

TD du chapitre 4

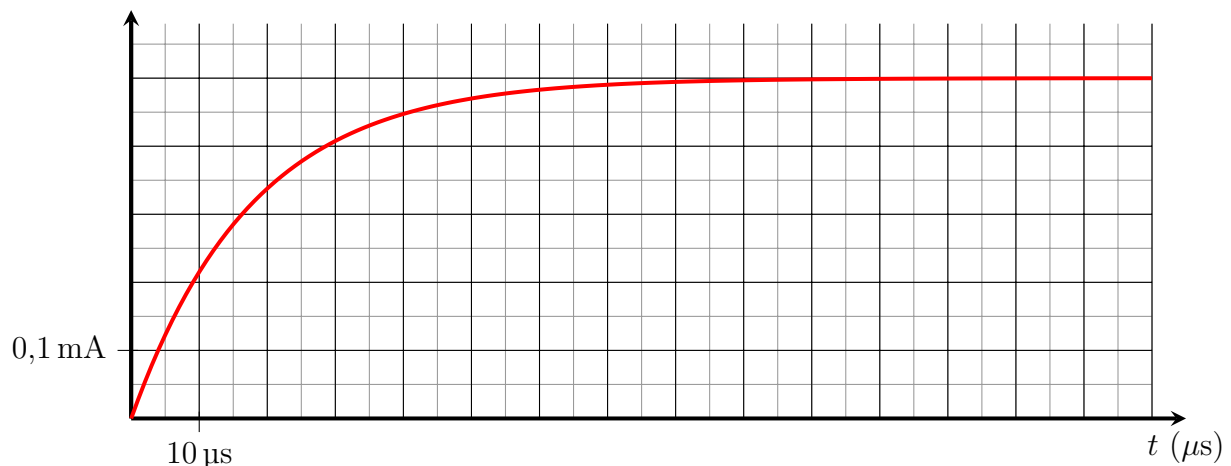
Exercices d'application directe du cours

Exercice n°1 Circuit RL

On étudie la réponse d'un circuit RL série ($R = 2,0\text{ k}\Omega$ et $L = 39,96\text{ mH}$) constitué d'une résistance et d'une bobine en série alimenté par un générateur qui délivre à un échelon de tension de force électromotrice $E = 1,0\text{ V}$. On observe la tension aux bornes de la résistance.

- Q1. Représenter le circuit en supposant la bobine idéale.
- Q2. Déterminer, par analyse dimensionnelle, un temps caractéristique de l'évolution du circuit.
- Q3. Déterminer, en utilisant le comportement en régime permanent de la bobine, la valeur finale $i(\infty)$ atteinte par l'intensité.
- Q4. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant électrique.
- Q5. On définit le temps de montée à 5 %, qui correspond à l'instant auquel l'intensité du courant ne diffère que de 5 % de la valeur finale. Exprimer ce temps t_m en fonction de τ .
- Q6. Analyser les résultats expérimentaux de la figure ci-dessous :
- Déterminer graphiquement la valeur finale atteinte par i et la comparer à la valeur attendue.
 - Déterminer graphiquement la valeur de τ et la comparer à la valeur attendue.
 - Expliquer les écarts éventuellement observés.

$i(t)$ (mA)

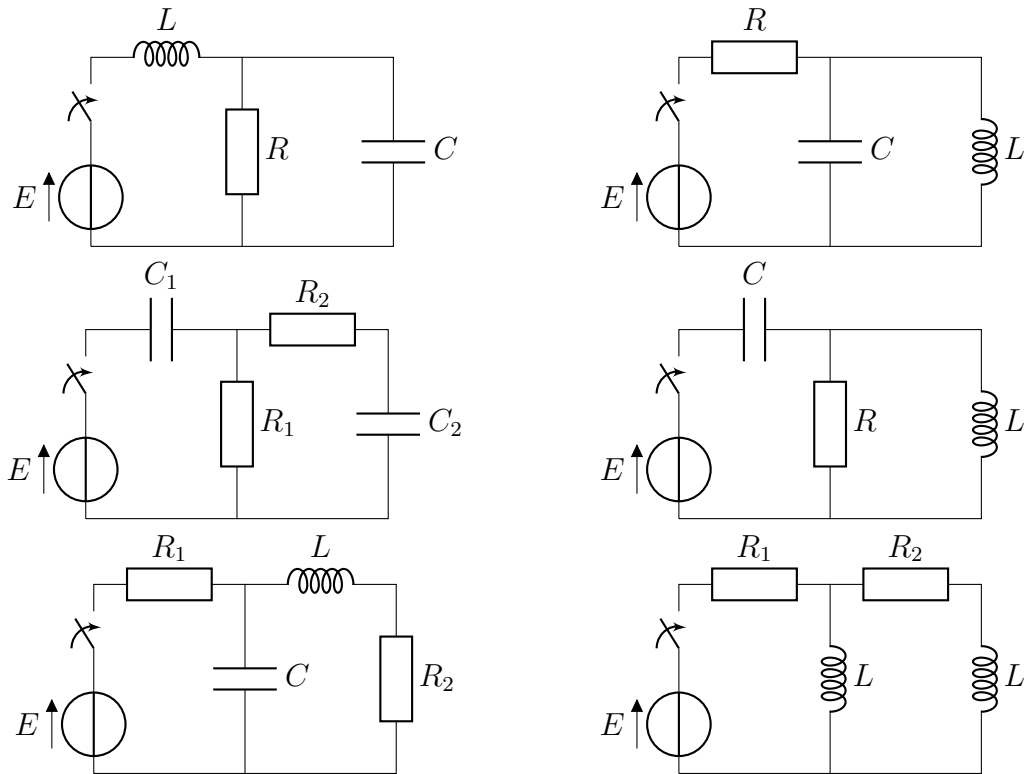


- Q7. Établir le bilan de puissance.

