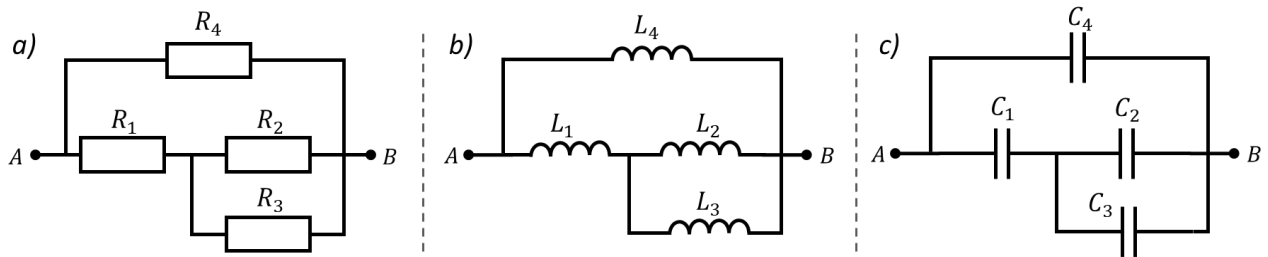


Exercice 1 :



Données :

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 400 \, \Omega, & R_2 &= 1200 \, \Omega, & R_3 &= 1200 \, \Omega, & R_4 &= 1000 \, \Omega \\
 L_1 &= 5 \, \text{mH}, & L_2 &= 3 \, \text{mH}, & L_3 &= 6 \, \text{mH}, & L_4 &= 13 \, \text{mH} \\
 C_1 &= 150 \, \text{nF}, & C_2 &= 30 \, \text{nF}, & C_3 &= 20 \, \text{nF}, & C_4 &= 320 \, \text{nF}
 \end{aligned}$$

- 1) Exprimer littéralement et calculer la résistance équivalente entre A et B du circuit a).
- 2) Exprimer littéralement et calculer l'inductance équivalente entre A et B du circuit b).
- 3) Exprimer littéralement et calculer la capacité équivalente entre A et B du circuit c).

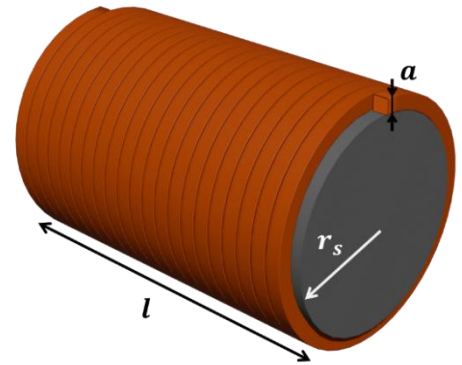
Exercice 2 :

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

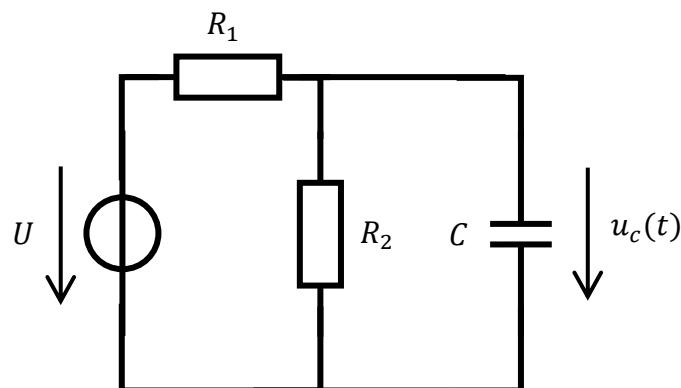
Exercice 3 :

On a une inductance sous la forme d'une bobine de fil de cuivre autour d'un cœur en acier au silicium avec des spires de rayon $r_s = 5 \text{ cm}$, un nombre de spire par mètre $n = 500 \text{ m}^{-1}$ et une valeur d'inductance $L = 1 \text{ H}$. Le fil de cuivre a une section carrée de côté $a = 1 \text{ mm}$ et une résistivité $\rho_{\text{Cu}} = 18 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$. On rappelle que $\mu_0 \approx 1.26 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$. L'acier au silicium a une perméabilité relative $\mu_r = 2 \cdot 10^3$



- 1) Quelle est la longueur l de la bobine ? En déduire le nombre de spires N et la longueur totale de fil dans la bobine.
- 2) En déduire la résistance de la bobine.
- 3) Sachant que la masse volumique du cuivre est $M_{\text{Cu}} = 8.96 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et celle de l'acier au silicium est $M_{\text{AS}} = 8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, calculer la masse de l'inductance.

