

Le sujet comporte quatre pages numérotées de 1/4 à 4/4

## CHIMIE (9 points)

### EXERCICE n.1 (4 points)

A 25°C, la mesure du pH de chacune de trois solutions aqueuses d'acides, de même concentration molaire  $C = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ , donne les valeurs consignées dans le tableau suivant :

Acide	Solution aqueuse	pH
A <sub>1</sub> H	(S <sub>1</sub> )	2,55
A <sub>2</sub> H	(S <sub>2</sub> )	1,30
A <sub>3</sub> H	(S <sub>3</sub> )	3,05

- Montrer que l'un des trois acides est fort tandis que les deux autres sont faibles.
- a) Montrer que la constante d'acidité  $K_a$  de tout acide faible AH peut s'écrire sous la forme :

$$K_a = \frac{10^{-\text{pH}} \cdot \tau_f}{1 - \tau_f}, \text{ où } \tau_f \text{ désigne l'avancement volumique final de la réaction de dissociation de l'acide faible AH dans l'eau.}$$

- Montrer, tout en justifiant les approximations utilisées, que pour un acide faible :

$$\text{p}K_a = 2 \text{ pH} + \log C.$$

On donne : le produit ionique de l'eau est  $K_w = 10^{-14}$ .

- Comparer les  $\text{p}K_a$  des deux acides faibles et en déduire celui qui est le plus fort.
- Le dosage d'un volume  $V_A = 10 \text{ mL}$  de l'acide le plus faible par une solution aqueuse de soude, de concentration molaire  $C_B$ , nécessite l'ajout d'un volume  $V_{BE} = 5 \text{ mL}$  de solution basique pour atteindre l'équivalence.
  - Déterminer la concentration molaire  $C_B$  de la solution de soude utilisée.
  - La mesure du pH de la solution (S) obtenue lorsqu'on a ajouté un volume  $V_B = 2,5 \text{ mL}$  de solution aqueuse de soude, donne la valeur 4,8.  
Donner en le justifiant, le nom de la solution (S) et rappeler l'énoncé de sa propriété caractéristique.

### EXERCICE n.2 (5 points)

A 25°C, on réalise la pile électrochimique (P) de symbole  $\text{Co} \mid \text{Co}^{2+}(C_1) \parallel \text{Ni}^{2+}(C_2) \mid \text{Ni}$ .

La concentration molaire initiale des ions de cobalt  $\text{Co}^{2+}$  est  $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ , tandis que la valeur de la concentration molaire initiale  $C_2$  des ions de nickel  $\text{Ni}^{2+}$  est inconnue. Les solutions aqueuses contenues dans les compartiments de la pile sont de même volume.

On donne les potentiels d'électrode standards :

$$E^\circ_{(\text{Co}^{2+}/\text{Co})} = -0,28 \text{ V} \text{ et } E^\circ_{(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})} = -0,26 \text{ V}$$

- Représenter le schéma de la pile (P) et écrire l'équation chimique qui lui est associée.
  - Exprimer la fem (force électromotrice) E de la pile (P) en fonction de sa fem standard  $E^\circ$  et de  $\pi$  (fonction usuelle des concentrations :  $\pi = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]}$ ).
  - Déduire, de la valeur que prend E quand la pile est usée, l'expression  $E = 0,03 \log \frac{K}{\pi}$ , où K est la constante d'équilibre usuelle relative à l'équation associée à la pile (P).

2. a) Calculer la valeur de la **fem** standard  $E^\circ$  de la pile (P).  
 b) Calculer la valeur de la constante d'équilibre usuelle  $K$ .  
 c) Déterminer la concentration initiale  $C_2$  des ions de nickel sachant que la **fem** initiale de la pile (P) vaut  $-0,01\text{ V}$ .
3. On remplace l'une des deux solutions de la pile (P) par le même volume d'une solution du même sel, mais plus diluée de sorte que la **fem** initiale de (P) devient égale à  $+0,01\text{ V}$ .  
 a) Comparer la valeur de  $\pi$  à celle de  $K$  et en déduire, parmi les solutions de sel de cobalt et de sel de nickel, celle qui a subi la dilution.  
 b) Préciser le sens de circulation du courant dans le circuit extérieur lorsque la pile débite.  
 c) En déduire l'équation de la réaction qui se produit spontanément dans la pile.
4. Après une certaine durée de fonctionnement de la pile (P), l'une des deux électrodes s'amincit.  
 a) Identifier cette électrode.  
 b) Montrer qu'au cours du temps, les concentrations des ions dans les compartiments de la pile vérifient l'équation :  $[Ni^{2+}] + [Co^{2+}] = a$ , où  $a$  est une constante qu'on déterminera.

