

NOM :  
Prénom :

## TS5 DS du samedi 20 janvier 2007



### Epreuve sans calculatrice



#### I- Le flash électronique (5 points)

Un flash électronique d'appareil photo est alimenté par deux piles de 1,5 volts. Un oscillateur basse tension transforme le courant continu en courant alternatif. Un petit transformateur élève la tension qui est ensuite redressée au moyen d'une diode. Cette tension redressée permet de charger un condensateur de capacité  $C = 150 \mu F \pm 10\%$  à une tension de  $U = 200$  volts.

##### 1) Étude du flash.

- Donner l'expression de l'énergie électrique  $E_e$  stockée dans le condensateur de ce flash lorsqu'il est chargé.
- Calculer sa valeur numérique.
- La décharge rapide dans la lampe à éclats provoque un éclair d'une durée d'environ une milliseconde. Quelle est la valeur numérique de la puissance électrique  $P_e$  consommée durant cet éclair ?

##### 2) Étude expérimentale du circuit RC.

Pour vérifier la valeur de la capacité  $C$  de ce condensateur, un élève a réalisé le montage ci-contre.

La résistance  $R$  a une grande valeur et le générateur de tension continue a pour force électromotrice  $E = 12$  V.

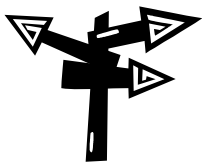
- Etablir l'équation différentielle que vérifie  $q$  à la charge.

- La solution est du type  $q(t) = Q(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ . Que représente  $Q$  ? Quelle est son expression en fonction des paramètres  $E$ ,  $R$  et  $C$  du circuit ?
- Retrouver l'expression de  $\tau$  en fonction de  $R$  et  $C$ .

A la date  $t = 0$ , il ferme le circuit et note les intensités dans le circuit toutes les 10 secondes :

| $t$ (s)         | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60  | 70  | 80  | 90  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $i$ ( $\mu A$ ) | 54,0 | 40,6 | 30,6 | 23,0 | 17,4 | 13,1 | 9,8 | 7,3 | 5,6 | 4,2 |

- Indiquer sur le schéma du montage, les polarités de l'ampèremètre.
- Sachant que le condensateur est déchargé à la date  $t = 0$ , en appliquant la loi des tensions dans le circuit, trouver l'expression de la résistance  $R$  utilisée dans ce montage. Donner un ordre de grandeur de sa valeur.
- Tracer sur une feuille de papier millimétré la courbe  $i = f(t)$  à partir du tableau de mesures ci-dessus.  
On prendra 2 cm pour 10 s en abscisse et 2 cm pour 10  $\mu A$  en ordonnée.
- A partir de l'expression de  $q(t)$ , trouver la loi d'évolution de  $i(t)$  au cours du temps. Montrer que le graphe tracé est en accord avec cette loi.



#### II- Questionnaire à choix multiples (4 points)

Un exercice comporte 4 affirmations numérotées a ; b ; c ; d. Pour chacune d'elles indiquer si elle est vraie (V) ou fausse (F). Justifier chaque choix.

##### Exercice 1 :

Le montage ci-contre comprend :

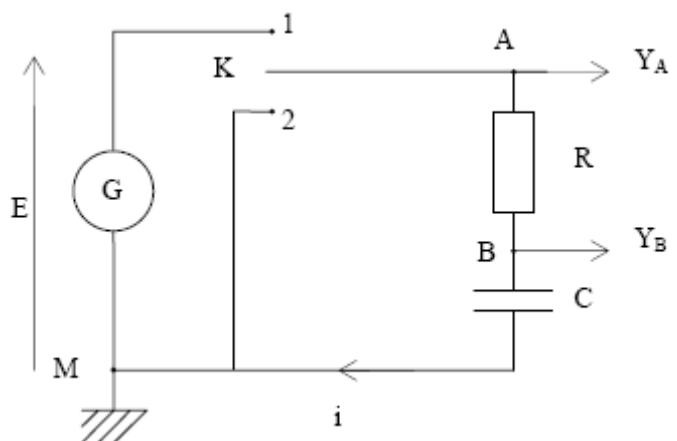
- un générateur idéal de tension  $E = 6$  V, un
- conducteur ohmique de résistance  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,
- un condensateur de capacité  $C$  initialement déchargé
- et un interrupteur  $K$  à deux positions

$Y_A$  et  $Y_B$  sont les entrées d'une carte d'acquisition d'un ordinateur.

