Sciences et technologies de l'électricité – Série 3

Exercice 1 :

Lorsqu'un matériau diélectrique est soumis à un champ électrique trop élevé, il devient conducteur : c'est le phénomène de claquage. Lorsque le matériau diélectrique d'un condensateur atteint le claquage, le composant est détruit.

On considère un condensateur plan fait de titanate de baryum ($\varepsilon_r = 4000$, avec un champ de claquage de $4 \cdot 10^6\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$) avec des électrodes de surface $S = 2.8 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{cm}^2$ et une capacité $C = 100\ \mathrm{pF}$. A quelle tension le condensateur atteint-il le claquage ? (aide : calculer d'abord la distance entre les plaques du condensateur)

Exercice 2 :

On a une inductance sous la forme d'une bobine de fil de cuivre dans l'air avec des spires de rayon $r_s = 2\ \mathrm{cm}$, un nombre de spire par mètre $n = 500\ \mathrm{m}^{-1}$ et une valeur d'inductance $L = 40\ \mathrm{\mu H}$. Le fil de cuivre a un rayon de $r_{\mathrm{fil}} = 1\ \mathrm{mm}$ et une résistivité $\rho_{Cu} = 18\ \mathrm{n\Omega \cdot m}$.
On rappelle que $\mu_0 \simeq 1.26 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{H \cdot m^{-1}}$.

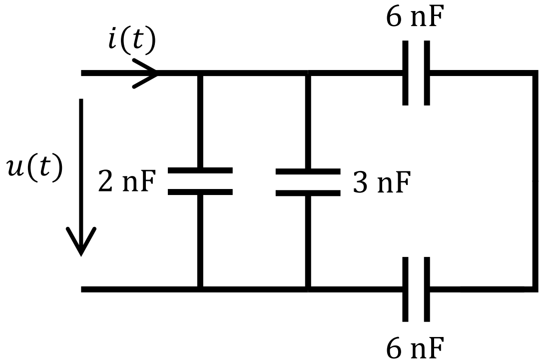
1) Quelle est la longueur de la bobine ? En déduire le nombre de spires et la longueur totale de fil dans la bobine.

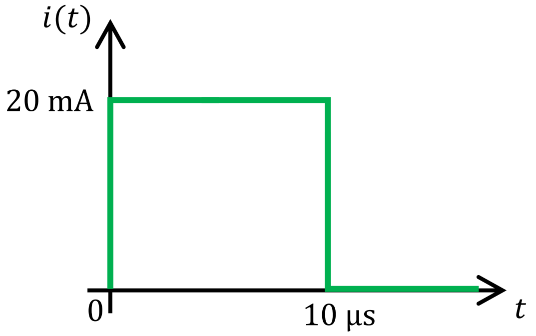
2) En déduire la résistance de la bobine.

3) En considérant que le fil de cuivre est cylindrique et que la masse volumique du cuivre est $M_{Cu} = 8.96\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$, calculer la masse de la bobine.

Exercice 3 :

On considère le schéma électrique suivant, dont tous les condensateurs sont initialement déchargés :





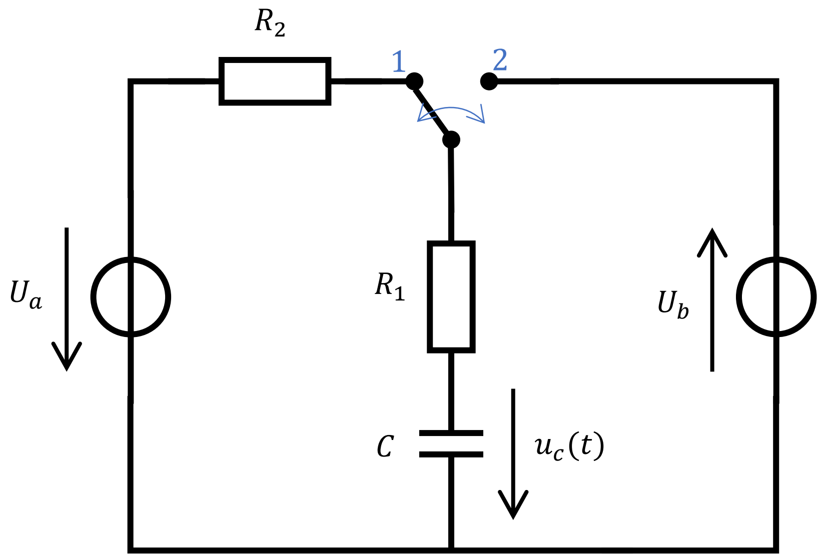
A $t = 0$ s, un courant $i(t) = 20$ mA est appliqué pendant 10 µs.

1) Calculer la capacité équivalente de l'ensemble formé par les 4 condensateurs.

2) Que vaut la tension $u(t)$ à $t = 10$ µs ?

