

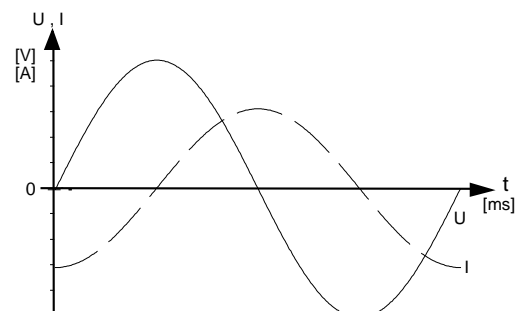
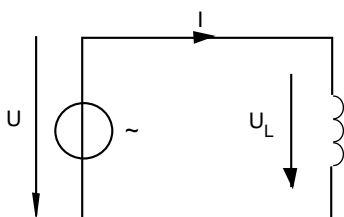
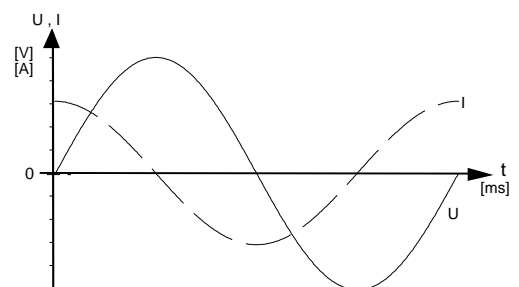
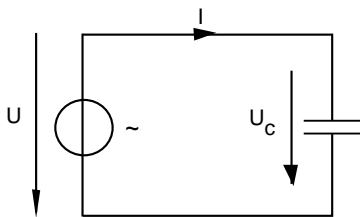
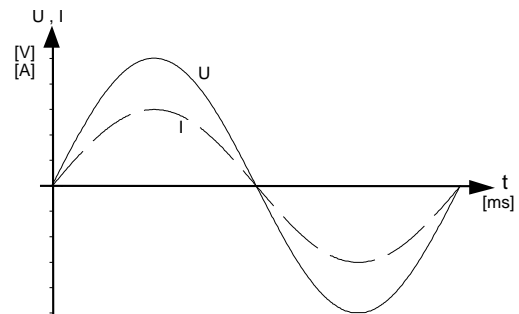
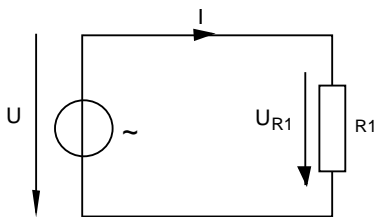
Chapitre 14

Circuits résistifs et réactifs

Sommaire

- Eléments résistifs et réactifs
- Comportement d'une résistance en régime alternatif sinusoïdal
- Comportement d'un condensateur en régime alternatif sinusoïdal
- Comportement d'une inductance en régime alternatif sinusoïdal
- Entraînement

Introduction



14 Définition des éléments résistifs et réactifs :

Différents éléments composent les circuits électriques, en régime continu comme en régime alternatif. Nous trouvons principalement des résistances, des capacités (condensateurs) et des inductances (bobines). Ces trois genres d'éléments ne se comportent pas de la même façon en régime continu ou en régime alternatif. Dans ce chapitre, nous allons étudier les différentes possibilités de couplage de ces éléments ainsi que leurs différents comportements.

14.1 Résistance :

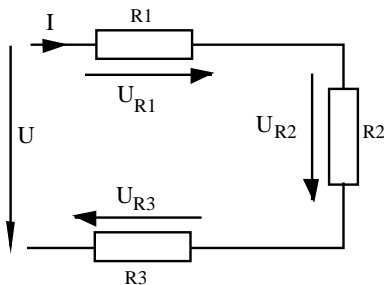
Une résistance peut être fabriquée selon plusieurs méthodes. Dans les circuits électroniques de petite puissance, elle est de petite taille et généralement à film métallique ou à couche de carbone. En électricité basse tension (< 1000 [V]) et dans les circuits de puissance, elle est réalisée au moyen d'un fil conducteur qui est souvent enroulé sur un support (résistance bobinée). La longueur ainsi que les caractéristiques du fil utilisé détermineront la valeur et la puissance de la résistance.