On bascule l'interrupteur  $K$  en position 1.

- La voie  $Y_A$  détecte la tension aux bornes du conducteur ohmique.
- En basculant l'interrupteur en position 1, le condensateur se charge.
- La valeur de la tension en fin de charge aux bornes du condensateur est inférieure à 6 V.
- A chaque instant l'intensité  $i(t)$  est donnée par la relation.

$$i(t) = \frac{u_{AB}(t)}{R}$$



## Exercice n°2

On considère que le circuit électrique d'un appareil jetable avec flash incorporé est donné par le schéma ci-contre. Ce circuit permet d'obtenir un éclair intense bien que l'alimentation soit constituée uniquement de 4 piles (LR6) de 1.5 V chacune, en série.

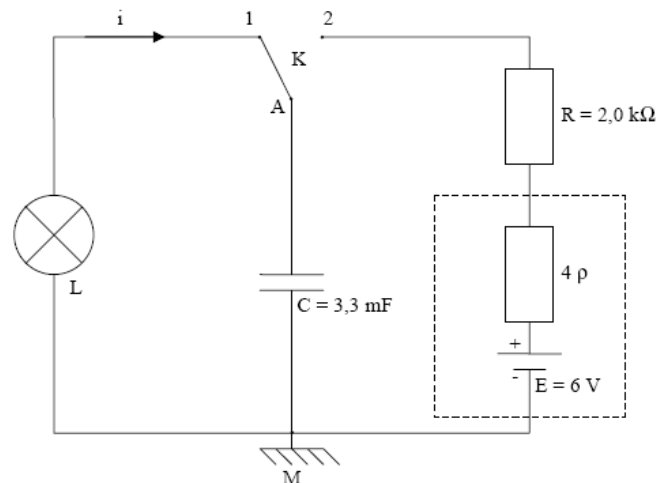
Chaque pile a une résistance interne  $\rho = 0,15 \, \Omega$ .

Les piles ne peuvent débiter une intensité supérieure à 500 mA sans être rapidement détériorées.

On considérera que la lampe se comporte comme un conducteur ohmique de résistance  $r = 0,10 \, \Omega$ .

Après avoir été en position 2 jusqu'à la charge complète du condensateur, le commutateur K est basculé en position 1.

**Données :**  $\exp(-5) \cong 6,7 \cdot 10^{-3}$  ;  $\exp(-1) \cong 0,37$



a) La puissance la plus élevée fournie par l'alimentation au début de la charge est de 3 W.

b) Au bout d'une durée  $t = \tau_c$  (avec  $\tau_c$ , constante de temps de la charge), le condensateur est chargé à plus de 50%.

c) La constante de temps  $\tau_d$  de la décharge du condensateur est de 0,33 s.

d) Au bout du temps  $t = \tau_d$ , l'énergie restituée par le condensateur est  $W_e = \frac{1}{2} CE^2$ .



## III- étude d'un dipôle RL (6 points)

On se propose d'étudier l'établissement du courant dans un dipôle comportant une bobine et un conducteur ohmique lorsque celui-ci est soumis à un échelon de tension de valeur E.

Le conducteur ohmique a une résistance R.

La bobine sans noyau de fer doux, a une inductance L ; sa résistance r est négligeable devant R.

Les valeurs de E, R, L sont réglables.

On dispose d'un système d'acquisition de données et d'un logiciel adapté pour le traitement des données.

On réalise le montage ci-contre :

On réalise une première expérience (expérience A) pour laquelle les réglages sont les suivants :

$L = 0,10 \, \text{H}$  ;  $R = 1,0 \, \text{k}\Omega$  ;  $E = 6,0 \, \text{V}$ .

À l'instant de date  $t = 0 \, \text{s}$ , on ferme l'interrupteur K.

### 1. Étude analytique de l'établissement du courant.

1.1. Quelle relation lie E et  $U_{AC}$  ?

1.2. Exprimer  $u_{AC}$  en fonction de R, L,  $i(t)$  et  $di/dt$ .

1.3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant  $i(t)$ .

