

# ÉLECTRICITÉ

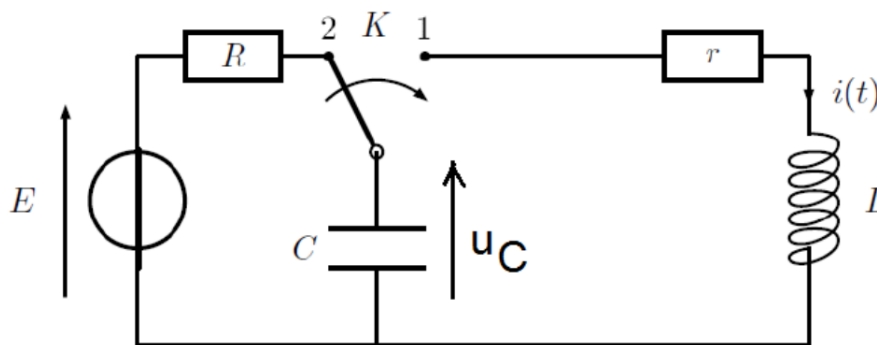
Soignez la présentation et la rédaction, qui doit être complète et concise. Tout résultat doit être justifié, et mis en valeur. Les résultats littéraires doivent être homogènes. Les résultats numériques doivent avoir un nombre de chiffres significatifs vraisemblable. Les schémas doivent être clairs, suffisamment grands et lisibles. Si vous n'arrivez pas à montrer un résultat, admettez-le clairement et poursuivez.

## CALCULATRICES AUTORISÉES

Les deux parties sont totalement indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre de votre choix.

### I. Champ mégagauss

La génération de champs magnétiques intenses, de l'ordre du méga gauss (1 méga gauss = 100 tesla, soit plus de  $10^6$  fois le champ magnétique terrestre), est un enjeu pour sonder les propriétés de la matière. Le Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI, à Toulouse), utilise la décharge de condensateurs dans une bobine mono-spire pour créer des champs allant jusqu'à 250 teslas. Le principe de fonctionnement de ce dispositif « mégagauss » est représenté ci-dessous.



Le générateur a pour force électromotrice  $E = 30 \text{ kV}$ . Le condensateur a une capacité  $C = 120 \mu\text{F}$ . La bobine mono-spire qui crée le champ magnétique (qui est proportionnel à l'intensité  $i(t)$  du courant la traversant), a pour inductance  $L = 10 \text{ nH}$  et pour résistance  $r = 10 \text{ m}\Omega$ .

Le condensateur est d'abord déchargé et on place l'interrupteur ( $K$ ) en position 2 jusqu'à sa charge complète.

1. Quel est l'état du circuit lorsque le condensateur est totalement chargé? On précisera pour cela, sur un schéma, les valeurs des différentes tensions et intensités du circuit complet.
2. Établir l'expression de l'énergie  $W_C$  reçue par le condensateur pendant l'intégralité de la phase de charge? Faire l'application numérique.

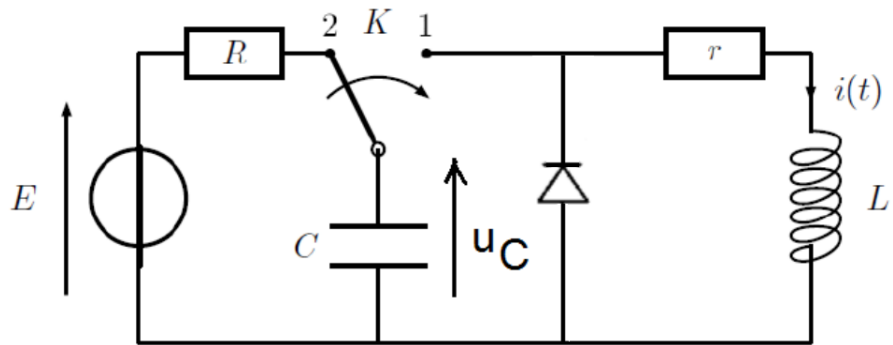
Lorsque le condensateur est chargé, on bascule l'interrupteur ( $K$ ) en position 1 à un instant que l'on prendra comme initial ( $t = 0$ ) (on réinitialise les temps au moment de la bascule de l'interrupteur). On s'intéresse donc dorénavant aux temps  $t > 0$  où l'interrupteur est en position 1.

3. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité  $i(t)$ .
4. Donner les expressions de la pulsation propre  $\omega_0$  et du facteur de qualité  $Q$ . Les calculer numériquement.
5. Déterminer les conditions initiales pour l'intensité et pour sa dérivée :  $i(0^+)$  et  $\frac{di}{dt}(0^+)$ .
6. Établir l'expression complète de l'intensité  $i(t)$  en utilisant les conditions initiales.
7. Tracer la courbe de l'évolution de  $i(t)$ . On indiquera les valeurs remarquables sur le graphe.

La technologie employée fait intervenir une bobine mono-spire de diamètre  $D = 20$  mm. L'intensité du champ magnétique  $B$  créé au centre d'une telle bobine est donnée par :  $B = \frac{\mu_0 i}{D}$  avec  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  uSI, où  $i$  est l'intensité dans la bobine.

8. Donner un ordre de grandeur de la durée de vie  $\tau$  de ce champ magnétique.
9. Si toute l'énergie électrique initialement contenue dans le condensateur (déterminée à la question 2.) était convertie en énergie magnétique emmagasinée par la bobine, déterminer l'intensité maximale  $i_{\max}$  puis le champ magnétique maximal  $B_{\max}$  (unité SI le tesla, symbole T) qui en résulteraient.
10. Lors de la réalisation de l'expérience, le champ maximal obtenu est de 110 T. Comparer et expliquer.

En réalité, la partie droite du circuit comporte une diode, comme indiqué ci-contre (on s'intéresse toujours aux temps  $t > 0$  où l'interrupteur est en position 1).

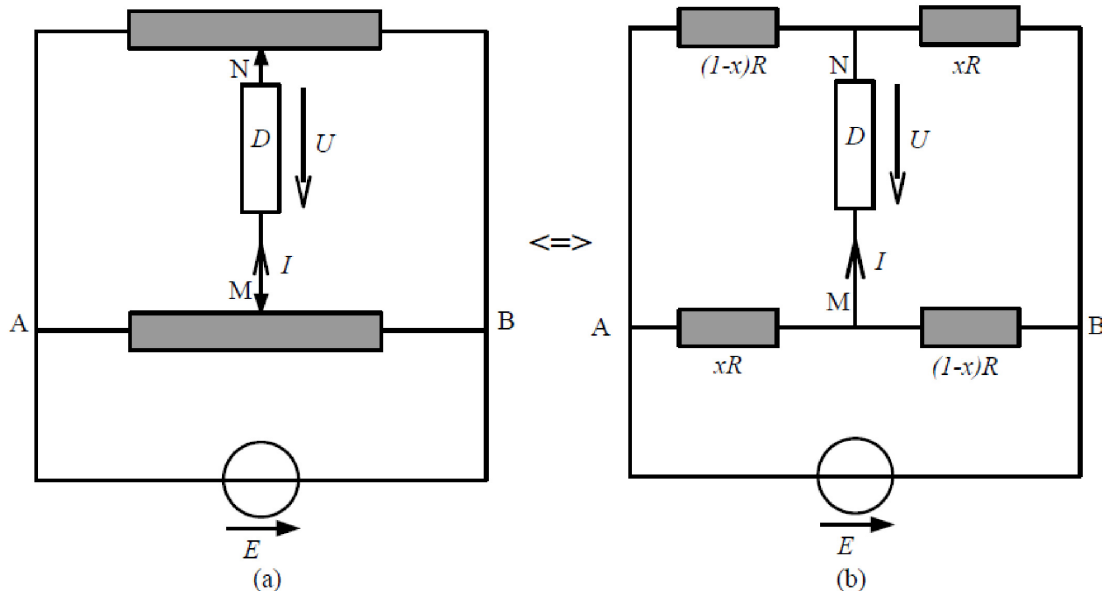


Lorsque la tension  $u_c$  est positive, la diode est dite « bloquée », c'est-à-dire qu'elle n'est traversée par aucun courant. Lorsque  $u_c$  est négative, elle est dite « passante », c'est-à-dire qu'elle est assimilable à un simple fil et laisse passer le courant.

11. Établir l'expression de  $u_c(t)$  pour  $t > 0$  en supposant que la diode est d'abord bloquée. Pourquoi cette hypothèse est-elle pertinente ?
12. Déterminer le temps  $t_0$  au bout duquel la tension  $u_c(t)$  s'annule pour la première fois. Calculer sa valeur numérique.
13. Établir ensuite l'expression de  $i(t)$  pour  $t > t_0$ .
14. Donner l'expression littérale puis la valeur numérique de la durée  $\tau'$  au bout de laquelle l'intensité est revenue à 10% de sa valeur  $i(t_0)$  au moment du déblocage de la diode.

