

## Devoir Surveillé de Physique - Chimie n°4 - Samedi 9 décembre 2016 -

*Durée : 3h00.*

*Les calculatrices sont autorisées.*

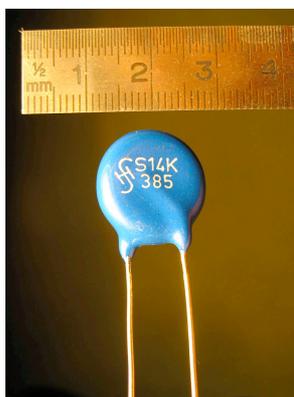
*Les quatre exercices sont indépendants. Tout résultat donné dans l'énoncé peut-être utilisé dans les questions suivantes, même si vous n'avez pas su le démontrer.*

*La feuille annexe (qui sert pour l'exercice 1) est à détacher et à rendre avec votre copie.*

*Soignez la rédaction et la présentation.*

### **Exercice 1 : Etude d'une résistance non linéaire (RNL) :**

La « résistance non linéaire » ou « varistance » est un composant électronique passif non linéaire, souvent utilisé pour protéger d'autres dipôles contre des surtensions transitoires qui peuvent apparaître dans les circuits.



*Figure 1 : une RNL fabriquée par la compagnie allemande Siemens.*

On étudie dans cet exercice une RNL pouvant recevoir une puissance maximale  $P_{\max} = 1,0 \text{ W}$  sans être détruite.

La caractéristique ( $i$  en fonction de  $u$ ) de cette RNL, en convention récepteur, a été mesurée expérimentalement, et on a obtenu la courbe donnée en annexe (vous devrez rendre cette annexe avec votre copie).

On veut tester s'il existe une loi de puissance entre  $u$  et  $i$  de la forme  $i = k u^n$ , où  $k$  et  $n$  sont deux constantes.

- 1) a) Quelle courbe doit-on tracer pour vérifier si cette loi est valable et déterminer  $n$  et  $k$  ?  
b) À l'aide de la feuille de papier millimétré fournie avec l'énoncé et en utilisant 6 points expérimentaux (que vous choisirez au hasard sur la caractéristique), tracez la courbe en question. La loi de puissance est-elle valable ? Si oui, quelles sont les valeurs de  $n$  et de  $k$  ? (on supposera que  $n$  est un entier).
- 2) Exprimer en fonction de  $P_{\max}$ ,  $k$  et  $n$  les valeurs maximales de  $u$  et  $i$  admissibles par la RNL. Faites l'application numérique et placez le point sur la caractéristique. Hachurez sur la caractéristique le domaine de valeurs de  $u$  et  $i$  interdites.
- 3) On connecte la RNL à une source réelle de tension de force électro-motrice  $E = 100 \text{ V}$  et de résistance interne  $R = 10,0 \text{ k}\Omega$ .

a) Déterminer graphiquement l'intensité  $i_0$  du courant qui traversera alors la RNL ainsi que la tension  $u_0$  qu'elle aura à ses bornes.

b) Calculer la résistance *statique*  $R_S$  de la RNL en ce point, définie par  $R_S = \frac{u_0}{i_0}$ .

c) Calculer la résistance *dynamique*  $R_D$  de la RNL en ce point définie par  $R_D = \left( \frac{du}{di} \right)_{i=i_0}$ .

4) On suppose que la tension générée par la source varie de  $E$  à  $E + \delta E$  (où  $E = 100$  V et  $\delta E = 10$  V). La tension aux bornes de la RNL varie alors de  $u$  à  $u + \delta u$ .

a) Déterminer graphiquement  $\delta u$ .

b) Retrouver le résultat précédent en utilisant la résistance dynamique.

c) En déduire que la tension aux bornes de la RNL est stabilisée par rapport à la tension aux bornes de la source, c'est à dire que la variation *relative* de  $u$  est plus faible que celle de  $E$ .