## PHYSIQUE (11 points)

### EXERCICE n.1 (4,5 points)

Pour étudier expérimentalement la réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension, on met à la disposition des élèves, sur chaque poste de travail :

- un condensateur de capacité  $C = 50\ \mu\text{F}$ ,
- un résistor de résistance  $R$  inconnue,
- un générateur de **fem** (force électromotrice)  $E = 10\text{ V}$  et de résistance interne négligeable devant  $R$ ,
- un oscilloscope à mémoire,
- un interrupteur  $K$  et des fils de connexion.

Les 5 schémas de la figure 1 sont choisis parmi ceux proposés par les élèves pour réaliser le circuit de charge du condensateur, avec les connexions indispensables à l'oscilloscope à mémoire afin de visualiser simultanément sur son écran la tension d'alimentation et la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur.

1. Parmi les 5 schémas de la figure 1, deux seulement sont donnés avec les connexions convenables aux entrées  $Y_1$  et  $Y_2$  de l'oscilloscope. Les identifier par indication de leur numéro.

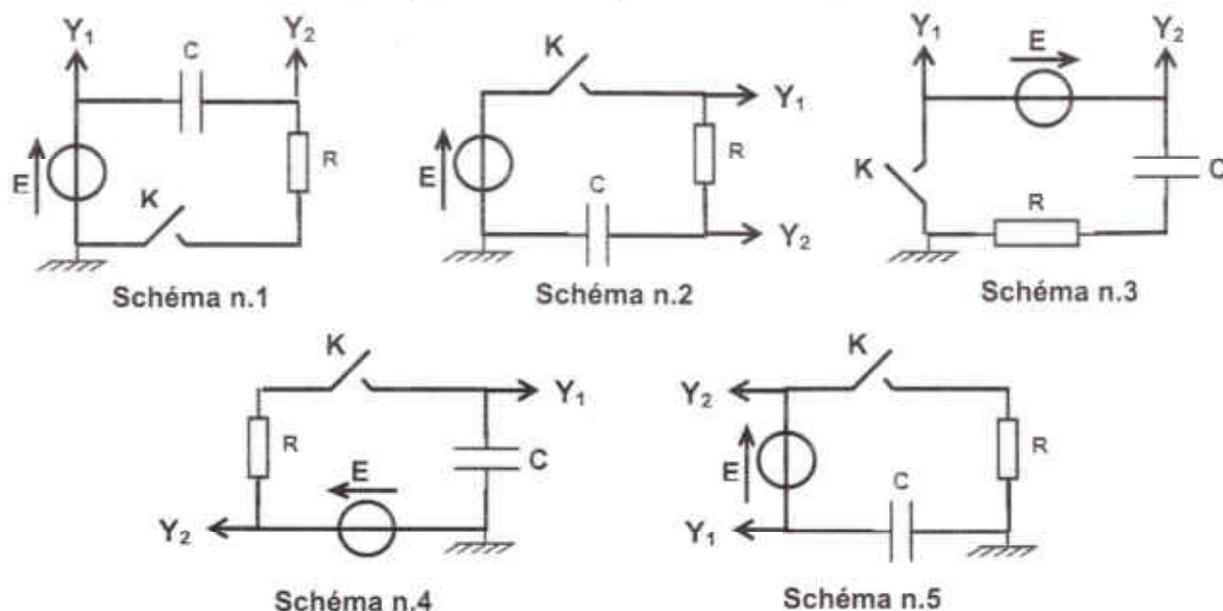


Fig.1

2. En fermant l'interrupteur **K** du montage réalisé selon l'un ou l'autre des schémas reconnus valables, on obtient les chronogrammes de la figure 2.

a) Sachant que la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur s'écrit en fonction du temps  $t$  :

$u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ , où  $\tau$  est la constante de temps du dipôle **RC**, déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ .

b) En déduire :

- la valeur de **R**,
- à 1 % près, la valeur de la durée  $\theta$  au bout de laquelle le condensateur devient complètement chargé.

c) Montrer que si l'on remplace le résistor de résistance **R** par un autre de résistance **R'** de valeur triple de celle de **R**, le condensateur se chargera moins rapidement et, pour acquérir sa charge totale, il lui

faudra une durée  $\theta'$  plus longue que l'on déterminera en fonction de  $\theta$ .