1.4. Quelle est l'expression de l'intensité I du courant en régime permanent ? Calculer sa valeur.

### 2. Suivi de l'évolution de l'intensité $i(t)$ du courant en fonction du temps.

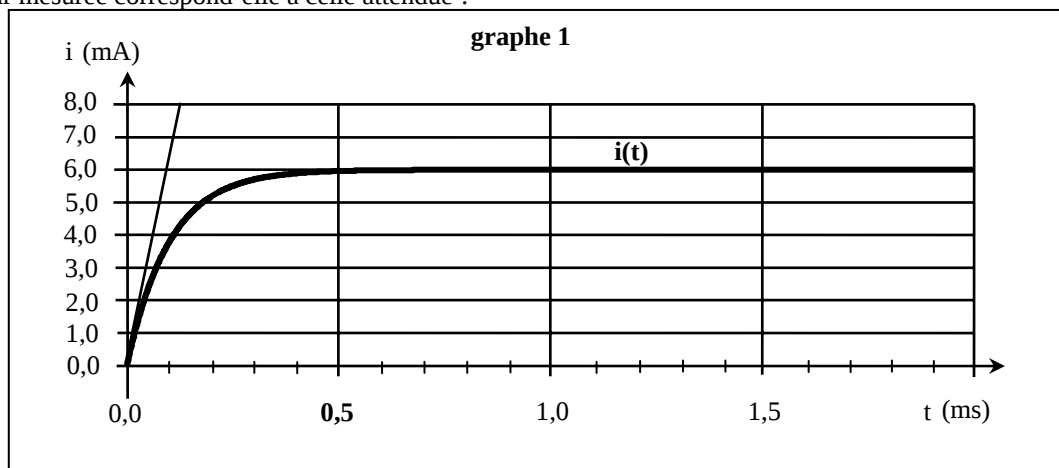
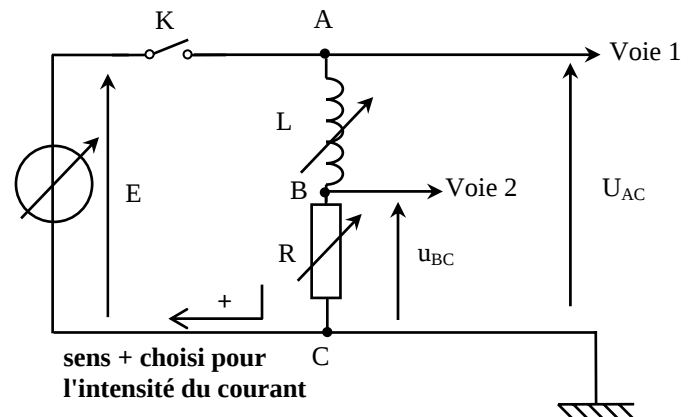
2.1. Quelle tension doit-on enregistrer et quelle opération doit-on demander au logiciel pour réaliser cette observation ? Justifier la réponse.

On obtient le graphe 1 ci-après (la tangente à la courbe au point origine est tracée)

2.2. Déterminer graphiquement la valeur I de l'intensité du courant en régime permanent (la construction doit apparaître sur le graphique)

2.3. Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$  du dipôle RL étudié en explicitant la démarche.

2.4. La valeur théorique est  $\tau = L/R$ . Montrer, par une analyse dimensionnelle que cette grandeur est bien homogène à un temps. La valeur mesurée correspond-elle à celle attendue ?