$$\text{Rappel : } R = \frac{\rho \cdot l}{A} [\Omega]$$

Nous avons étudié trois possibilités de raccordement de résistances :

en série - en parallèle - mixte

Ces notions ont déjà été étudiées et il n'est pas utile de les aborder à nouveau. Nous nous contenterons de récapituler les notions de base ainsi que les formules importantes pour ces montages :

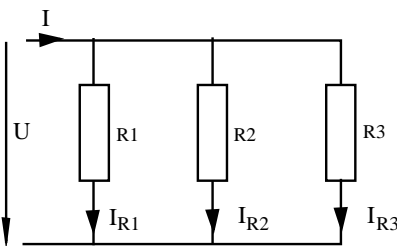


Montage série

$$U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} - U = 0 \text{ V}$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3}$$

$$R_{\text{équi}} = R_1 + R_2 + R_3$$

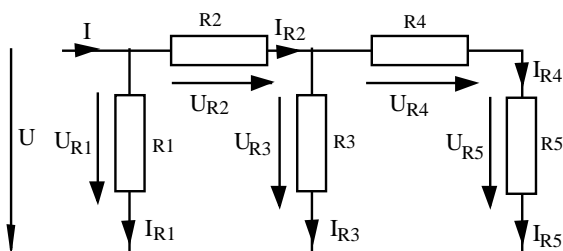


Montage parallèle

$$U = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3}$$

$$I = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

$$R_{\text{équi}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

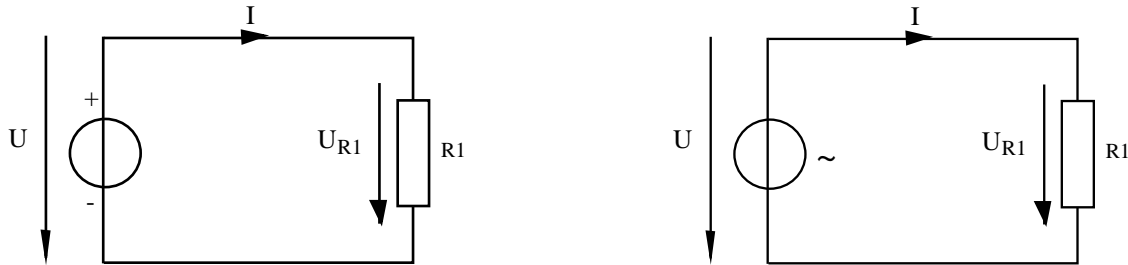


Montage mixte.

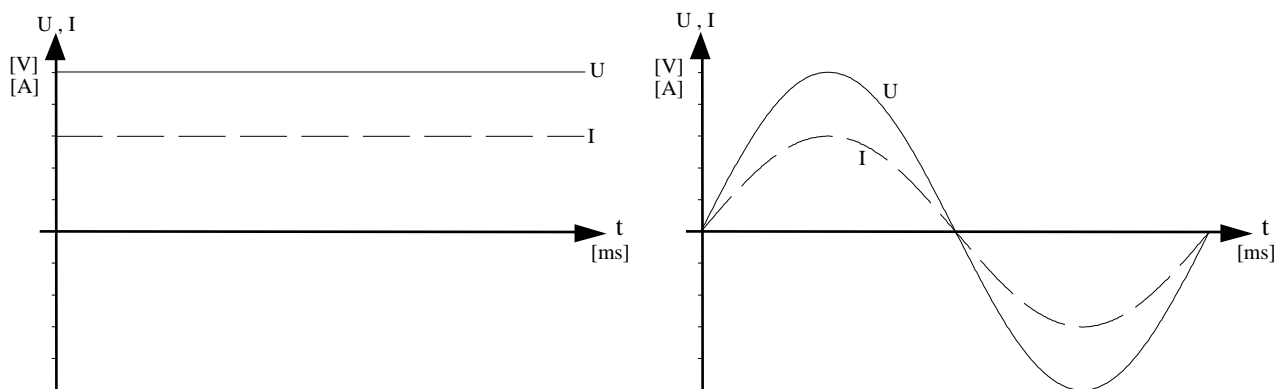
Le calcul d'un tel circuit dépend de sa complexité. Il est nécessaire d'utiliser les formules des montages série et parallèle.

