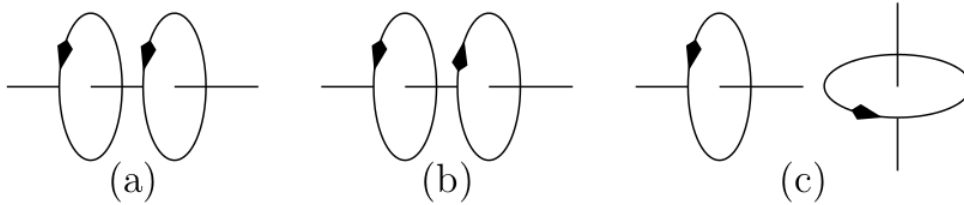


TD EM 6 - Circuit fixe dans un champ magnétique variable

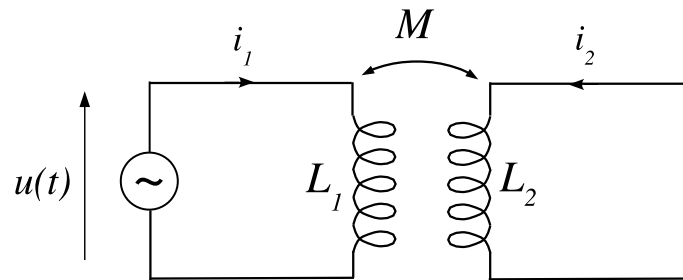
1 Inductances mutuelles

On considère trois associations de deux bobines, parcourues par des courants dont le sens est indiqué sur le schéma ci-contre. Dans chaque cas, indiquer le signe de l'inductance mutuelle.



2 Inductance équivalente

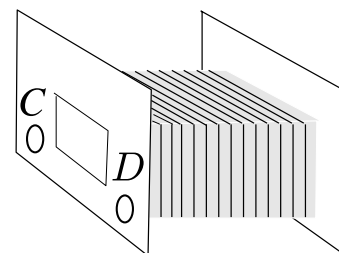
Un ensemble de deux circuits couplés, non résistifs ($R_1 = R_2 = 0$) a son bobinage secondaire en court-circuit. Un générateur est branché aux bornes du circuit primaire. Il impose une tension variable $u(t) = U_m \cos \omega t$.

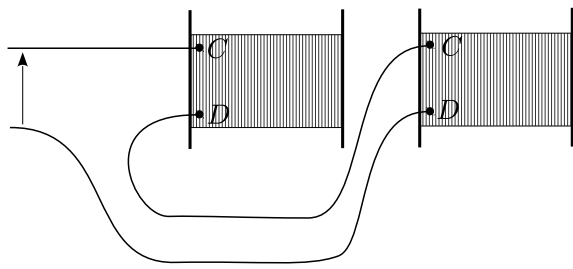


1. Écrire le système d'équations différentielles régissant l'évolution des intensités.
2. Éliminer de ce système l'intensité $i_2(t)$, de manière à faire apparaître la relation entre $u(t)$ et $i_1(t)$. Quel comportement a le circuit couplé vu depuis le générateur ?
3. Reprendre la mise en équation à l'aide de l'écriture complexe et vérifier que l'on retrouve le même résultat.

3 Couplage entre deux bobines ★

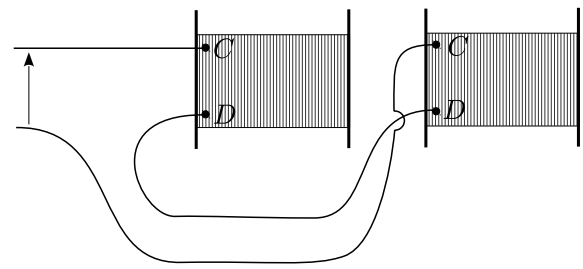
On dispose de deux bobines identiques (S_1) et (S_2) chacune d'inductance propre L et de résistance ohmique $r = 8 \Omega$. On repère les bornes de chaque bobine par les lettres C et D . Les deux bobines sont placées à proximité l'une de l'autre. On les connecte en série sans les déplacer de manière à créer un nouveau dipôle. La connexion se fait suivant les deux possibilités suivantes :





Dipôle (a)

la borne D de (S_1) est reliée à la borne C de (S_2)



Dipôle (b)

la borne D de (S_1) est reliée à la borne D de (S_2)

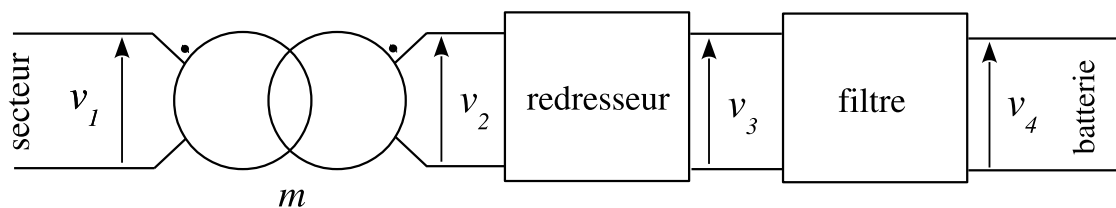
On alimente successivement chacun des dipôles (a) et (b) par un courant sinusoïdal de fréquence $f = 2,0$ kHz. La mesure du module de l'impédance donne $Z_a = 375 \Omega$ et $Z_b = 225 \Omega$. En déduire les valeurs de l'inductance propre L de chaque bobine et l'inductance mutuelle M des deux bobines.