Exercice 4 :



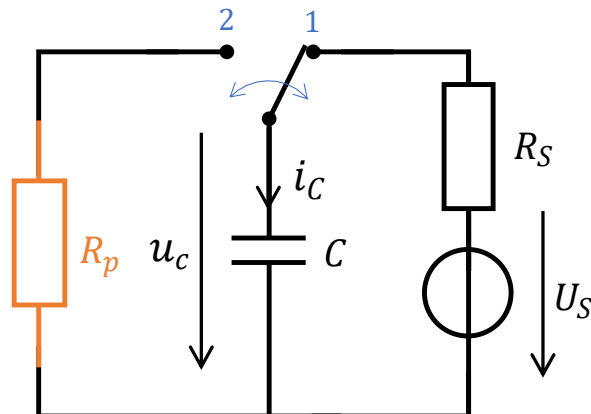
Nous souhaitons déterminer l'évolution de la tension aux bornes du condensateur avec U constante dans le temps.

- 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 5 :

On souhaite concevoir un défibrillateur. On réalise une modélisation simple de ce système tel que montré sur le schéma ci-dessous. Le système est constitué d'un système de charge et de décharge d'un condensateur. Le patient est représenté ici par la résistance R_p .

Le condensateur est initialement déchargé et l'interrupteur est en position '1'. A l'instant t_b on bascule l'interrupteur en position '2'. On souhaite effectuer une décharge d'énergie du condensateur dans la résistance R_p de 192 J.



On considère que le condensateur est chargé/déchargé lorsque la tension u_c a atteint 99% de sa valeur finale/1% de sa valeur initiale.

- 1) On traite le cas où l'interrupteur est en position '1'. La source délivre une tension constante U_S avec une résistance en série $R_S = 20 \text{ k}\Omega$.
 - a. Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_c et la résoudre. En déduire le courant i_C .
 - b. On souhaite que le condensateur se charge en moins de 15 s. Exprimer la constante de temps de charge du condensateur τ_c en fonction des éléments du circuit. Quelle est la valeur maximale admissible de la capacité du condensateur C pour vérifier le cahier des charges ?
 - c. Quelle doit être la tension finale du condensateur pour stocker une énergie de 192 J ?
 - d. En déduire la tension minimale nécessaire à la source U_S .
 - e. Calculer le courant à l'instant initial de la charge du condensateur.

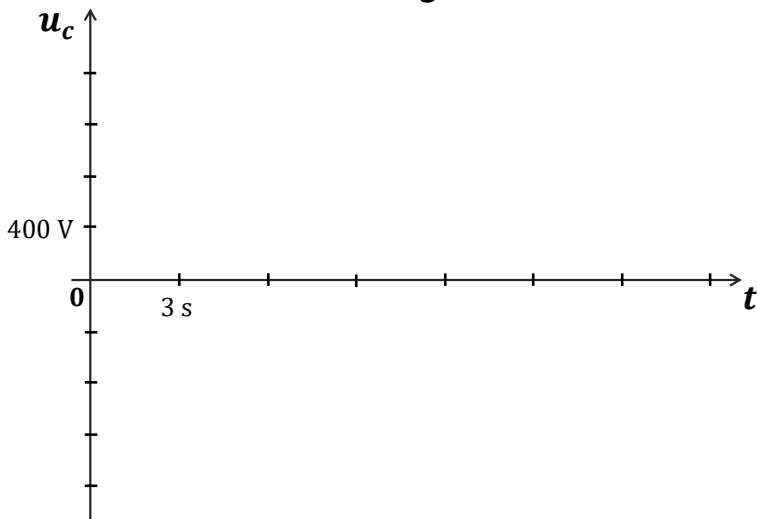
- 2) On considère maintenant que l'interrupteur est en position '2'. On souhaite déterminer l'évolution temporelle de la tension et du courant du condensateur. Le patient a une résistance transthoracique $R_p = 20 \Omega$.
 - a. Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_c et la résoudre. En déduire i_C .
 - b. Exprimer la constante de temps de décharge du condensateur τ_d en fonction des éléments du circuit.
 - c. Calculer le courant à l'instant initial de la décharge du condensateur.

