

REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTERE DE L'EDUCATION ●●●●● <b>EXAMEN DU BACCALAUREAT</b> SESSION 2018	<i>Session principale</i>	
	<i>Epreuve :</i> <b>Sciences physiques</b>	<i>Section :</i> <b>Sciences techniques</b>
	Durée : <b>3h</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">◆</div> Coefficient de l'épreuve: <b>3</b>

Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

La page 5/5 est à compléter par le candidat et à rendre avec la copie.

**CHIMIE (7 points)**

**Exercice 1 (4 points)**

**Etude d'un document scientifique**

**Bref historique sur les accumulateurs**

Un accumulateur est un système physico-chimique réversible pouvant convertir l'énergie chimique en énergie électrique grâce à des réactions d'oxydoréduction.

Le premier accumulateur est l'accumulateur au plomb, mis au point par Gaston Planté en 1859. Cet accumulateur a pour principal avantage son coût peu élevé. Néanmoins, sa faible densité d'énergie massique (quantité d'énergie stockée par unité de masse) et sa faible cyclabilité (nombre de cycles charge-décharge) ne permettent pas beaucoup d'autres applications qu'un usage dans les véhicules thermiques traditionnels.

Dans les années 1900, les accumulateurs Ni-Cd sont développés, et plusieurs dérivés apparaissent comme les accumulateurs Ni-Zn, Ni-Fe ... Ces accumulateurs, commercialisés à partir des années 1940, se caractérisent par une meilleure cyclabilité, mais leurs densités d'énergie massique restent relativement faibles.

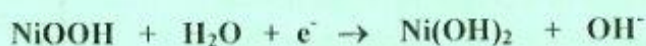
En 1988, l'accumulateur Nickel-Métal Hydrure Ni-MH, toujours dérivé de Ni-Cd, pose les bases des accumulateurs Li-ion actuels. Il utilise, comme les modèles Ni-Cd, une électrode à base de nickel, en revanche l'autre électrode est maintenant composée d'un alliage M ayant la capacité d'absorber l'hydrogène. Cet accumulateur, qui équipe aujourd'hui la plupart des véhicules hybrides, offre plusieurs avantages par rapport aux modèles précédents: ne contient ni cadmium ni plomb (deux matériaux toxiques et polluants) et permet de stocker plus d'énergie. Toutefois, sa cyclabilité est nettement inférieure à celle de Ni-Cd.



*Gaston Planté*  
1834 - 1889

*D'après un article rédigé par Marine Cagnet et Michaël Carboni, chercheurs à l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule (ICSM)*

- 1- En se référant au texte:
  - a- donner la définition d'un accumulateur ;
  - b- dégager deux caractéristiques principales d'un accumulateur ;
  - c- compléter le tableau donné à la page 5/5.
- 2- Les équations chimiques des transformations qui se déroulent au niveau des électrodes lors de la **décharge** d'un accumulateur Ni-MH sont les suivantes:



- a- Donner les couples rédox mis en jeu dans l'accumulateur Ni-MH.
- b- Ecrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique qui a lieu lors de la **charge** de cet accumulateur. Préciser s'il s'agit d'une transformation chimique spontanée ou imposée.

### Exercice 2 (3 points)

Toutes les solutions sont prises à  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , température à laquelle le produit ionique de l'eau pure est  $K_e = 10^{-14}$ . On dispose, au laboratoire de chimie, de trois solutions aqueuses ( $S_1$ ), ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ) de même concentration molaire  $C_0$ , obtenues respectivement par dissolution dans l'eau des monobases  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$ .