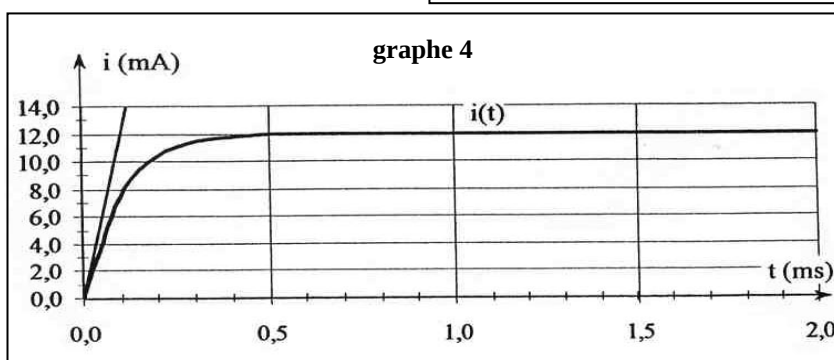
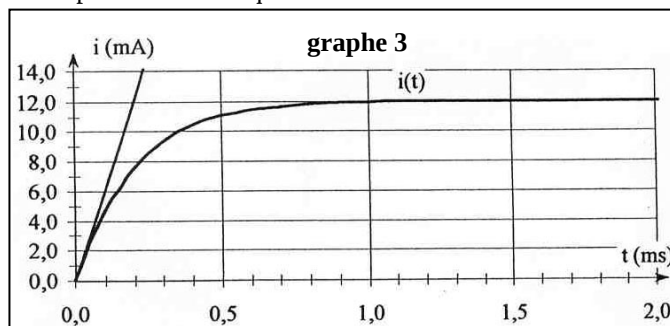
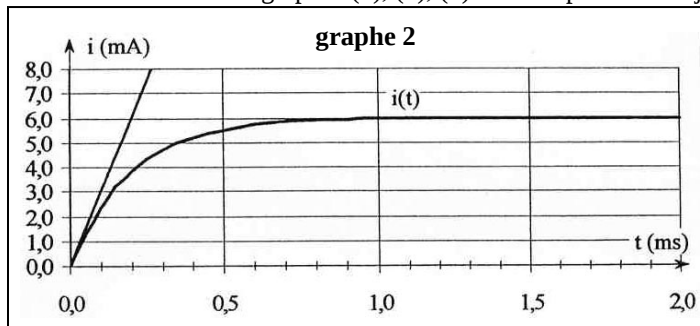


### 3. Influence de différents paramètres.

Afin d'étudier l'influence de différents paramètres, on réalise trois autres expériences en modifiant chaque fois l'un de ces paramètres. Le tableau suivant récapitule les valeurs données à E, R et L lors des quatre acquisitions.

|              | E (V) | R (k $\Omega$ ) | L (H) |
|--------------|-------|-----------------|-------|
| Expérience A | 6,0   | 1,0             | 0,10  |
| Expérience B | 12,0  | 1,0             | 0,10  |
| Expérience C | 6,0   | 0,50            | 0,10  |
| Expérience D | 6,0   | 1,0             | 0,20  |

Associer chacun des graphes (2), (3), (4) à une expérience en justifiant précisément chaque choix.



### IV- De la cuisine à la chimie (15 points)

La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...).

On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...).

On peut en citer quelques-uns parmi les plus connus et les meilleurs :

- l'artichaut (...)
- la betterave rouge (...)

- le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH :

|         |       |        |      |      |       |
|---------|-------|--------|------|------|-------|
| pH      | 0-3   | 4-6    | 7-8  | 9-12 | 13-14 |
| couleur | rouge | violet | bleu | vert | jaune |

d'après Chimie des couleurs et des odeurs

#### 1°) Des indicateurs colorés en cuisine.

Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit.

Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises: chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre.

Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier : versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte. En utilisant les textes ci-dessus

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

#### 2°) Des indicateurs colorés pour les titrages.

De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages. Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanóique de formule  $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$  (noté HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore. La base conjuguée de cet acide sera notée  $\text{A}^-$