- 3) Tracer sur les graphes fournis l'évolution de $u_C(t)$ et de $i_C(t)$.
Si vous n'avez pas trouvé les valeurs aux questions précédentes, tracez les graphes pour $U_S = 1.6 \text{ kV}$; $C = 150 \mu\text{F}$
- 4) Maintenant que vous avez calculé les valeurs de composant idéales pour le système, vous souhaitez construire le système. Un fournisseur de composants électroniques vous propose 4 références de condensateur disponibles sur son catalogue avec les caractéristiques présentée dans le tableau ci-dessous. A partir des calculs précédents, quel condensateur choisissez-vous et pourquoi ?

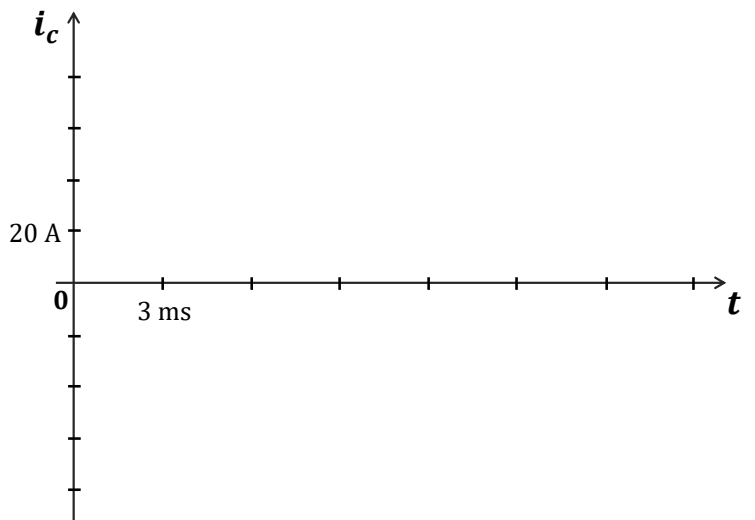
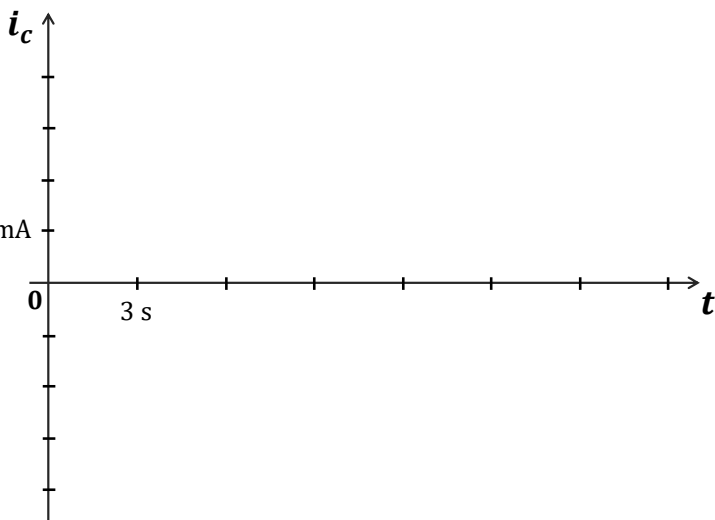
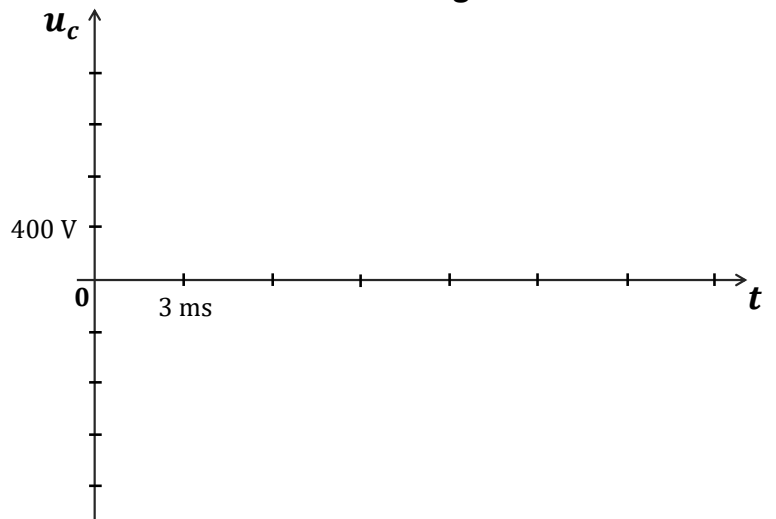


