
[I] TP n°1 – Expériences d'induction (4h)

Ce TP présente divers expériences de magnétisme et d'induction.

⚠ À lire attentivement

Avant de se lancer dans une expérience, il est nécessaire de vérifier quel type de générateur il faut utiliser. Deux choix sont possibles. Le GBF « traditionnel » ne présente pas de risque et peut être utilisé sans risque. Les alimentations de puissance (continue ou alternatives), repérées par le symbole (⚡), peuvent quand à elles générer plusieurs ampères. Elles ne sont pas dangereuses pour vous mais pour le matériel. Ainsi, pour chaque expérience utilisant une alimentation de puissance (⚡), il faudra constamment veiller à ce que l'intensité ne dépasse pas l'intensité maximale autorisée par les différents éléments du montage.

De plus, à chaque fois que vous avez un courant de plus de 500 mA, ne pas laisser le générateur allumer en permanence. Allumer le générateur, régler l'intensité souhaitée, effectuer la mesure, puis éteindre assez rapidement le générateur. Autrement, la chaleur libérée par effet Joule risque de faire fondre les plastiques.

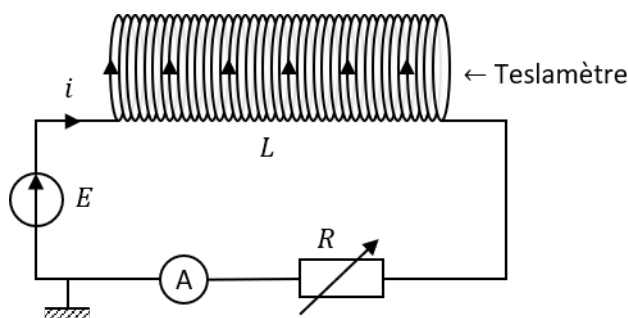
I) Étude d'une auto-induction

1) Proportionnalité entre i et B

L'objectif de cette partie est de vérifier la relation de proportionnalité entre un courant i et la norme du champ magnétique propre B qu'il génère.

⚙ Réaliser le montage ci-dessous.

- Le générateur est une alimentation continue de puissance (⚡) réglable $0 \rightarrow 12$ V (initialement réglée sur une tension de faible amplitude).
- La bobine est une bobine longue.
- La résistance variable est un rhéostat (le régler initialement sur sa résistance maximale).
- L'ampèremètre est branché sur le calibre 10 A
- Le teslamètre se branche sur la carte d'acquisition SYSAM, logiciel LatisPro. Effectuer le zéro de l'appareil avant d'allumer le générateur.



- ⚙ Vérifier qualitativement que le champ magnétique est uniforme dans la bobine, tant que l'on ne se trouve pas trop près des faces de sortie.
- ⚙ Faire varier l'intensité, en jouant sur le générateur ou sur le rhéostat. Mesurer i et le champ B correspondant.
- ⚙ Sur Regressi, tracer B en fonction de i et constater la relation de proportionnalité. En déduire la valeur de N . Garder la courbe pour la partie suivante.

2) Détermination du coefficient d'auto-induction

Pour une bobine longue et en négligeant les effets de bords, le champ magnétique au sein de la bobine s'écrit :

$$B = \frac{\mu_0 N i}{d} \quad \text{avec : } \mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$$

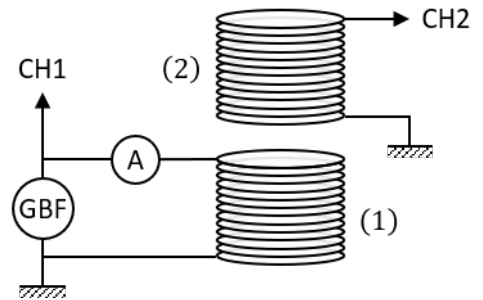
où N est le nombre de spires et d la longueur de la bobine.

- 🏠 Établir le lien entre le flux propre ϕ , le champ magnétique B et des paramètres de la bobine.
- ⚙️ Sur Regressi, tracer ϕ en fonction de i et effectuer une régression linéaire. Comparer à la valeur de l'inductance L donnée par un RLC-mètre. Conclure.

II) Étude d'une inductance mutuelle

1) Mesure de M connaissant L

- ⚙️ Prendre deux bobines identiques (500 ou 1000 spires, au choix). Mesurer l'inductance propre L et la résistance R des bobines au RLC-mètre.
- ⚙️ Pour une fréquence $f = 1$ kHz, justifier qu'il soit possible de négliger la résistance des bobines.
- ⚙️ Avec ces deux bobines, réaliser le montage ci-contre. Les deux bobines sont positionnées l'une sur l'autre, bien face à face. Le générateur est un GBF de puissance (🔌) qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence 1 kHz. Régler la tension pour avoir du courant d'un ampère environ.