14.2 Comportement d'une résistance :

Une des principales caractéristiques des résistances est de se comporter de la même manière quel que soit le genre de tension qui lui est appliquée.



Représentations temporelles :



Représentations vectorielles :



Constatations :

- Il n'y a pas de différence de comportement entre le circuit alimenté par la source continue et celui alimenté par la source alternative.
- Une résistance idéale ne provoque aucun déphasage entre le courant et la tension.
- La valeur de la résistance idéale ne dépend pas de la valeur de la fréquence.
- Suivant sa technologie de construction, la résistance peut se comporter différemment par rapport au cas idéal que nous venons d'étudier.

14.3 Capacité :

Un condensateur peut être fabriqué selon plusieurs méthodes, ce qui définira sa forme et sa valeur. Dans les circuits électroniques, sa taille doit être la plus petite possible. La taille du condensateur est fortement dépendante de sa valeur (sa capacité).

Il est composé de deux armatures ou deux surfaces conductrices placées l'une en face de l'autre et séparées par un isolant. La qualité de l'isolant, la distance entre les armatures et la surface des armatures vont déterminer la capacité du condensateur.

$$\text{Rappel : } C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} \quad [F]$$

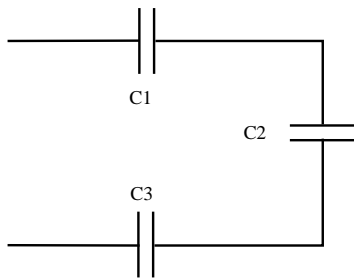
C = capacité en farad [F]

ϵ_0 = permittivité du vide ou de l'air [$F \cdot m^{-1}$] ϵ_r = permittivité de l'isolant [-]

A = surface des armatures [m^2] d = distance entre les armatures [m]

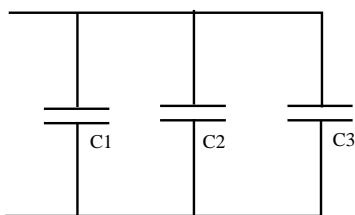
Comme pour les résistances, il y a trois raccordements possibles :

en série - en parallèle - mixte



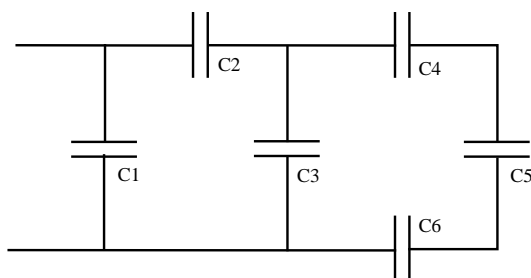
Montage série

$$C_{\text{éq}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$



Montage parallèle

$$C_{\text{éq}} = C_1 + C_2 + C_3$$

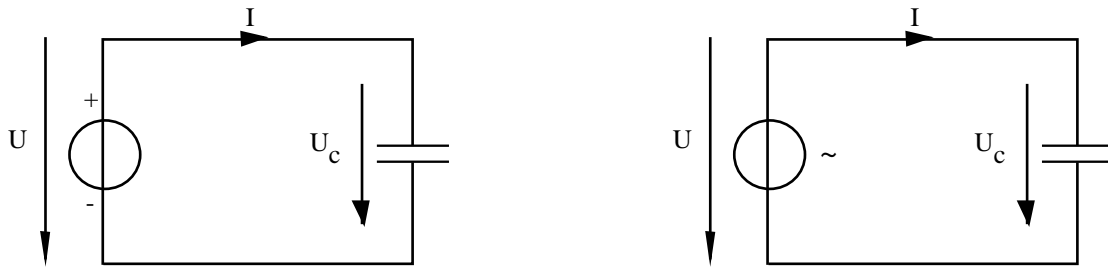


Montage mixte.