Exercice 4 :

Soit le circuit ci-dessous :



$C = 2$ µF

$R_1 = 1$ kΩ

$R_2 = 3$ kΩ

$U_a = 20$ V

$U_b = 10$ V

Le condensateur est initialement déchargé. Les sources de tensions délivrent chacune une tension constante dans le temps. A $t = 0$ s, l'interrupteur est placé en position '1'. Après 50 ms, on bascule l'interrupteur en position '2'.

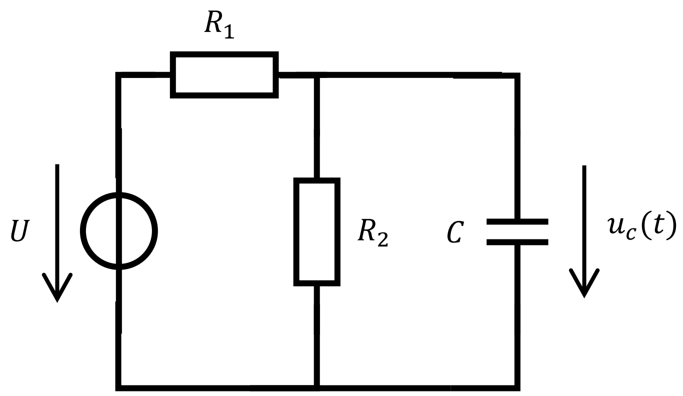
1) Pour $0 \text{ ms} \leq t \leq 50 \text{ ms}$, établir l'équation différentielle de $u_c(t)$. Quelle est la constante de temps ?

2) Résoudre l'équation différentielle et tracer sur un graphe l'évolution de $u_c(t)$. Que vaut u_c à $t = 50$ ms ?

3) Pour $t > 50$ ms, établir l'équation différentielle de $u_c(t)$. Quelle est la constante de temps ?

4) Résoudre l'équation différentielle et compléter le graphique de la question 3).

Exercice 5 :



Nous souhaitons déterminer l'évolution de la tension aux bornes du condensateur avec U constante dans le temps.

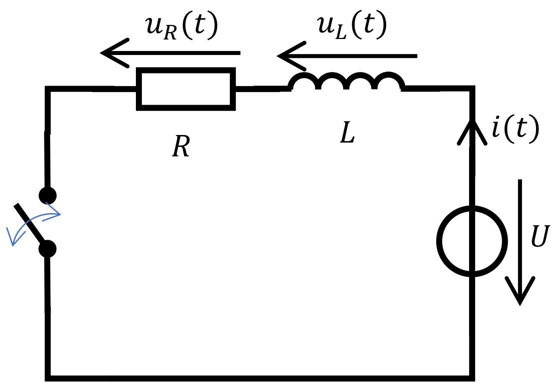
1) En appliquant les lois de Kirchhoff, établir l'équation différentielle de $u_c(t)$.

2) Déterminer la constante de temps de la charge du condensateur et la tension en régime stationnaire.

3) On souhaite trouver le comportement du condensateur par une méthode différente.

   a. Calculer le circuit équivalent de Thévenin vu des bornes du condensateur (en enlevant le condensateur).
   b. A partir du circuit équivalent, établir l'équation différentielle de $u_c(t)$. Vérifier que le résultat est bien le même qu'à la question 1).

Exercice 6 :



$L = 100 \text{ mH}$

$R = 550\ \Omega$

$U = 10 \text{ V}$

L'interrupteur est initialement ouvert et le circuit à l'équilibre. A $t = 0$ s, l'interrupteur est basculé en position **fermée.**

1) Dans le schéma électrique ci-dessus, déterminer l'équation différentielle du courant traversant l'inductance pour $t \geq 0$ s.

2) Résoudre l'équation pour le courant et en déduire la tension $u_L(t)$.

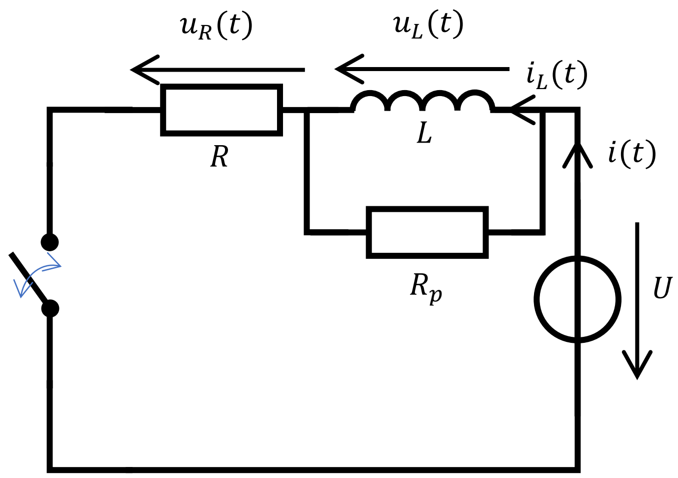
3) Tracer $i(t)$ et $u_L(t)$ sur un graphe.