Exercice n°2 Conditions initiales et régime permanent

Pour chacun des circuits suivants, on ferme l'interrupteur à $t = 0$ alors qu'il était ouvert depuis une durée très longue. Déterminer :

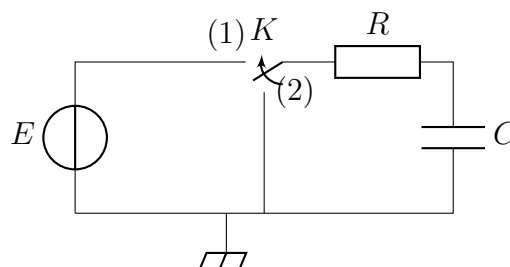
- la valeur de la tension aux bornes de chaque condensateur et la valeur de sa dérivée à $t = 0^+$
- la valeur de l'intensité du courant circulant dans chaque bobine et la valeur de sa dérivée à $t = 0^+$
- la valeur de la tension aux bornes de chaque condensateur et la valeur de l'intensité du courant circulant dans chaque bobine lorsque le régime permanent est atteint



Exercices ★

Exercice n°3 Étude expérimentale d'un circuit RC 🎓

On considère le circuit suivant comprenant une résistance de valeur R , un condensateur de capacité C et une alimentation stabilisée de tension à vide E .



- Q1. À l'instant $t' = 0$, on place l'interrupteur K en position 1, le condensateur est déchargé. Décrire ce qui se passe.
- Q2. On suppose que le régime permanent a été atteint. On place l'interrupteur K en position 2 à $t = 0$. Quelle est la nature de la courbe représentant $\ln\left(\frac{E}{u_C}\right)$ en fonction du temps ?
- Q3. On réalise l'expérience avec les valeurs $R = 10 \text{ M}\Omega$, $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$ et $E = 10 \text{ V}$. On branche un voltmètre numérique (calibre 20 V) aux bornes du condensateur et on étudie la décharge du condensateur à partir de l'instant de date $t = 0$ où on place l'interrupteur en position 2. On relève les valeurs suivantes :

$t(\text{s})$	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150
u_C (V)	9,05	8,19	7,41	6,70	5,49	4,07	3,01	1,65	0,91	0,50

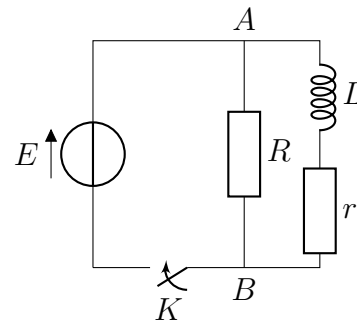
L'expérience est-elle en accord avec la réalité ?

- Q4. Si oui, justifier. Si non, pour quel composant a-t-on utilisé un modèle inadapté aux caractéristiques du circuit ? On indiquera alors quel serait le modèle adapté et les valeurs des caractéristiques de ce dernier compte-tenu des données expérimentales.

- Q5. Quelle valeur aurait été la condition à vérifier pour avoir un accord parfait entre théorie et expérience ?
- Q6. On souhaite visualiser sur un oscilloscope en mode *DC* les courbes théoriques de charge et de décharge du condensateur. On choisit comme valeurs $R = 10\text{k}\Omega$ et $C = 10\text{nF}$. L'alimentation stabilisée est remplacée par un générateur basse fréquence (GBF) et on place l'oscilloscope aux bornes du condensateur.
Rappeler le modèle électrique du GBF et donner les valeurs des éléments du modèle.
- Q7. L'impédance d'entrée d'un oscilloscope en mode *DC* est constituée d'un condensateur de capacité C_0 de l'ordre de 50pF en parallèle avec une résistance R_0 et $1\text{M}\Omega$. Dessiner le schéma en tenant compte des paramètres du GBF et de l'oscilloscope.
- Q8. Déterminer les conditions qui permettent de n'avoir pas à tenir compte des paramètres du GBF et de l'oscilloscope. En déduire la justification des choix des valeurs employées pour R et C .
- Q9. Quel signal du GBF doit-on choisir à la sortie du GBF pour observer sur l'oscilloscope la charge et la décharge du condensateur ?
- Q10. Comment doit-on choisir la fréquence de ce signal pour observer pratiquement toute la charge puis la décharge du condensateur ? Dans ce cas, représenter l'allure du signal obtenu.