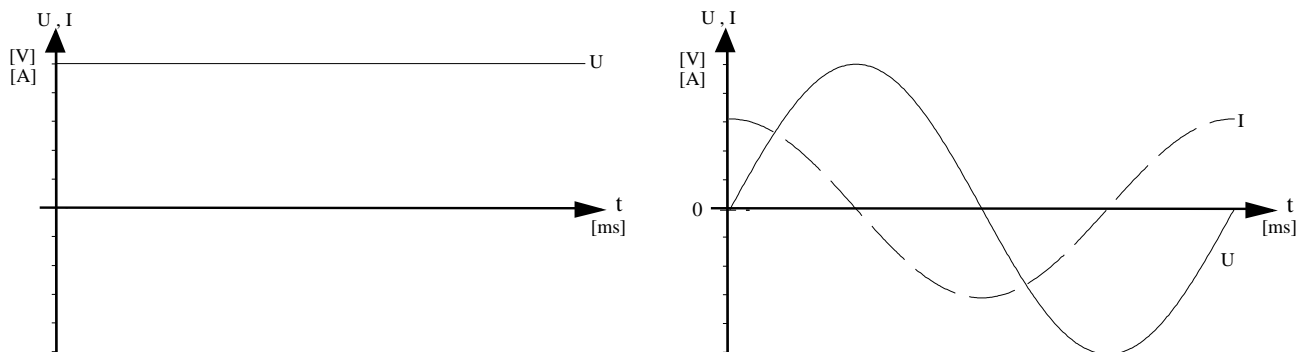
Le calcul d'un tel circuit dépend de sa complexité. Il est nécessaire d'utiliser les formules des montages série et parallèle.

14.4 Comportement du condensateur :

La caractéristique du condensateur est d'avoir un comportement différent en régime continu et en régime alternatif.



Représentations temporelles :



Représentations vectorielles :



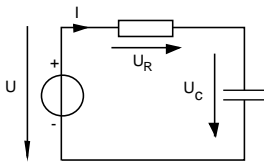
Constatations :

- Il y a une importante différence de comportement entre le circuit alimenté par une source continue et celui alimenté par une source alternative.
- Avec la source continue, il n'y a pas de courant. Le condensateur étant composé d'armatures séparées par un isolant, les électrons ne peuvent pas circuler.
- Avec la source alternative il y a un courant qui représente un échange de charges entre les armatures.
- Le courant est en avance de 90° par rapport à la tension.
- La valeur du courant dépend de la capacité du condensateur, ainsi que de la fréquence et de la tension du générateur.

14.5 Fonctionnement d'un condensateur en courant continu :

A l'enclenchement, le condensateur est déchargé et il se comporte comme un réservoir vide. Dans ce cas, il faut d'abord faire circuler un courant avant qu'une tension n'apparaisse aux bornes des armatures.

La charge du condensateur n'est pas linéaire, mais exponentielle. Au fur et à mesure de la charge du condensateur, le courant de charge diminue. A la fin de la charge, il n'y aura plus de courant, mais une tension maximum sur les armatures du condensateur. Ce phénomène explique la raison pour laquelle le condensateur ne conduit pas lorsqu'il est raccordé sur une source de tension continue.