Référence	Capacité (μF)	Tension maximale (V)	Courant maximal (A)	Poids (kg)
C1	740	700	70	0.9
C2	780	1700	100	3.5
C3	150	1500	65	0.8
C4	140	2200	80	1.4

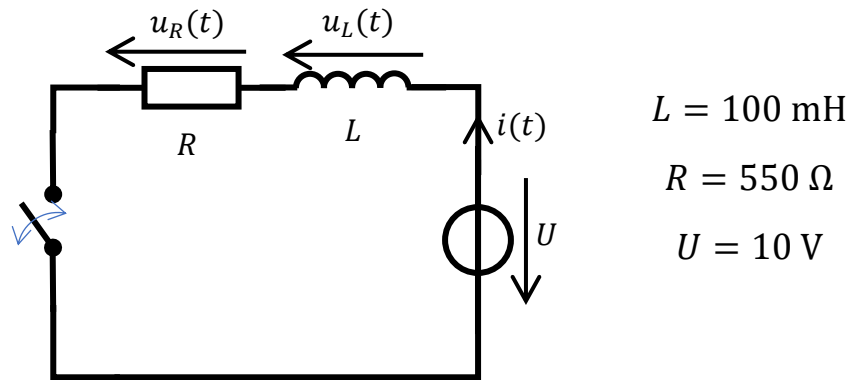
Charge



Décharge



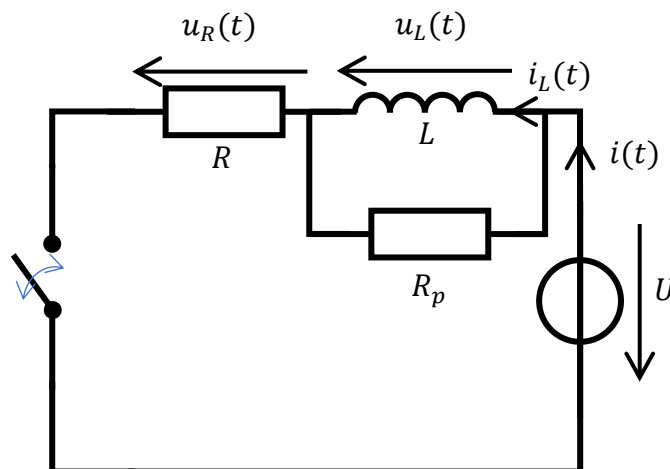
Exercice 6 :