À un volume  $V_B = 20\text{ mL}$  de chacune des trois solutions, on ajoute progressivement une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (acide fort) de concentration molaire  $C_A = C_0$  et on relève régulièrement le pH du mélange réactionnel. Les résultats des dosages effectués, pour quelques valeurs du volume  $V_A$  de la solution de chlorure d'hydrogène ajoutée, sont consignés dans le tableau suivant:

	$V_A$ (mL)	0	5	10	15	20	25
Dosage de ( $S_1$ )	pH du mélange réactionnel	10,6	9,7	9,2	8,7	5,7	2,9
Dosage de ( $S_2$ )	pH du mélange réactionnel	12,0	11,8	11,5	11,1	7,0	2,9
Dosage de ( $S_3$ )	pH du mélange réactionnel	11,3	10,9	10,6	10,2	6,5	2,9

- 1- Montrer que, pour les trois dosages effectués, l'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume  $V_{AE} = 20\text{ mL}$  de la solution de chlorure d'hydrogène ajoutée.
- 2- En exploitant le tableau précédent:
  - a- montrer que la base  $B_2$  est forte, alors que les bases  $B_1$  et  $B_3$  sont faibles ;
  - b- déterminer les valeurs des  $pK_a$  des couples auxquels appartiennent les deux bases faibles  $B_1$  et  $B_3$ .
- 3- a- Déduire la valeur de  $C_0$ .  
b- Comparer, en le justifiant, la force des bases  $B_1$  et  $B_3$ .

### PHYSIQUE (13 points)

#### Exercice 1 (7,5 points)

*Les parties I et II peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.*

Lors d'une séance de travaux pratiques, on met à la disposition de deux groupes d'élèves, le matériel suivant: une pile (P) de fem  $E$  et de résistance interne  $r$  (qui peut être modélisée par l'association en série d'un générateur idéal de tension de fem  $E$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $r$ ), un conducteur ohmique de résistance  $R$ , un condensateur de capacité  $C = 50\text{ }\mu\text{F}$  initialement déchargé, une bobine d'inductance  $L = 0,08\text{ H}$  et de résistance négligeable, un interrupteur (K) et un oscilloscope à mémoire.

Le but de la séance est de déterminer expérimentalement les valeurs de  $E$ ,  $r$  et  $R$ .

I- Pour ce faire, les élèves du premier groupe réalisent le circuit électrique de la figure 1.

Afin d'enregistrer simultanément l'évolution temporelle de la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique et de la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur, ils relient la masse de l'oscilloscope et ses entrées  $Y_1$  et  $Y_2$ , respectivement, aux points M, B et D du circuit. Ensuite, ils appuient sur le bouton inversion de l'entrée  $Y_2$ . À un instant pris comme origine des temps, ils ferment l'interrupteur (K). L'oscilloscope enregistre alors, les courbes  $e_1$  et  $e_2$  de la figure 2 de la page 5/5.

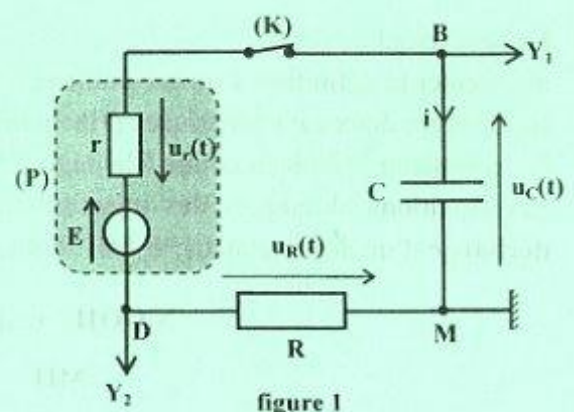


figure 1

- 1- a- Justifier l'inversion faite sur l'entrée  $Y_2$  de l'oscilloscope.  
b- Identifier, parmi les courbes  $e_1$  et  $e_2$ , celle qui correspond à l'évolution de la tension  $u_C(t)$ . Justifier.

2- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution, au cours du temps, de la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur s'écrit:  $E = u_C(t) + \tau \frac{du_C(t)}{dt}$  ; où  $\tau$  est la constante de temps du circuit que l'on exprimera en fonction de  $R$ ,  $r$  et  $C$ .