- 🏠 En notant $u_1(t)$ et $u_2(t)$ les tensions mesurées sur les voies CH1 et CH2, montrer que : $u_2(t) = \frac{M}{L} u_1(t)$.
- ⚙️ Mesurer les tensions efficaces de $u_1(t)$ et $u_2(t)$ à l'oscilloscope. En déduire la valeur de M .
- ⚙️ Observer qualitativement influence de la configuration relative des circuits sur M : éloigner la bobine (2), tourner la bobine (2), retirer le noyau en fer, etc.

2) Mesure de M sans connaître L

- ⚙️ Avec le même matériel que précédemment, réaliser le montage ci-contre. Conserver le même signal au GBF.

On envisage en réalité deux montages. Le premier est celui qui vient d'être branché. Le second est similaire au premier, en inversant simplement les deux bornes de branchement de l'une des deux bobines. On note (a) la configuration où l'intensité est minimale et (b) la configuration où l'intensité est maximale. On introduit :

$$\alpha = \frac{U_1}{I_a} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{U_1}{I_b}$$

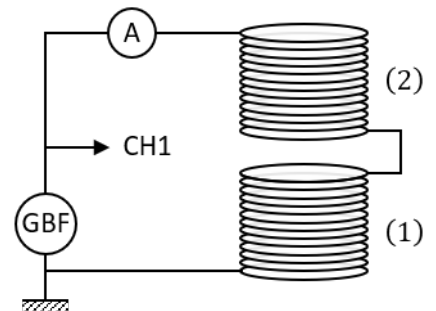
le rapport des amplitudes de la tension aux bornes du générateur et de l'intensité, dans les circuits (a) et (b).

- ⚙️ Mesurer à l'oscilloscope la valeur efficace de la tension aux bornes du générateur. Mesurer à l'ampèremètre la valeur efficace de l'intensité dans les circuits (a) et (b).

On peut montrer que :

$$L = \frac{\alpha + \beta}{4\omega} \quad \text{et} \quad M = \frac{\alpha - \beta}{4\omega}$$

- ⚙️ Déterminer L et M et conclure.



III) Transformateur

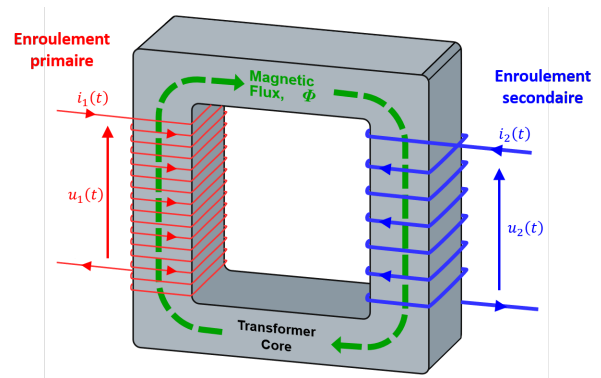
1) Rapport de transformation

Un transformateur parfait permet de réaliser une conversion de tension sans perte de puissance. Pour un transformateur parfait, on rappelle que le rapport de transformation m vaut :

$$m = \frac{u_2}{u_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

L'électricité peut ainsi être transportée sur de longues distances à haute tension et faible intensité, afin de limiter l'effet Joule.

Un transformateur peut également posséder un rapport de transformation $m = 1$. On parle alors de transformateur d'isolement. Cela permet d'isoler un montage électrique du reste du réseau.



🔧 À l'aide de 2 bobines et d'un tore en fer feuilleté, réaliser un transformateur. Avec un GBF traditionnel appliquer au primaire une tension sinusoïdale de fréquence 100 Hz et d'amplitude 10 V.

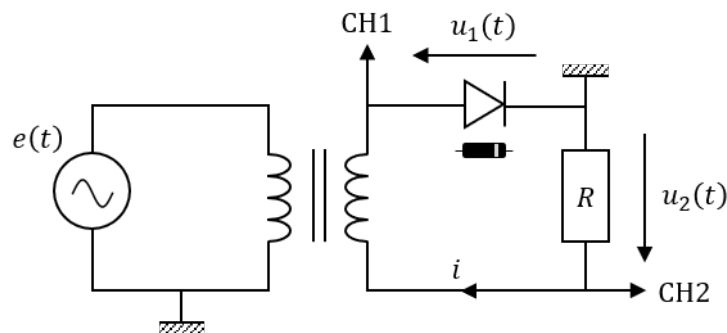
🔧 Observer les tensions u_1 et u_2 à l'oscilloscope afin de vérifier que le rapport de transformation est tel qu'attendu.

