Flash d'un appareil photographique

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un flash d'appareil photographique jetable. Pour obtenir un éclair de puissance lumineuse suffisante, on utilise un tube flash qui nécessite pour son amorçage, une forte tension (au moins 250 V) pour émettre un éclair très bref. Pour stocker l'énergie nécessaire au fonctionnement du tube flash, on utilise un condensateur de capacité  $C$ . Ce condensateur est chargé à l'aide d'un circuit électronique alimenté par une pile.

On schématise le fonctionnement de ce dispositif sur le schéma ci-dessous :

- l'alimentation est assurée par une pile de tension continue  $U_1 = 1,50 V$  ;
- un circuit électronique permettant d'élever la tension  $U_1$  à une tension continue  $U_2 = 300 V$ .
- un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,00 k\Omega$  permettant la charge du condensateur de capacité  $C = 150 \mu F$  en plaçant l'interrupteur  $K_2$  en position 1 et en fermant l'interrupteur  $K_1$ .
- le tube flash qui est déclenché (une fois le condensateur chargé) en basculant l'interrupteur  $K_2$  en position 2.

## I. Charge du condensateur

On charge le condensateur en fermant l'interrupteur  $K_1$ .

1. On donne l'expression de la constante de temps :  $\tau = RC$ .  
Vérifier par analyse dimensionnelle l'homogénéité de cette formule.
2. Calculer numériquement  $\tau$ .
3. Calculer l'énergie emmagasinée  $E$  par le condensateur de capacité  $C$  une fois la charge terminée à la tension  $U_2$ .
4. En calculant l'énergie  $E'$  qu'aurait stockée le condensateur s'il avait été chargé directement à l'aide de la pile (tension  $U_1$ ), justifier l'intérêt de charger le condensateur avec une haute tension de  $300V$ .

## II. Décharge du condensateur

En plaçant l'interrupteur inverseur  $K_2$  sur la position 2 on provoque le flash grâce à l'énergie stockée dans le condensateur. On enregistre la tension  $u$  aux bornes du condensateur  $C$  (voir *graphique 1* en annexe).

1. **Comparaison entre temps de charge et temps de décharge :**
  - (a) Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau'$  correspondant à la décharge en précisant la méthode employée (le *graphique 1* sera complété en annexe, rendue avec la copie).
  - (b) Comparer les constantes de charge  $\tau$  et de décharge  $\tau'$ . Ce constat est-il en accord avec les conditions de fonctionnement du tube flash ?

2. On assimilera, après son amorçage, le tube flash à un conducteur ohmique de résistance  $r$ .

On montre que l'équation différentielle de la décharge du condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance  $r$  est de la forme :

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{rC}u = 0$$

- (a) **Vérifier que la solution est de la forme**

$$u = U_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- (b) **Que représente la tension  $U_0$  pour le fonctionnement du tube flash ?**  
(c) **Déterminer  $U_0$  graphiquement. Cette valeur est-elle en accord avec la production de l'éclair ?**

### EXERCICE 3 (PHYSIQUE)

#### Etude expérimentale du condensateur et de la bobine

On dispose au laboratoire d'un condensateur de capacité  $C$  et d'une bobine, sans noyau de fer, d'inductance  $L$ . On pourrait mesurer les valeurs numériques de  $C$  et de  $L$  avec un multimètre. On se propose d'utiliser, dans cet exercice, les connaissances et les savoir-faire acquis par les candidats pour retrouver la valeur numérique de  $C$  (première partie de l'exercice) et retrouver la valeur numérique de  $L$  (deuxième partie de l'exercice)

**LES DEUX PARTIES DE L'EXERCICE SONT INDEPENDANTES**

## I. Mesure de la capacité $C$ d'un condensateur

On réalise le montage ci-contre :  
Le générateur basse fréquence (GBF) délivre une tension sinusoïdale de fréquence  $250 \text{ Hz}$  et d'amplitude voisine de  $5 \text{ V}$ .

On visualise à l'oscilloscope, sur la voie 1, l'évolution au cours du temps de la tension  $u_{AM}(t)$  et, sur la voie 2, l'évolution au cours du temps de la tension  $u_{BM}(t)$ .