4) Déterminer la tension aux bornes de la résistance $u_R(t)$. Ajouter sa trace sur le graphique précédent.

5) Une fois l'équilibre atteint, on ouvre l'interrupteur.

   a. Que vaut le courant juste avant la commutation de l'interrupteur ?
   b. Quel problème cela pose-t-il ?

Pour éviter la formation d'un arc électrique dans l'interrupteur, nous pouvons ajouter une résistance R_p en parallèle de l'inductance. Le schéma électrique du système devient le suivant :



6) Simplifier le schéma pour le cas lorsque l'interrupteur est ouvert.

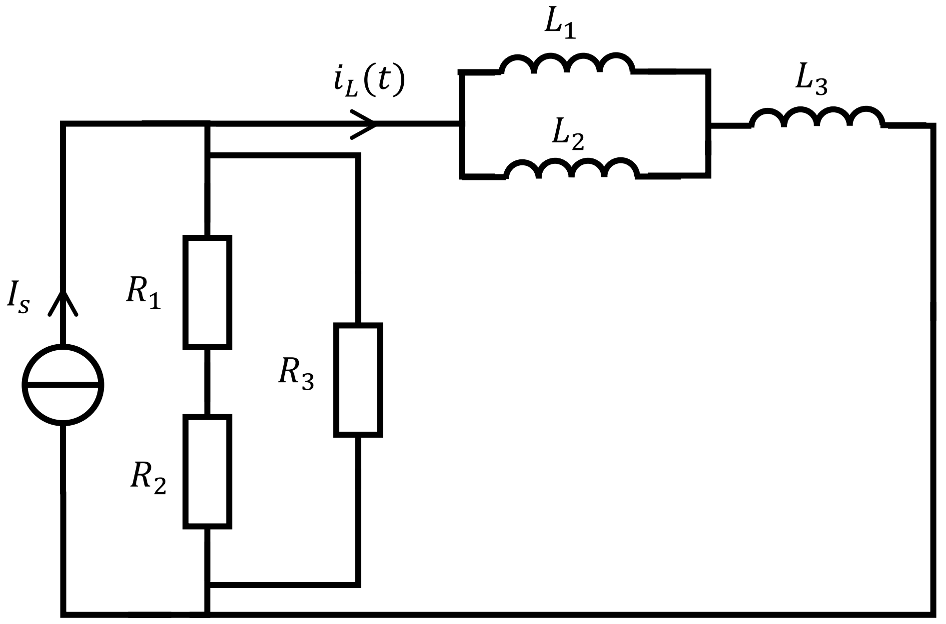
7) Ecrire l'équation différentielle du courant circulant dans l'inductance.

8) Le courant traversant l'inductance présente-t-il des discontinuités lors de l'ouverture de l'interrupteur ?

9) L'ajout de la résistance en parallèle ne doit pas perturber le système en fonctionnement normal (interrupteur fermé). Comment doit être la valeur de R_p comparativement à la valeur de R ?

Exercice 7 :

On étudie le schéma électrique suivant :



$R_1 = 1\ \text{k}\Omega$

$R_2 = 3\ \text{k}\Omega$

$R_3 = 4\ \text{k}\Omega$

$L_1 = 500\ \mu\text{H}$

$L_2 = 2\ \text{mH}$

$L_3 = 200\ \mu\text{H}$

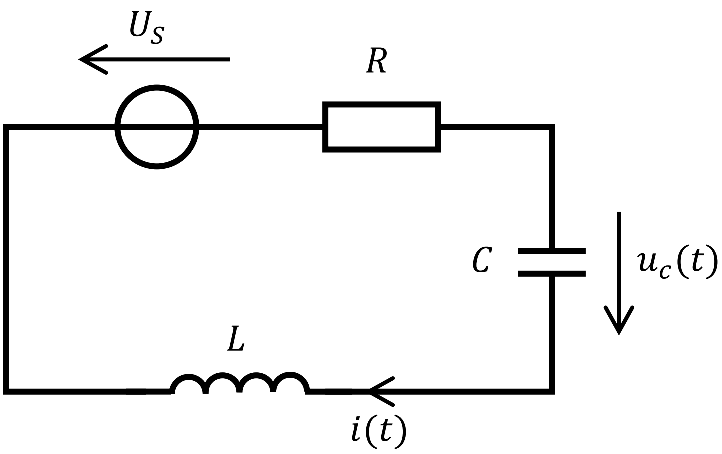
$I_s = 0.5\ \text{A}$

1) Par la méthode de votre choix, établir l'équation différentielle de i_L.

2) Que vaut la constante de temps du courant i_L ?

Exercice 8 :

Soit le circuit RLC série suivant :



1) En appliquant la loi des mailles et la loi caractéristique de l'inductance, écrire une équation différentielle liant u_c, i et U_s.

2) Rappeler la loi caractéristique du condensateur. Utiliser cette loi dans l'équation précédente et établir l'équation différentielle de u_c.