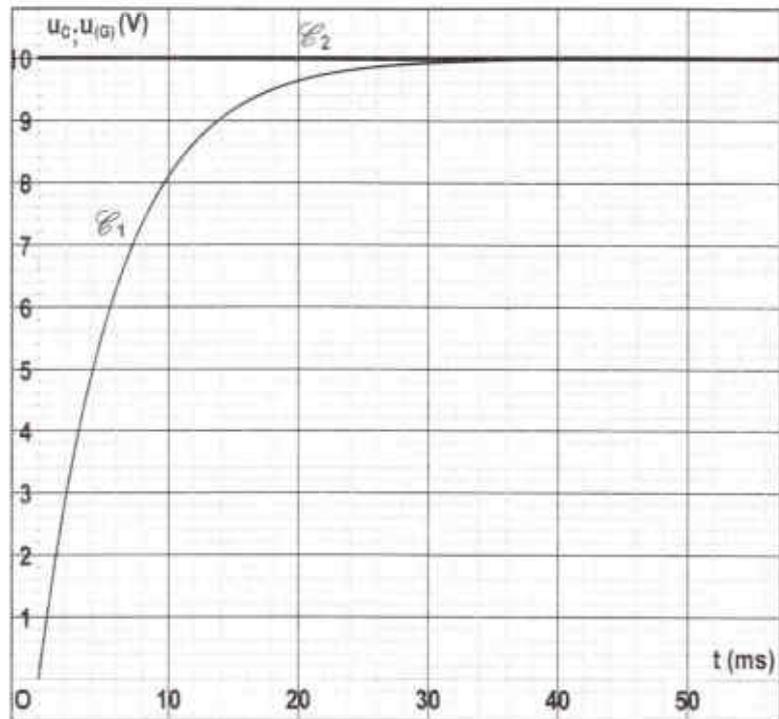


Fig.2

3. a) Identifier, par l'indication de son numéro, le schéma donné dans la figure 1 avec les connexions qui conviennent plutôt à la visualisation de la tension  $u_R$  aux bornes du résistor, en plus de la tension d'alimentation.

b) - Etablir l'expression de  $u_R$  en fonction de  $t$ ,  $\tau$  et **E**.

- En déduire l'expression de l'intensité  $i(t)$  du courant de charge.

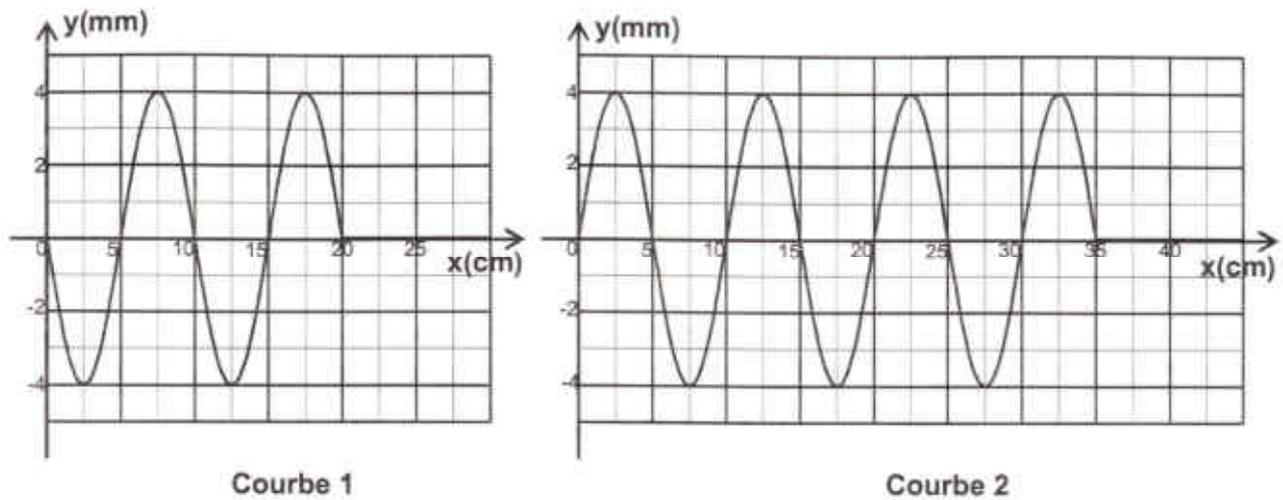
c) - Tracer l'allure du chronogramme de  $i(t)$  tout en y précisant les valeurs que prend l'intensité  $i$  respectivement à la fermeture de l'interrupteur **K** et lorsque le condensateur devient complètement chargé.