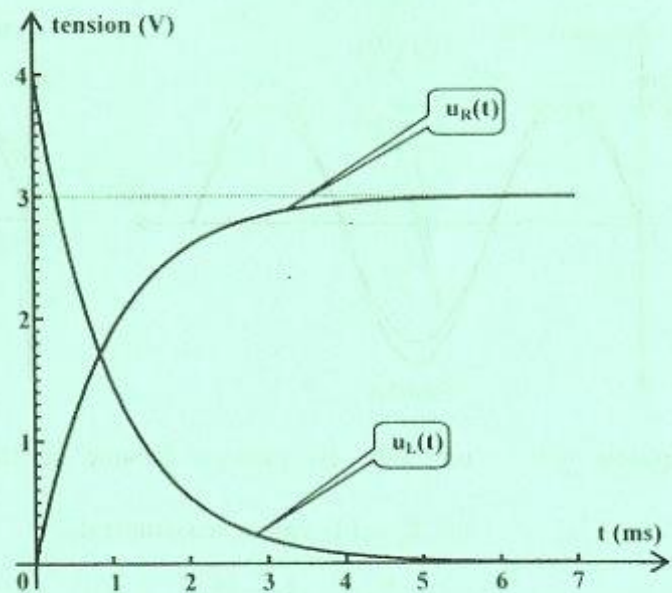
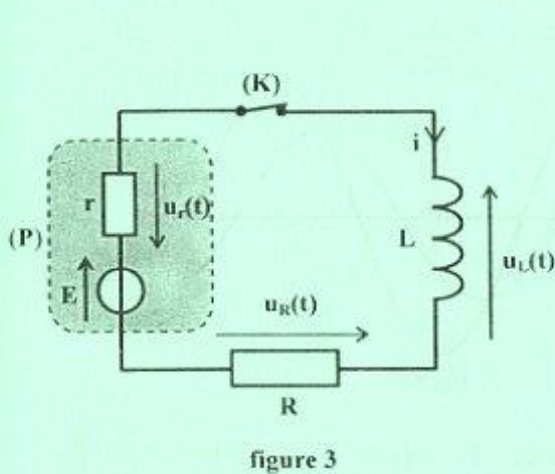
3- En exploitant les courbes  $\mathcal{C}_i$  et  $\mathcal{C}_r$ , de la figure 2 de la page 5/5, déterminer:

- la valeur de la fem  $E$  de la pile ;
- la valeur de la constante de temps  $\tau$  ;
- la valeur  $U_0$  de la tension  $u_R(t)$  à l'instant  $t = 0$ .

4- a- Montrer que:  $\frac{r}{R} = \frac{E}{U_0} - 1$ .

b- Dédire les valeurs de  $R$  et  $r$ .

II- Les élèves du deuxième groupe, quant-à eux, réalisent le circuit électrique de la figure 3. Puis, ils visualisent simultanément sur l'écran de l'oscilloscope les courbes traduisant l'évolution au cours du temps des tensions  $u_R(t)$  et  $u_L(t)$ , respectivement aux bornes du conducteur ohmique et aux bornes de la bobine. Ces courbes sont représentées sur la figure 4 ; l'origine des temps étant l'instant de la fermeture de  $(K)$ .



L'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité  $i(t)$  du courant traversant le circuit est:

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_1} i(t) = \frac{E}{L} \quad ; \quad \text{avec} \quad \tau_1 = \frac{L}{R_0} \quad \text{et} \quad R_0 = R + r.$$

1- L'équation différentielle précédente admet une solution de la forme:  $i(t) = A \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$ .

a- Déterminer l'expression de  $A$  en fonction de  $E$  et  $R_0$ .

b- En déduire l'expression de chacune des tensions  $u_R(t)$  et  $u_L(t)$ .

2- En exploitant les courbes de la figure 4, déterminer:

- la valeur de la fem  $E$  de la pile ;
- la valeur  $U_{Rp}$  de la tension  $u_R(t)$  en régime permanent ;
- la valeur de la constante de temps  $\tau_1$  ;  $\tau_1$  étant la durée au bout de laquelle la tension aux bornes du conducteur ohmique atteint 63% de sa valeur maximale.