2) Utilisation d'un transformateur d'isolement

Dans le cadre des TP, un transformateur d'isolement permet d'isoler un circuit (2) de la masse du GBF alimentant un circuit (1). Ainsi, tout se passe comme si le circuit (2) était alimenté par un générateur (l'enroulement secondaire se comporte comme un générateur de Faraday) sans masse. On peut alors, dans le circuit (2), choisir de placer la masse où cela nous arrange.

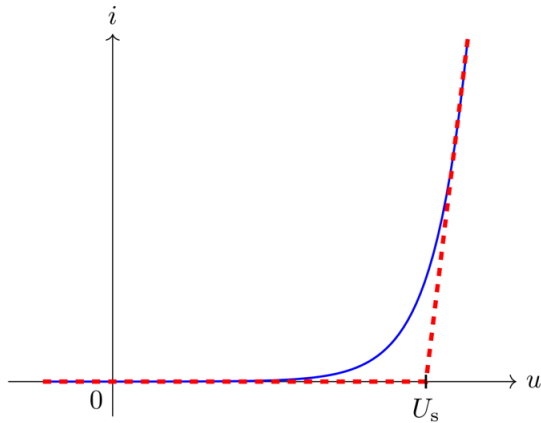
On souhaite réaliser l'acquisition à l'oscilloscope en temps réel de la caractéristique courant-tension d'une diode. Pour cela, il est nécessaire d'acquérir simultanément la tension $u(t)$ aux bornes de la diode et le courant $i(t)$ la traversant. La mesure de $i(t)$ se fait à travers la mesure de la tension aux bornes d'une résistance.

🔧 Réaliser le montage ci-dessous. Faire attention au sens de branchement de la diode.



La voie CH1 mesure directement la tension $u_1(t)$ aux bornes de la diode. La voie CH2 mesure une tension proportionnelle à l'inverse de l'intensité (résistance en convention générateur) : $u_2(t) = -Ri(t)$. Sur l'oscilloscope, dans le menu de CH2, « inverser » la voie. Cela permet d

🔧 Sur l'oscilloscope, dans le menu de CH2, « inverser » la voie : cela permet de tracer $-u_2(t)$ au lieu de $u_2(t)$. Afficher en mode XY. Jouer sur les réglages des calibres des voies CH1 et CH2 afin d'afficher la caractéristique de la diode, appelée ci-dessous.



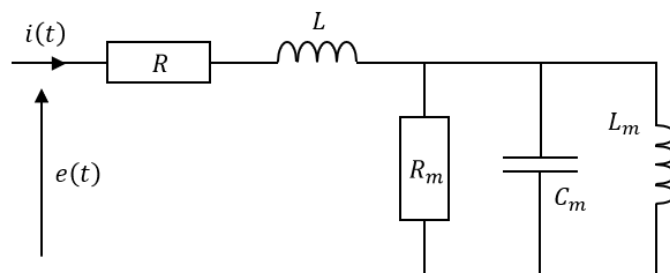
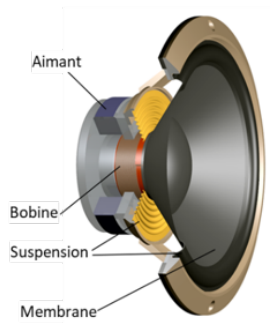
L'équation de la caractéristique :

$$i = I_0 \left(e^{u/U_s} - 1 \right)$$

où la tension $U_s \sim 0,6 \text{ V}$ est la tension de seuil de la diode et $I_0 \sim 100 \text{ nA}$.

IV) Haut-parleur électrodynamique

Un haut-parleur est un appareil électromécanique qui transforme un signal électrique en signal sonore. La production du son est obtenue par le déplacement d'une membrane dans l'air. Un aimant permanent (à symétrie de révolution) crée un champ magnétique permanent dans lequel se déplace l'équipage mobile constitué d'une bobine et relié à la membrane par une suspension élastique.



On peut montrer qu'un haut-parleur électrodynamique est équivalent au filtre électrique ci-dessus. L'impédance équivalente de ce filtre vaut :

$$\underline{Z} = \frac{u}{i} = R + j\omega L + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_m + \frac{1}{j\omega L_m} \right)^{-1}$$

⚙️ Réaliser le montage ci-contre. Utiliser un GBF de puissance (🔌). Mesurer les valeurs efficaces de i à l'ampèremètre et de e à l'oscilloscope. Allumer le générateur uniquement lors des mesures, afin qu'un son ne soit pas émis en permanence! Tracer $|\underline{Z}|$ en fonction de f sur Regressi en échelle log-log.

⚙️ Pourquoi cette courbe d'impédance n'est-elle pas en cohérence avec l'intensité du son perçu lors des mesures? Pourquoi lors, d'un concert par exemple, est-il nécessaire d'avoir un haut-parleur spécifique pour les sons graves et un haut-parleur spécifique pour les sons aigus?