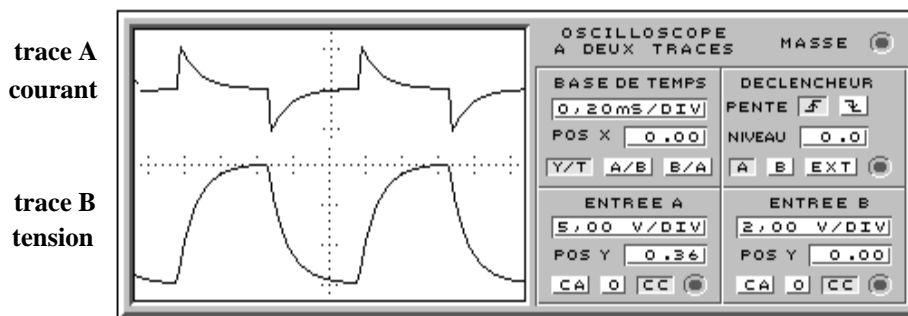


Il est simple de constater que lorsque le condensateur sera complètement chargé, il n'y aura plus de chute de tension aux bornes de la résistance. Cela signifie que la valeur du courant sera tombée à zéro.

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{U - U_C}{R}$$

Pour que le cycle de charge se reproduise, il faut que le condensateur se décharge. C'est ce qui se passe lorsque le condensateur est raccordé à une source de tension alternative. Dans ce cas, le condensateur répétera les cycles de charges / décharges et un courant s'installera en permanence dans le circuit, mais aucun courant ne traverse le condensateur puisque ses armatures sont séparées par un isolant (diélectrique).

Il est clair que le courant dans le condensateur va dépendre de la capacité du condensateur et de la fréquence du générateur (rapidité du cycle de charge/décharge) et de la tension du générateur.



L'oscilloscope ci-contre nous montre la forme du courant et de la tension sur un condensateur lors de charges et décharges successives en tension continue.

Nous constatons que le courant atteint rapidement une valeur maximum, alors que la tension arrive en retard par rapport au courant.

14.6 Inductance :

Une inductance est généralement composée de fil enroulé autour d'un noyau. Le fil n'est pas forcément magnétique et les bobines sont souvent réalisées avec du fil de cuivre. Les caractéristiques du noyau dépendent de l'utilisation de la bobine. Le matériau utilisé doit être magnétique et il sera choisi par rapport à son cycle d'hystérésis. Les bobines de faible inductance peuvent être fabriquées sans noyau. En raison des différentes caractéristiques des noyaux, la taille de la bobine n'est pas forcément en rapport avec sa valeur.

$$\text{Rappel : } L = \frac{N^2 \cdot \mu_r \cdot A}{l} \quad [\text{H}]$$

L = inductance [H] N = nombre de spires [-]

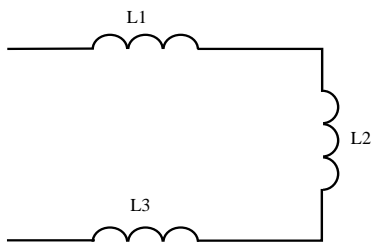
μ_r = perméabilité du noyau [-] A = section du noyau [m^2]

l = longueur du noyau [m]

Comme pour les condensateurs, il existe trois possibilités de raccordement :

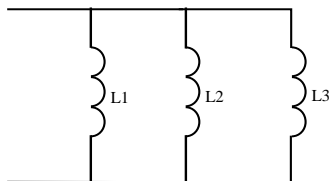
en série - en parallèle - mixte

Dans les exemples ci-dessous, il n'y a pas d'influence magnétique entre les bobines, sinon il faut tenir compte du facteur de couplage.