3- Dédire de ce qui précède, les valeurs de  $R_0$ ,  $A$ ,  $R$  et  $r$ .

**Exercice 2 (5,5 points)**

Le filtre électrique passe bande schématisé sur la **figure 5** est constitué, montés en série, d'un condensateur de capacité  $C = 2,5 \mu\text{F}$ , d'une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $R$ . L'entrée de ce filtre est alimentée par un générateur basses fréquences délivrant une tension alternative sinusoïdale  $u_E(t) = U_{E\text{max}} \sin(2\pi Nt + \varphi_E)$  d'amplitude  $U_{E\text{max}}$  constante et de fréquence  $N$  réglable.

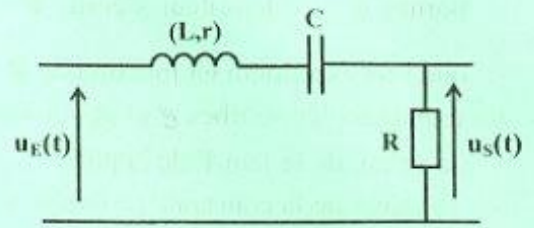


figure 5

À la sortie de ce filtre, prise aux bornes du conducteur ohmique, on recueille une tension  $u_S(t)$  également sinusoïdale, de même fréquence  $N$  que la tension d'entrée, de phase initiale  $\varphi_S$  et d'amplitude  $U_{S\text{max}} = T \cdot U_{E\text{max}}$  ;  $T$  étant la transmittance de ce filtre.

Un oscilloscope bicourbe, convenablement branché, permet de visualiser simultanément les tensions  $u_E(t)$  et  $u_S(t)$ . Pour deux valeurs  $N_1 = 159 \text{ Hz}$  et  $N_2 = 125 \text{ Hz}$  de la fréquence  $N$  de la tension d'entrée, on obtient les courbes représentées, respectivement, sur la **figure 6** et sur la **figure 7**.

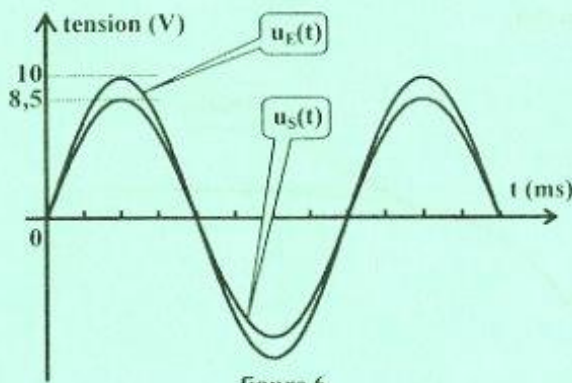


figure 6

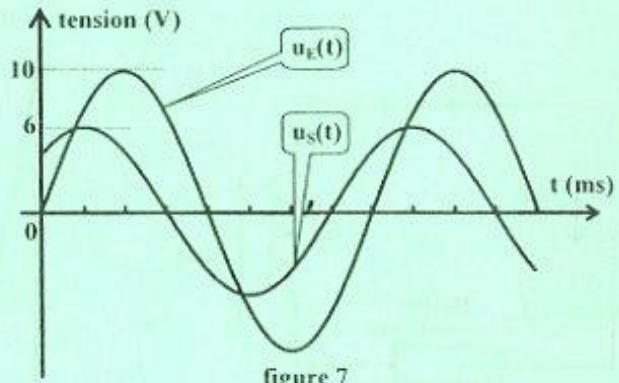


figure 7

On rappelle que: - un filtre est passant lorsque sa transmittance  $T$  vérifie la condition  $T \geq \frac{T_0}{\sqrt{2}}$  ;

où  $T_0$  est la valeur maximale de  $T$  ;

-  $Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{1}{R+r} \sqrt{\frac{L}{C}}$  ; où  $Q$  et  $\Delta N$  désignent respectivement, le facteur de qualité et

la largeur de la bande passante du filtre.  $N_0$  étant la fréquence propre du circuit.