## **Exercice 2 : Etude du flash d'un appareil photographique :**

Le fonctionnement du flash électronique des appareils photographiques actuels repose sur la génération d'un éclair lumineux dans un tube à décharge.

Il s'agit d'un tube de quartz dans lequel on a placé un gaz (du xénon) entre deux électrodes métalliques.

Ces deux électrodes sont reliées à un condensateur de capacité  $C$  chargé sous quelques centaines de volts.

Le gaz du tube à décharge n'est a priori pas conducteur. Cependant, lorsqu'une forte tension est appliquée entre ses électrodes, l'ionisation des atomes de xénon qui en résulte abaisse la résistance du tube, qui devient alors équivalent à un conducteur de résistance  $R_T$  dans lequel le condensateur  $C$  peut se décharger.

On utilise le circuit de la figure 2 pour expliquer la formation d'un éclair dans le tube.

On considère que la tension  $E$  appliquée est une tension continue de valeur  $E = 300$  V.

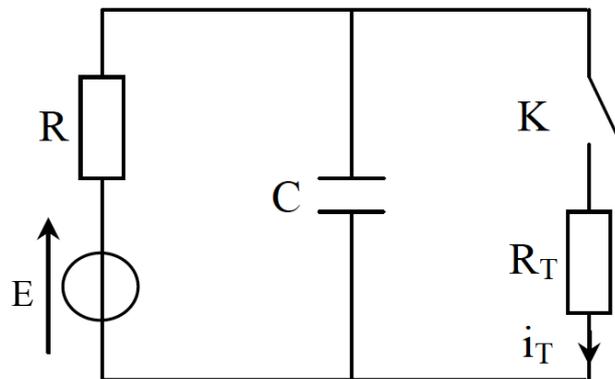


Figure 2 : circuit électrique permettant de modéliser le flash d'un appareil photographique

1) Le régime permanent étant atteint pour  $t < 0$  (avec l'interrupteur ouvert), on ferme l'interrupteur  $K$  à l'instant  $t = 0$ .

a) Déterminer l'expression de  $i_T(0^+)$ , c'est à dire juste après avoir fermé l'interrupteur.

b) Déterminer l'expression de  $i_T(+\infty)$ , c'est à dire lorsque le régime permanent est atteint avec l'interrupteur fermé.

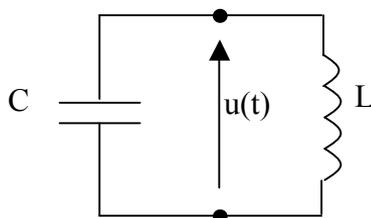
2) Déterminer l'équation différentielle satisfaite par  $i_T(t)$  pour  $t > 0$ . On y fera apparaître la constante de temps  $\tau = \frac{RR_T C}{R + R_T}$ .

3) En déduire l'expression de  $i_T(t)$  pour  $t > 0$ , en fonction de  $E$ ,  $R$ ,  $R_T$ ,  $t$  et  $\tau$ .

- 4) Tracer l'allure de  $i_r(t)$  (pour  $t < 0$  et  $t > 0$ ) et expliquer la génération d'un éclair lors de la fermeture de l'interrupteur K.
- 5) Etude énergétique :
- Donner l'expression de l'énergie accumulée dans le condensateur avant la fermeture de l'interrupteur.
  - On souhaite générer un flash d'une puissance moyenne égale à 4,0 W et d'une durée de 0,10 s. Calculer l'énergie devant être stockée dans le condensateur.
  - Déterminer un ordre de grandeur de la valeur de la capacité C nécessaire. Commenter ce résultat.