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

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

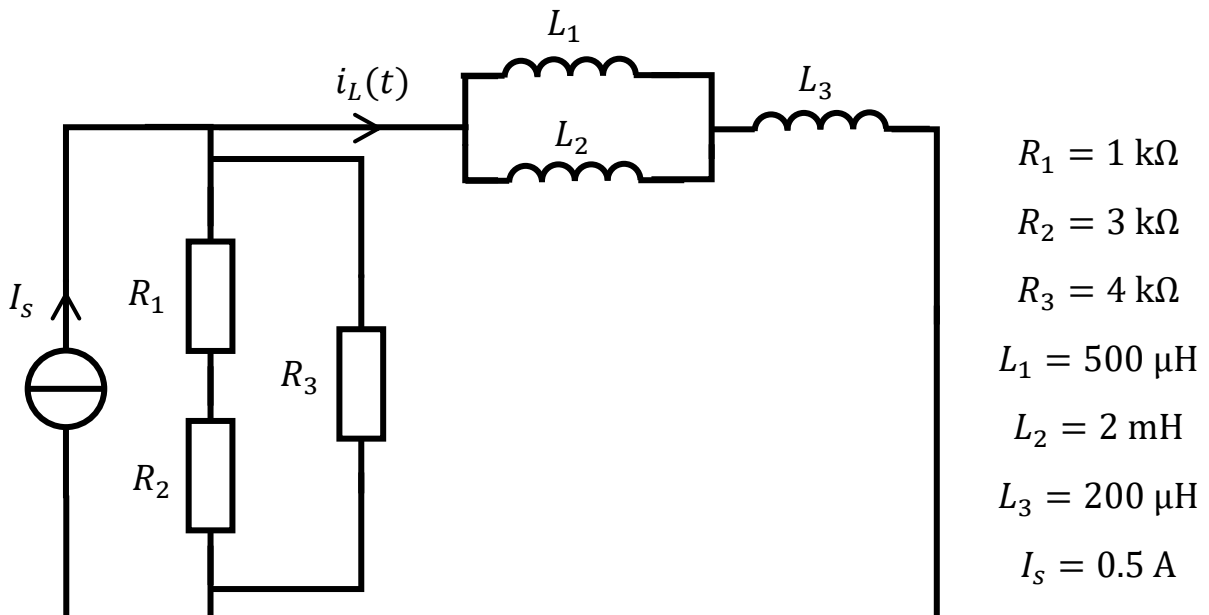
Pour éviter la formation d'un arc électrique dans l'interrupteur, nous pouvons ajouter une résistance R_p en parallèle de l'inductance. Le schéma électrique du système devient le suivant :



- 6) Simplifier le schéma pour le cas lorsque l'interrupteur est ouvert.
- 7) Ecrire l'équation différentielle du courant circulant dans l'inductance et la résoudre en prenant comme condition initial le courant au moment de l'ouverture de l'interrupteur.
- 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 doit perturber le moins possible le système en fonctionnement normal (interrupteur fermé). Comment doit être la valeur de R_p comparativement à la valeur de R ?

Exercice 7 :

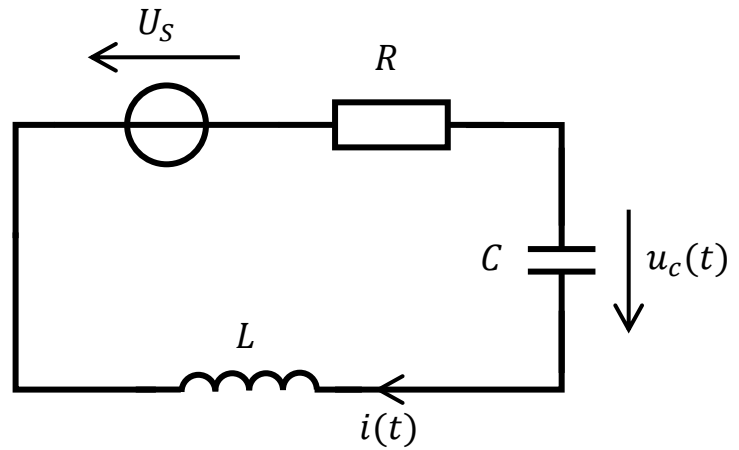
On étudie le schéma électrique suivant :



- 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 .