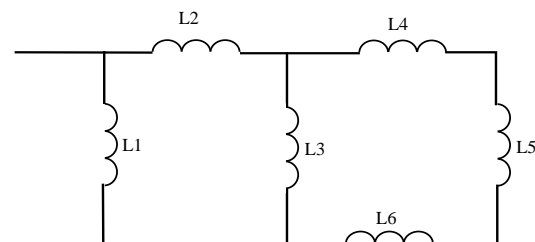
Montage série

$$L_{\text{éq}} = L_1 + L_2 + L_3$$



Montage parallèle

$$L_{\text{éq}} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$$

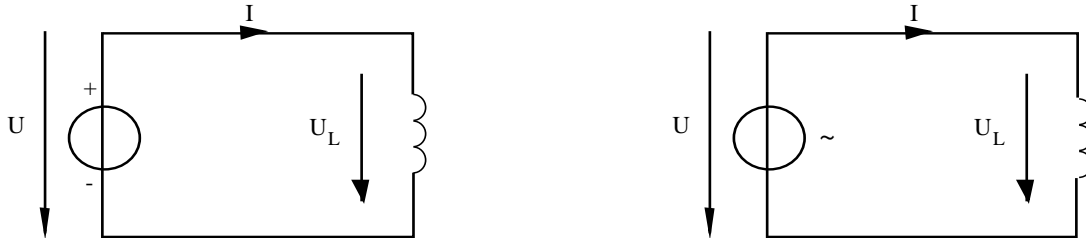


Montage mixte.

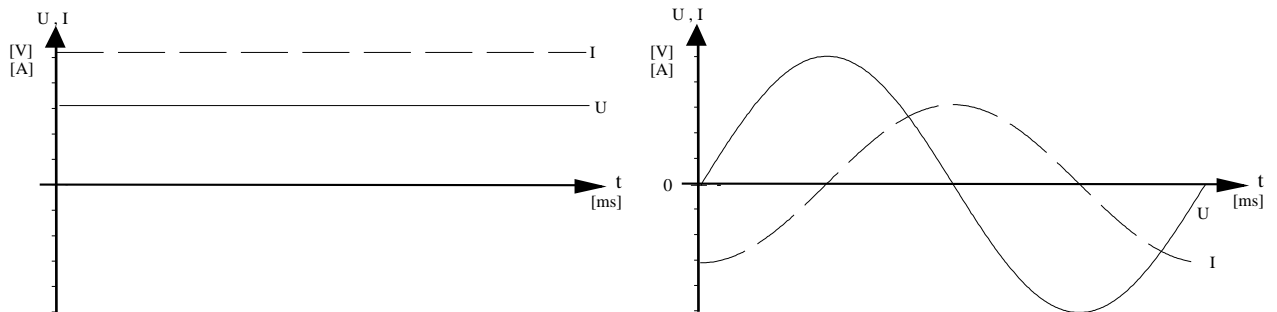
Le calcul d'un tel circuit dépend de sa complexité. Il est nécessaire d'utiliser les formules des montages séries et parallèles.

14.7 Comportement d'une inductance :

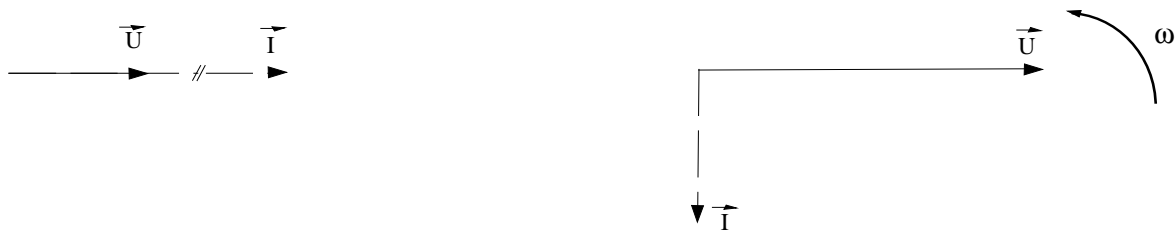
La caractéristique de la bobine est d'avoir un comportement différent en régime continu ou en régime alternatif.