- En déduire le rôle que joue le condensateur dans le circuit, en régime permanent.

### EXERCICE 2 (3,5 points)

Une corde élastique assez longue est tendue horizontalement suivant l'axe (**Ox**) d'un repère (**Oxy**). L'extrémité **S** de cette corde est reliée à un vibreur qui lui impose un mouvement rectiligne sinusoïdal suivant l'axe (**Oy**) d'équation horaire  $y_s(t) = a \sin(2\pi Nt)$ , où **a** représente l'amplitude du mouvement et **N** la fréquence de vibration. L'onde créée au point **S** à l'instant  $t = 0 \text{ s}$ , se propage le long de la corde avec une célérité **v** constante. On suppose que la propagation de cette onde s'effectue sans amortissement.

Les courbes (1) et (2) de la figure 3 représentent l'aspect de la corde respectivement aux deux instants  $t_1$  et  $t_2$  tels que  $t_2 - t_1 = 30 \text{ ms}$ .



**Fig.3**

1. En exploitant les courbes (1) et (2), déterminer la valeur de :
  - a) la longueur d'onde  $\lambda$ ,
  - b) la célérité  $v$  de l'onde,
  - c) la fréquence  $N$  de vibration.
2. On se propose de comparer les vibrations d'un point **A** d'abscisse  $x_A = 17,5 \text{ cm}$  avec celui de **S**.
  - a) Montrer qu'à l'instant  $t_1 = 30 \text{ ms}$ , le point **A** est encore au repos.
  - b) Etablir l'équation horaire du mouvement du point **A** et en déduire le déphasage de celui-ci par rapport à **S**.
  - c) – Tracer le diagramme de  $y_S(t)$  et en déduire, dans le même système d'axes, celui de  $y_A(t)$ .  
– Retrouver graphiquement le déphasage entre **A** et **S**.

### EXERCICE 3 (3 points)

#### « Etude d'un document scientifique »

#### Le carbone 14, horloge du monde

La technique du carbone 14 permet de dater tous les fossiles d'origine organique : le bois, les charbons de bois, les ossements, l'émail dentaire...

Mais, cette technique ne s'applique pas à des matériaux âgés de plus de **50000** ans ; ils ne contiennent pratiquement plus d'atomes de radiocarbone détectables. Dans la haute atmosphère, les protons du rayonnement cosmique entrent en collision avec les molécules d'air, les neutrons créés par ces chocs interagissent avec l'azote de l'air pour produire du carbone 14. Ce dernier est instable : il est radioactif  $\beta^-$  et redevient de l'azote 14 en perdant un électron.

La demi-vie du carbone 14 a été estimée à **5568** ans : c'est-à-dire que la moitié des atomes de carbone 14 disparaît durant ce laps de temps. Un gramme de carbone contient une quantité de carbone 14 suffisante pour qu'un compteur détecte **13,56** désintégrations par minute. Un matériau dégageant **6,78** désintégrations par minute serait donc daté de **5568** ans, et **3,39** désintégrations par minute correspondraient à **11136** ans...

*D'après un article du numéro hors série (janvier – mars 2004) de la revue Pour la science*

#### Questions

1. Préciser la signification de la nomenclature "carbone 14" utilisée dans le texte.
2. Relever du texte le type de radioactivité mis en jeu dans la transformation du carbone 14 en azote 14 et écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.
3. a) Expliquer pourquoi le groupe de mots souligné dans le texte n'est pas scientifiquement correct.  
b) Le remplacer par une expression précise.
4. Interpréter l'obtention d'une activité de **3,39** désintégrations par minute au bout de **11136** ans.