- 1- En exploitant les courbes de la **figure 6** et de la **figure 7**:
  - a- justifier que  $N_1$  correspond à la fréquence propre  $N_0$  du circuit. En déduire la valeur de  $L$  ;
  - b- calculer les valeurs  $T_1$  et  $T_2$  de la transmittance  $T$  du filtre qui correspondent, respectivement, à la valeur  $N_1$  et à la valeur  $N_2$  de la fréquence  $N$  de la tension d'entrée.
- 2- Justifier que  $T_1$  correspond à la transmittance maximale  $T_0$  de ce filtre. Vérifier alors que  $N_2$  est une fréquence de coupure pour ce filtre.
- 3- a- Montrer que la transmittance maximale  $T_0$  de ce filtre est donnée par la relation:  $T_0 = \frac{R}{R+r}$ .
  - b- En déduire que:  $R = \frac{17}{3} r$ .
- 4- a- Déterminer, à partir de la **figure 7**, le déphasage  $\Delta\varphi = (\varphi_E - \varphi_S)$ . En déduire que:  $R+r = 195 \Omega$ .
  - b- Déduire les valeurs de  $r$  et  $R$ .
- 5- a- Déterminer la largeur  $\Delta N$  de la bande passante du filtre étudié.
  - b- En déduire la valeur  $N_3$  de la deuxième fréquence de coupure de ce filtre.

Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants



Épreuve: sciences physiques- Section: sciences techniques- Session principale - 2018

Feuille à compléter par le candidat et à rendre avec la copie

Type d'accumulateur	Avantage(s)	Inconvénient(s)
Plomb	- .....	- toxique et polluant - ..... - .....
Ni-Cd	- .....	- faible densité d'énergie - .....
Ni-MH	- non toxique et non polluant - .....	- .....

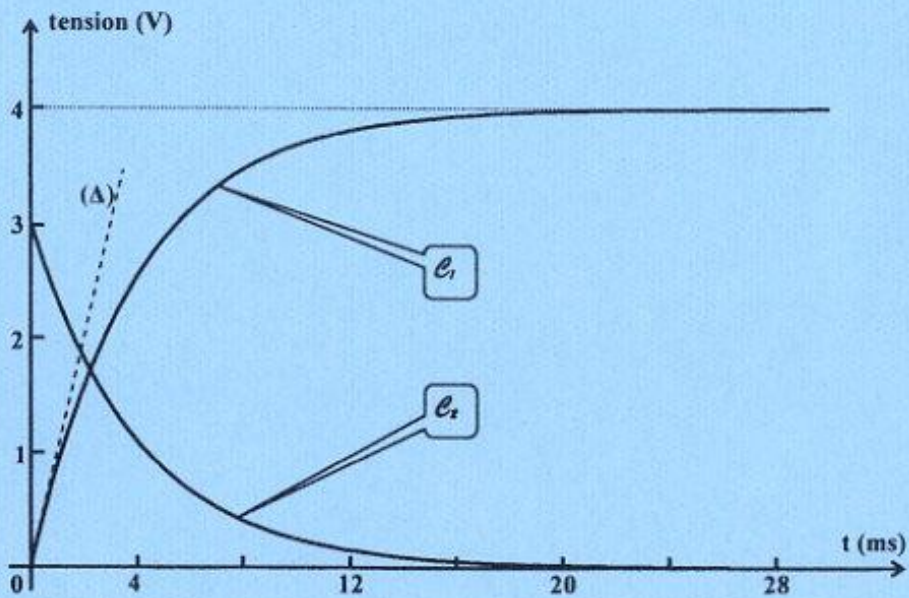
 $(\Delta)$  est tangente à la courbe  $(e_1)$  au point d'abscisse  $t = 0$ .

figure 2