Réponses : $L = 12$ mH ; $M = 3,0$ mH.

4 Dimensionnement d'un transformateur

On cherche à dimensionner le transformateur utilisé pour recharger un portable. La chaîne d'énergie, logée dans un boîtier placé sur le cordon d'alimentation du portable se compose successivement :

- de l'alimentation EDF du secteur qui délivre la tension $v_1(t) = V_0 \sin(2\pi f_0 t)$, où $f_0 = 50$ Hz et $V_0 = 240$ V,
- d'un transformateur, dont la sortie est $v_2(t) = V_{0,2} \sin(2\pi f_0 t)$ et dont le rapport de transformation est noté m ,
- d'un redresseur, montage qui délivre la valeur absolue v_3 de la tension d'entrée v_2 ,
- d'un filtre moyenneur, dont la sortie v_4 est la valeur moyenne de la tension d'entrée v_3 . La batterie du portable est branchée à la sortie, elle requiert une tension de charge constante $v_4 = 12$ V.



1. Que vaut $V_{0,2}$ en fonction de V_0 ?
2. Tracer le diagramme de la tension $v_3(t)$.
3. Quelle est la nature du filtre utilisé entre v_3 et v_4 (passe-bas, passe-haut, passe-bande...) ? Proposer une valeur pour sa fréquence de coupure.
4. Établir l'expression de la tension v_4 en fonction de V_0 .
5. En déduire la valeur de m .

Réponse : $m = 7,9 \cdot 10^{-2}$

5 Table à induction ★★★

Le chauffage du fond métallique des récipients de cuisson peut être directement réalisé au moyen de courants de Foucault induits par un champ magnétique variable.

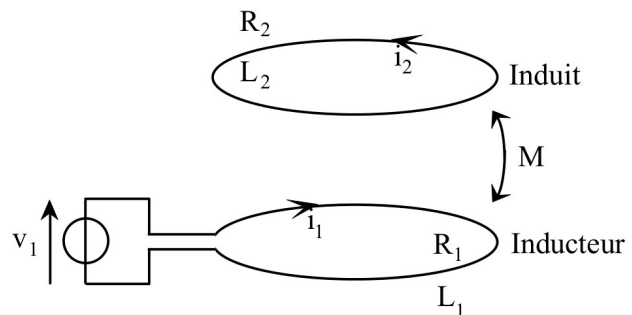
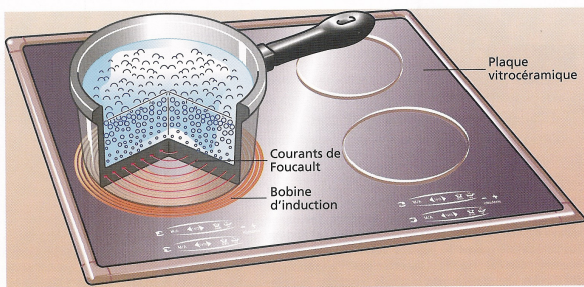
Logé dans une table en céramique, un bobinage, nommé l'inducteur, alimenté en courant sinusoïdal génère ce champ. Le transfert d'énergie électrique s'effectue par induction mutuelle entre ce bobinage et la plaque assimilable à une spire unique fermée sur elle-même, située au fond d'une casserole.



L'inducteur est un bobinage de 20 spires dont la résistance totale est $R_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \Omega$ et d'inductance propre $L_1 = 30 \mu\text{H}$.

La plaque de résistance $R_2 = 8,3 \text{ m}\Omega$ et d'inductance propre $L_2 = 0,24 \mu\text{H}$, nommée l'induit est assimilable à une spire unique refermée sur elle-même.

L'inducteur est alimenté par une tension sinusoïdale $v_1(t)$ de fréquence $f = 25 \text{ kHz}$. L'ensemble plaque (induit) - inducteur se comporte comme deux circuits couplés par une mutuelle M estimée à $2 \mu\text{H}$ en valeur absolue.



1. Écrire les équations électriques relatives aux deux circuits (équations de couplage entre i_1 et i_2).
2. On se place en régime sinusoïdal permanent et on utilise la notation complexe :
on pose $\underline{v}_1 = \underline{V}_1 e^{j\omega t}$, $\underline{i}_1 = \underline{I}_1 e^{j\omega t}$, $\underline{i}_2 = \underline{I}_2 e^{j\omega t}$.
Déduire d'une des équations électriques l'expression littérale du rapport des amplitudes complexes $\frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_1}$.
3. En déduire l'expression littérale de l'impédance d'entrée complexe : $\underline{Z}_e = \frac{\underline{V}_1}{\underline{I}_1}$.
4. Montrer que l'on peut négliger R_2^2 devant $(L_2\omega)^2$ avec une erreur relative inférieure à 5%.
En déduire une expression approchée du module $\left| \frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_1} \right|$. Faire l'application numérique.
5. Calculer numériquement la valeur de $|\underline{Z}_e|$.
6. Pour des raisons de sécurité, on se fixe comme objectif de limiter les pertes par effet Joule dans l'inducteur à 50 W. Quelle est alors la valeur efficace maximale de la tension d'alimentation, de l'intensité du courant dans la plaque et de la puissance de chauffe développée dans celle-ci. Cette valeur vous semble-t-elle raisonnable ?

Réponses : $\left| \frac{I_2}{I_1} \right| = 8,3$; $|Z_e| = 2,2 \Omega$.