##### 2.1. Dilution du vinaigre.

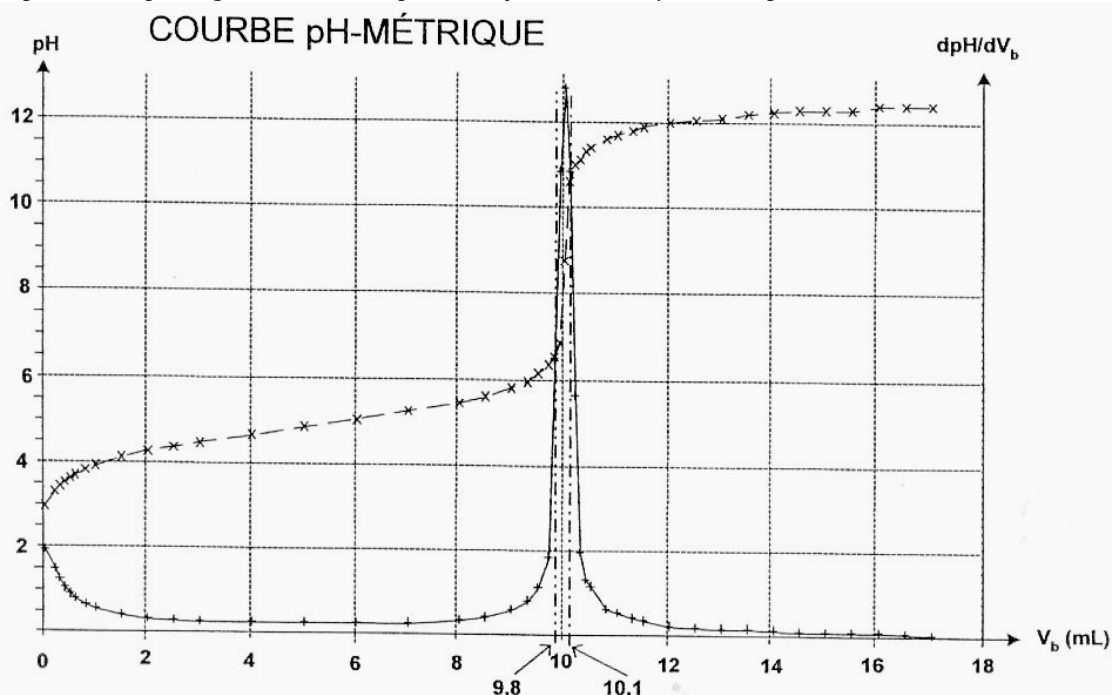
Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

|                    |          |          |          |          |        |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| Éprouvettes :      | 5 mL     | 10 mL    | 25 mL    | 50 mL    | 100 mL |
| Pipettes jaugées : | 1,0 mL   | 5,0 mL   | 10,0 mL  | 20,0 mL  |        |
| Fioles jaugées :   | 150,0 mL | 200,0 mL | 250,0 mL | 500,0 mL |        |
| Béchers :          | 100 mL   | 250,0 mL | 500,0 mL |          |        |

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier. Indiquer le protocole.

## 2.2. Réaction de titrage.

On titre un volume  $V_A = 10,0$  mL de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté  $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . On ajoute un volume  $V_{\text{eau}} = 60$  mL afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation. Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe ci-dessous



2.2.1 Faire le schéma légendé du dispositif

2.2.2 Quelles doivent être les caractéristiques de la réaction de titrage ?

On cherche à vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale. Pour cela, on détermine son taux d'avancement final pour un volume  $V_B = 6,0$  mL de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

Donnée : produit ionique de l'eau à 25°C  $K_e = 10^{-14}$

2.2.3. Écrire l'équation associée à la réaction de titrage.

2.2.4. Pour  $V_B = 6,0$  mL, déterminer le réactif limitant.

2.2.5. Pour  $V_B = 6,0$  mL, déterminer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$ . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.6. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation ( $n_{\text{HO}^-}$ )<sub>f</sub> dans le volume total de mélange réactionnel.

2.2.7. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

## 2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté du vinaigre.

2.3.1. Déterminer graphiquement le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

2.3.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté  $c_A$  dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté  $c_0$  du vinaigre commercial.

## 2.4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée  $HA_{\text{Ind}}$  pour sa forme acide et  $A_{\text{Ind}}^-$  pour sa forme basique. Le  $pK_A$  des couples  $HA_{\text{Ind}}/A_{\text{Ind}}^-$  sera noté  $pK_i$ .

On donne les valeurs des  $pK_i$  à 25°C ainsi que les couleurs des différentes espèces

|                                         | Artichaut | Betterave |
|-----------------------------------------|-----------|-----------|
| $pK_i$                                  | 7,5       | 11,5      |
| Teinte pour $HA_{\text{Ind}}$ dominant  | incolore  | rouge     |
| Teinte pour $A_{\text{Ind}}^-$ dominant | jaune     | jaune     |

2.4.1. En utilisant l'expression de la constante d'acidité  $K_i$ , montrer que la relation suivante est vérifiée :  $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_i}$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels. La courbe pH-métrique montre que, pour  $V_B = 9,8$  mL, le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour  $V_B = 10,1$  mL, il est voisin de 10,5.

2.4.2. Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes  $V_B$ , déterminer la valeur du rapport  $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}$

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. On pourra présenter l'ensemble des résultats dans un tableau

2.4.4. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?