### **Exercice 3 : Circuit L – C idéal et réel :**

On connecte (à  $t = 0$ ) un condensateur de capacité  $C = 1,0$  nF, initialement chargé (de tension initiale à ses bornes  $u(0^-) = E = 10$  V) à une bobine d'inductance  $L = 1,0$  mH :



- Etablir l'équation différentielle satisfaite par la tension  $u(t)$  pour  $t > 0$ .
- Résoudre cette équation différentielle en tenant compte des conditions initiales, et représenter la fonction  $u(t)$ . Calculer la période de cette fonction (vous donnerez sa valeur numérique).
- Expliquez qualitativement mais précisément ce qui se passe dans ce circuit et pourquoi on observe des oscillations.

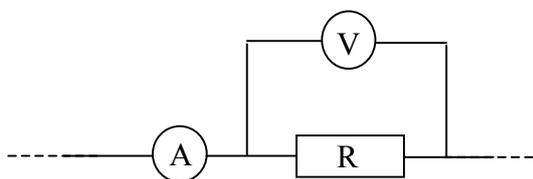
Un circuit LC comme celui étudié aux questions précédentes ne peut pas exister en pratique car les dipôles et les fils ont tous une résistance (faible mais non nulle). On tient à présent compte de cette résistance en rajoutant dans le circuit une résistance  $r = 10 \Omega$  (en série avec les autres dipôles).

- Ecrire la nouvelle équation différentielle satisfaite par la tension  $u(t)$  *aux bornes du condensateur* pour  $t > 0$ . On fera apparaître la pulsation propre  $\omega_0$  et le facteur de qualité Q du circuit (vous calculerez la valeur numérique de Q).
- Résoudre cette équation différentielle en tenant compte des conditions initiales et tracez l'allure de  $u(t)$ .
  - Calculez la pseudo-période (expression littérale et valeur numérique) et comparez la avec la période obtenue à la question 2 lorsqu'on négligeait la résistance.
  - Combien de temps faut-il attendre pour que la tension aux bornes du condensateur soit constamment inférieure à 5% de sa valeur initiale ?
  - Combien de pseudo-oscillations ont-elles eu lieu pendant ce temps ? Commentaire ?

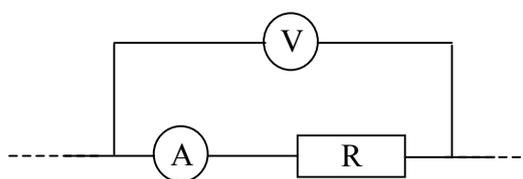
#### Exercice 4 : Mesure d'une résistance :

Pour mesurer la valeur d'une résistance inconnue, on peut lui appliquer une tension à l'aide d'une source et mesurer simultanément (à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre), la tension à ses bornes ainsi que l'intensité qui la traverse. *La valeur mesurée de la résistance, que l'on notera  $R_{mes}$  est égale au rapport de la tension lue sur le voltmètre par l'intensité lue sur l'ampèremètre.*

Pour cela on a le choix entre deux montages, dits « à courte dérivation » et « à longue dérivation ».



Montage « courte dérivation »



Montage « longue dérivation »

Dans la suite, on modélisera l'ampèremètre comme une résistance  $R_A$  (très faible, de l'ordre de quelques Ohms) et le voltmètre comme une résistance  $R_V$  (très grande, de l'ordre de quelques Méga-Ohms).

- 1) Dans le cas du montage « courte dérivation », exprimer la valeur mesurée  $R_{mes}$  de la résistance en fonction de sa valeur réelle  $R$  et de la résistance  $R_V$  du voltmètre.
- 2) Dans le cas du montage « longue dérivation », exprimer la résistance mesurée  $R_{mes}$  en fonction de la valeur réelle  $R$  et de la résistance interne  $R_A$  de l'ampèremètre.
- 3) En déduire dans quel cas on devra plutôt utiliser un montage courte dérivation et dans quel cas il faudra privilégier un montage longue dérivation.

**Annexe : caractéristique expérimentale de la RNL  
(graphe à compléter et à rendre avec votre copie)**

**Remarque :** Notez bien que l'on a tracé  $i$  en fonction de  $u$  (et pas l'inverse).