Exercice n°4 Étincelle de rupture

On réalise le circuit de la figure ci-contre dans lequel le générateur a une résistance interne négligeable. Initialement l'interrupteur K est ouvert et aucun courant ne circule dans la bobine.



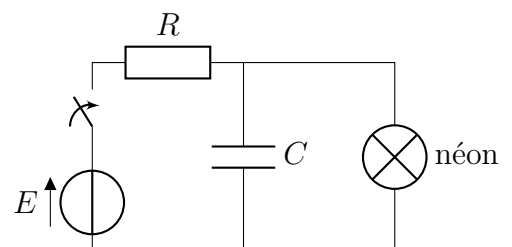
- Q1. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K . Déterminer les courants dans le résistor R (noté i_R) et dans la bobine (i_L).
- Q2. Au bout d'un temps très long, on ouvre l'interrupteur K .
- Déterminer les évolutions temporelles de l'intensité du courant i_L ainsi que de la tension u_{AB} .
 - Montrer que pendant un laps de temps assez court, cette dernière peut être supérieure à E si les paramètres sont bien choisis.
 - Quelle manifestation connaissez-vous de ce phénomène, nommé « surtension ».
 - Que signifie ici « long » ?

Exercices ★ ★

Exercice n°5 Lampe au néon

Une ampoule au néon est placée en parallèle sur le condensateur d'un circuit *RC*.

À l'instant $t = 0$ on ferme l'interrupteur et on suppose que le condensateur est déchargé.



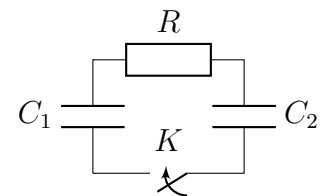
- La lampe au néon présente la particularité de ne s'allumer que si la tension entre ses bornes devient supérieure à la valeur U_a , dite tension d'allumage. En revanche, elle reste allumée tant que la tension à ses bornes est supérieure à U_e appelée tension d'extinction, et telle que $U_e < U_a$.

- Une lampe au néon est un dipôle de résistance infinie quand la lampe est éteinte et de résistance r quand elle est allumée.
- Q1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u aux bornes de la lampe au néon et donner l'expression de u en fonction du temps.
- Q2. À quelle condition la lampe au néon peut-elle s'allumer? Déterminer alors à quel instant t_0 a lieu l'allumage.
- Q3. Écrire l'équation différentielle vérifiée après l'allumage et donner u pour $t > t_0$.
- Q4. À quelle condition la lampe au néon s'éteint-elle? (discuter les différentes solutions envisageables selon les valeurs de U_a , U_e et une tension dont on donnera l'expression).
- Q5. Dans le cas où les conditions établies aux questions 2) et 4) sont vérifiées, déterminer à quel instant t_1 la lampe s'éteint.
- Q6. Montrer que ce phénomène est périodique et donner l'expression de sa période.

Exercice n°6 Décharge d'un condensateur dans un autre

On étudie le circuit représenté ci-contre.

Initialement, le condensateur de capacité C_1 porte une charge q_0 , tandis que le condensateur de capacité C_2 est déchargé. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K .

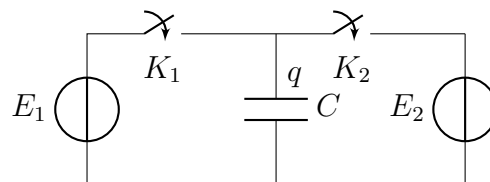


- Q1. Établir l'expression de l'intensité du courant i qui circule dans le circuit. Quelles sont les charges des condensateurs au bout d'un temps très long?
- Q2. Quelle est l'énergie stockée dans les condensateurs avant la fermeture de K ? Quelle est l'énergie stockée après la fermeture de K au bout d'un temps très long? Sous quelle forme l'énergie s'est-elle dissipée?

Exercice n°7 Simulation de résistance par commutation capacitive

On considère le dispositif ci-dessous, dans lequel les deux interrupteurs présentent une résistance r lorsqu'ils sont fermés, infinie lorsqu'ils sont ouverts. La loi de commande des ouvertures-fermetures est périodique de période T :

- si $nT < t < \left(n + \frac{1}{2}\right)T$, K_1 est fermé tandis que K_2 est ouvert ;
- $\left(n + \frac{1}{2}\right)T < t < (n + 1)T$, K_1 est ouvert tandis que K_2 est fermé ;



On suppose que le dispositif fonctionne depuis suffisamment longtemps pour que l'évolution temporelle de la charge de C soit périodique : $q(nT) = q(nT + T)$.

- Q1. Déterminer et tracer l'évolution de $q(t)$ sur une période, on posera $a = \frac{T}{2RC}$ et on adoptera les valeurs numériques $T = 10 \mu\text{s}$, $R = 100 \Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $V_1 = 5 \text{ V}$, $V_2 = 1 \text{ V}$.
- Q2. En déduire les valeurs moyennes des intensités du courant parcourant les deux interrupteurs. Sont-elles égales? Interpréter.
- Q3. Quelle résistance faudrait-il placer entre les deux sources de tension pour obtenir le même courant moyen? Quelle expression prend-elle lorsque $a \gg 1$?