Le sens de  $i$  choisi comme sens positif est indiqué sur le schéma.

- Reproduire le schéma du circuit et indiquer les connexions à réaliser au niveau de l'oscilloscope pour visualiser les tensions  $u_{AM}$  et  $u_{BM}$  ainsi que les flèches de tension représentatives de celles-ci.**
- Exprimer la tension  $u_{AB}$  en fonction de  $u_{AM}$  et  $u_{BM}$  en précisant la loi utilisée.**

3. On remplace l'oscilloscope par un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur qui suit l'évolution des tensions  $u_{AM}$  et  $u_{BM}$  au cours du temps. Un logiciel adapté effectue les calculs et les représentations graphiques souhaités. Le *graphe 1* représente l'évolution de  $u_{AB}$  au cours de la durée  $t$ .

*Graphe 1*

*Graphe 2*

- (a) **Exprimer  $q_A$  en fonction de  $u_{AB}$ .**
- (b) **En utilisant le graphe :**
- **Donner le signe de la charge  $q_A$  portée par l'armature  $A$  aux instants de dates  $t_1$  ainsi que  $t_3$ .**
  - *On admettra ici que le condensateur se charge lorsque la valeur absolue de  $q_A$  croît en fonction du temps.*  
**Préciser deux intervalles de temps entre les instants de dates  $t_1$  et  $t_5$  pendant lesquels le condensateur se charge.**
4. L'intensité  $i$  est égale à la dérivée par rapport au temps de la charge  $q_A$  portée par l'armature  $A$  :  $i = \frac{dq_A}{dt}$ .
- (a) **Etablir la relation :  $i = C \frac{du_{AB}}{dt}$ .**
- (b) **En déduire le signe de  $i$  entre les instants de dates  $t_1$  et  $t_3$ . Justifier.**
5. La mesure de  $u_{BM}$  et les données introductives permettent le calcul de  $i$ . **Préciser pourquoi.**
6. Le logiciel calcule  $i$  et  $u_{AB}$  ; il permet d'obtenir, entre les instants de dates  $t_2$  et  $t_4$ , le graphe représentant l'évolution de  $i$  en fonction de  $\frac{du_{AB}}{dt}$  (*graphe 2*).
- Calculer la valeur numérique de  $C$  à partir de ce graphe.**

## II. Mesure de l'inductance $L$ d'une bobine

Dans le montage précédent, on remplace le condensateur par une bobine sans noyau de fer, d'inductance  $L$  et de résistance  $r = 12 \Omega$ .

Le logiciel permet les calculs de la grandeur  $u = u_{AM} - u_{BM} - ri$  et permet d'obtenir le graphe donnant l'évolution de  $u$  en fonction de  $\frac{di}{dt}$  (*graphe 3*).

*Grappe 3*

1. Donner l'expression de la tension  $u_{AB}$  aux bornes de la bobine en fonction des caractéristiques de celle-ci.
2. Établir la relation  $u = L \frac{di}{dt}$ .
3. Calculer la valeur numérique de  $L$  à partir du *graphe 3*.

NOM:

Prénom :

## ANNEXE (à rendre avec la copie)

Tableau 1

| Equation de la réaction                        |                     |                               |  |  |  |
|--|---------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Etat du système                                | Avancement en $mol$ | Quantités de matière en $mol$ |  |  |  |
| Etat initial                                   | 0                   |                               |  |  |  |
| Etat final (si la transformation était totale) | $x_{max}$           |                               |  |  |  |
| Etat d'équilibre (transformation non totale)   | $x_{eq}$            |                               |  |  |  |

Tableau 2

| Solution                     | $S_1$ | $S_2$               |
|------------------------------|-------|---------------------|
| $C_i (mol.L^{-1})$           | 0,010 | 0,10                |
| $\sigma (S.m^{-1})$          | 0,050 | 0,17                |
| $[H_3O^+]_{eq} (mol.m^{-3})$ |       | 4,2                 |
| $[H_3O^+]_{eq} (mol.L^{-1})$ |       | $4,2 \cdot 10^{-3}$ |
| $\tau (\%)$                  |       | 4,2                 |
| $Q_{r,eq}$                   |       | $1,8 \cdot 10^{-4}$ |

*Graphique 1*