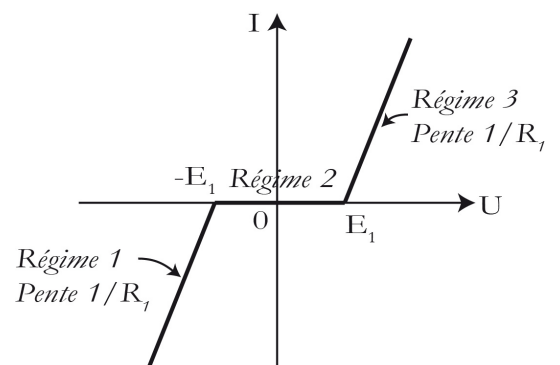
## II. EXERCICE FACULTATIF - Étude d'un électrolyseur

On considère le circuit (a) dans lequel les deux dipôles compris entre A et B sont des potentiomètres de résistance totale  $R$ . Le circuit (b) donne la modélisation des potentiomètres : chaque élément  $xR$  et  $(1-x)R$  est un résistor de valeur correspondante ( $x$  est un facteur adimensionné qu'on peut faire varier entre 0 et 1).

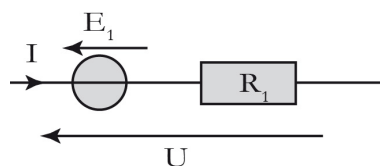


Le dipôle ( $D$ ) est un électrolyseur dont la caractéristique statique ( $I, U$ ) en convention récepteur est donnée ci-contre (les pentes données sont  $1/R_1$ ). On remarque que cet électrolyseur comporte trois régimes de fonctionnement selon la valeur de  $U$  et de  $I$ . Dans le régime 2, aucun courant ne circule et donc aucune réaction chimique n'a lieu. Dans le régime 3 le courant et la tension sont opposées au cas du régime 1, ce qui correspond à la permutation des réactions chimiques ayant lieu sur les deux électrodes (une oxydation sur l'une et une réduction sur l'autre).

Données :  $E = 4,0 \text{ V}$  ;  $R = 10 \Omega$  ;  $E_1 = 2,0 \text{ V}$  ;  $R_1 = 2,0 \Omega$ .



1. L'électrolyseur est-il un dipôle passif? symétrique? linéaire? On justifiera pour chaque propriété en donnant sa définition.
2. On suppose dans un premier temps que l'électrolyseur fonctionne dans le régime 2.
  - a) Que vaut alors l'intensité  $I$  qui circule dans l'électrolyseur?  
Par quel composant simple peut-on alors le remplacer?
  - b) Déterminer alors, en fonction de  $x$  et  $E$  la tension  $U$  aux bornes de l'électrolyseur.
  - c) En déduire que ce comportement ne peut exister que si  $x$  est compris entre deux valeurs dont on donnera l'expression et la valeur numérique.
3. On suppose maintenant que l'électrolyseur fonctionne dans le régime 3.
  - a) Justifier qu'on puisse modéliser l'électrolyseur par le dipôle suivant :



- b) Déterminer alors le courant  $I$  en fonction des paramètres du problème ( $x$ ,  $E$ ,  $E_1$ ,  $R_1$  et  $R$ ). On mettra le résultat sous la forme

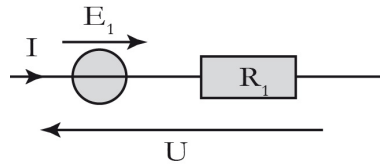
$$I = \frac{\alpha E + \beta E_1}{\gamma R_1 + \delta R},$$

et on donnera l'expression des paramètres sans dimension  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$ .

- c) En déduire que pour se placer dans le régime 3, il faut imposer à  $x$  une condition qu'on explicitera.

**4. On suppose maintenant que l'électrolyseur fonctionne dans le régime 1.**

- a) Justifier qu'on puisse modéliser l'électrolyseur par le dipôle suivant :



- b) En déduire une expression de  $I$ . Retrouver la condition d'existence du régime 1 sur  $x$ .

\* \* \* FIN DE L'ÉPREUVE \* \* \*