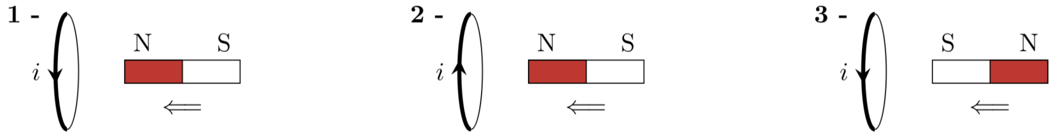
OS – TD 12

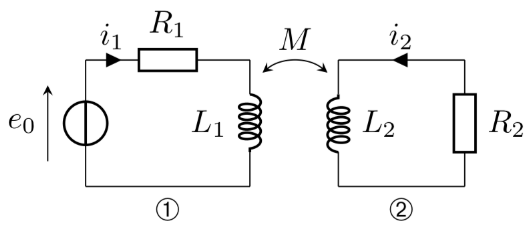
Lois de l'induction

I - Signe du courant induit

Dans chacun des circuits ci-dessous, la spire circulaire et/ou l'aimant droit sont déplacés dans le sens indiqué par la double flèche. Indiquer le signe du courant i apparaissant dans la spire pendant le déplacement.



II - Inductance mutuelle



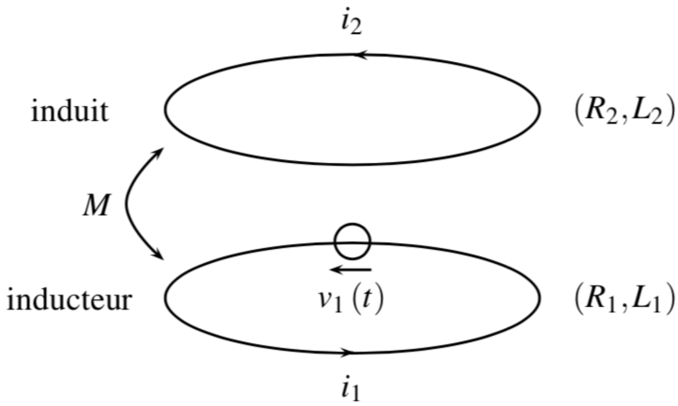
1. Etablir les lois de comportements des deux bobines en tenant compte de l'induction mutuelle.
2. En déduire le système d'équations différentielles couplées vérifié par i_1 et i_2.

3. On se place en RSF. Etablir l'expression de l'impédance complexe apparente de la bobine L_1 en présence du circuit 2.

III - Table de cuisson par induction

Dans la cuisson à induction, le fond métallique des récipients de cuisson est directement chauffé par des courants de Foucault induits par un champ magnétique variable. Ce champ est créé par un bobinage, nommé inducteur, qui est alimenté en courant sinusoïdal.
On fait la modélisation suivante :

- L'inducteur est assimilé à une bobine de résistance $R_1 = 1,8.10^{-2}\Omega$ et d'inductance propre $L_1 = 30\mu$H. Il est alimenté par une tension $e_g(t)$ sinusoïdale de fréquence 25 kHz et valeur efficace égale à 24 V.
- Le fond du récipient est assimilé à une spire de courant de résistance $R_2 = 8,3m\Omega$ et d'inductance propre $L_2 = 0,24\mu$H.
- Les deux circuits sont couplés par une mutuelle inductance M.

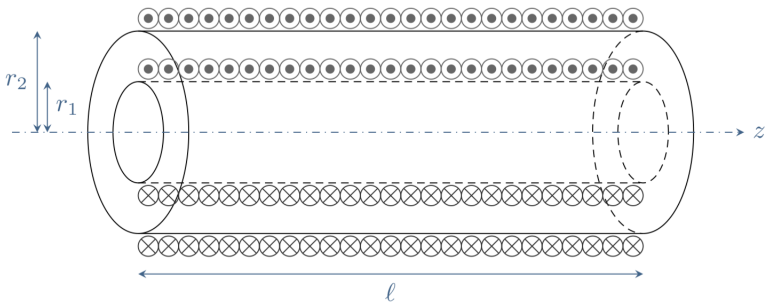


1. Ecrire les équations de couplage entre les intensité i_1 et i_2 dans l'inducteur et dans l'induit.

2. En déduire l'expression littérale du rapport $\dfrac{I_{2,0}}{I_{1,0}}$ des amplitudes des courants $i_1(t)$ et $i_2(t)$.
3. En déduire l'expression littérale de l'impédance d'entrée du système : $\underline{Z_e} = \dfrac{\underline{e_g}}{\underline{i_1}}$.
4. Vérifier que $R_1 \ll L_1\omega$. On supposera également qu'on peut négliger R_2^2 devant $(L_2\omega)^2$. Simplifier les expressions littérales précédentes et effectuer les applications numériques en prenant $M = 2\mu$H.
5. On soulève la plaque à chauffer. Comment varie l'amplitude du courant i_1 circulant dans l'inducteur ?

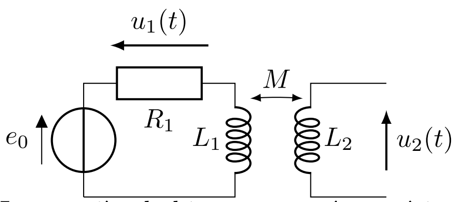
IV - Solénoïdes imbriqués

Deux solénoïdes $\mathcal{S}_1$ et $\mathcal{S}_2$ de même axe (Oz), de même longueur l et de rayons r_1 et $r_2 > r_1$ sont emboîtés l'un dans l'autre, voir figure. Ils présentent tous deux le même nombre de spires N. On suppose que la longueur l est très supérieure aux rayons, si bien que le champ magnétique produit à l'intérieur du solénoïde p ($p = 1$ ou 2) est $\overrightarrow{B_p} = \mu_0 n i_p \vec{e_z}$.
La bobine intérieure est parcourue par un courant $i_1(t) = I\cos(\omega t)$, avec $I = 1$ A. La bobine extérieure est en court-circuit.



1. Déterminer les coefficients d'induction propre L_1, L_2, et le coefficient d'induction mutuelle M.
2. En négligeant les résistances internes des fils, déterminer le courant $i_2(t)$ parcourant la bobine extérieure. Quelle est son amplitude ?
3. Que vaut le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde central ?

V - Méthode de mesure de M



Le montage ci-contre permet de mesurer le coefficient d'inductance mutuelle entre deux circuits, représentés ici par deux bobines. Les deux bobines se font face comme sur la figure.

La première bobine est montée en série avec une résistance $R = 100\,\Omega$ et un générateur de tension e_0 harmonique de fréquence $f = 2,0$ kHz. Les tensions u_1 et u_2 sont mesurées grâce à un oscilloscope supposé idéal, c'est-à-dire de résistance d'entrée infinie.

1. Justifier pourquoi l'intensité circulant dans la bobine 2 est nulle.
   D'après la loi de comportement habituelle de la bobine, que vaudrait alors la tension u_2 ? Pourquoi cette loi n'est elle pas applicable telle quelle ici ?
2. Exprimer la tension u_2 en fonction de M, R et u_1.
3. Calculer M sachant que les tensions lues à l'oscilloscope ont des amplitudes $U_1 = 3,00$ V et $U_2 = 0,50$ V.
4. Comment faut-il placer les deux bobines pour que le coefficient M soit le plus grand possible ?