Représentations temporelles :



Représentations vectorielles :



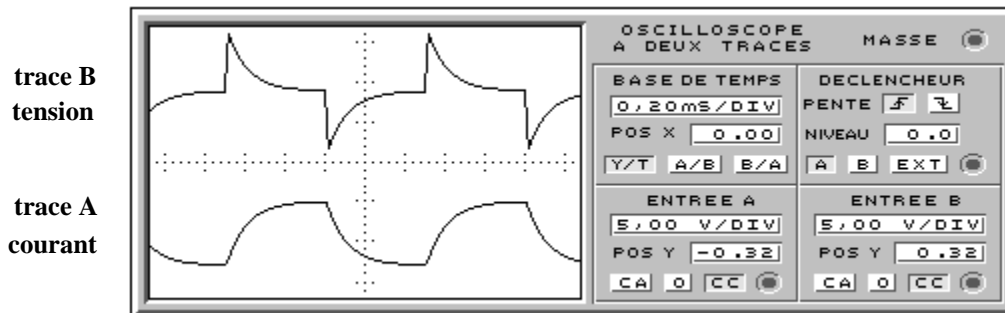
Constatations :

- Il y a une importante différence de comportement entre le circuit alimenté par une source continue et celui alimenté par une source alternative.
- Avec la source continue, le courant est limité par la résistance du fil qui compose la bobine. Le courant est généralement très grand car la résistance du fil est petite.
- La loi de Lenz définit que la variation de la tension induite est toujours opposée à la variation de la tension qui l'a créée. Ce qui explique que le courant est en retard de 90° par rapport à la tension.
- La valeur du courant dépend de l'inductance de la bobine, de la résistance de son fil, de la fréquence et de la tension du générateur.

Lors du raccordement d'une inductance dans un circuit alternatif, le courant est en retard de 90° par rapport à la tension.

A chaque changement de polarité aux bornes de la bobine, le même phénomène de self induction se reproduit et le courant est constamment en retard par rapport à la tension.

L'oscilloscope ci-dessous nous montre la forme du courant et de la tension sur une inductance.



Nous constatons que la représentation du courant et de la tension ont un sens opposé. Il s'agit de l'effet de self induction.

14.8 Exercices

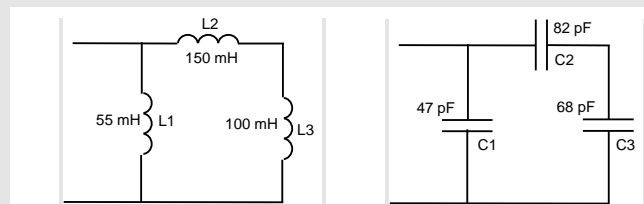
1. Plusieurs condensateurs sont raccordés en série. Ils ont les valeurs suivantes :

$$C_1 = 10 \text{ [nF]} \quad C_2 = 22 \text{ [nF]} \quad C_3 = 47 \text{ [nF]} \quad C_4 = 5600 \text{ [pF]} \quad C_5 = 0.010 \text{ [\mu F]}$$

Donner l'ordre de grandeur de la capacité équivalente et effectuer ensuite le calcul

2. Les mêmes condensateurs sont raccordés en parallèle. Calculer la capacité équivalente.

3. Calculer la valeur équivalente des montages ci-contre.



4. Plusieurs bobines sont raccordées en série. Elles ont les valeurs suivantes :

$$C_1 = 10 \text{ [mH]} \quad C_2 = 220 \text{ [mH]} \quad C_3 = 50 \text{ [mH]} \quad C_4 = 5600 \text{ [\mu H]} \quad C_5 = 0.010 \text{ [H]}$$

Donner l'ordre de grandeur de l'inductance équivalente et effectuer ensuite le calcul

5. Les mêmes bobines sont raccordées en parallèle. Calculer l'inductance équivalente.

Réponses :

1.	$C = 2.24 \text{ [nF]}$	2.	94.6 [nF]
3.	$C = 84 \text{ [nF]} \quad L = 45.08 \text{ [mH]}$	4.	295.6 [mH]
5.	2.48 [mH]		