

TP9 Electromagnétisme

Dans ce TP, les courants électriques sont de l'ordre de l'ampère. Il conviendra donc de ne pas laisser les expériences sous tension trop long : une fois votre mesure faite, éteindre le générateur. Utilisez la borne A de l'ampèremètre (et non la 400 mA).

1 Champ magnétique créé par une bobine

Vous disposez d'une bobine comportant deux enroulements indépendants identiques, ainsi que d'un ampèremètre, d'un teslamètre, et d'une règle graduée.

Lors du démarrage du teslamètre, une calibration est faite de façon à s'affranchir des champs magnétiques créés par l'environnement de la pièce. Cela veut dire que l'appareil "fait le zéro" automatiquement.

1. Proposer un montage permettant d'alimenter l'un des deux enroulements, avec un courant continu i d'environ 1 A mesuré à l'ampèremètre, et la mesure du champ magnétique. Dessiner le schéma de ce montage.
2. Mesurer le courant i précisément et le champ magnétique B_{exp} créé au centre du solénoïde. Estimer les incertitudes-types $u(i)$ et $u(B_{exp})$. Le modèle du solénoïde infini donne $B_{th} = \mu_0 n i$ avec n la densité de spires, i le courant mesuré et $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H.m⁻¹ la perméabilité magnétique du vide.
3. Mesurer n et estimer $u(n)$.
4. Calculer B_{th} et $u(B_{th})$.
5. Calculer l'écart normalisé z et conclure.
6. Faire une expérience dans laquelle les deux enroulements sont alimentés et créent des champs magnétiques qui se compensent. Schématiser. Expliquer.

Aide pour les incertitudes :

- Si l'appareil de mesure affiche une valeur a qui ne fluctue pas, l'incertitude type $u(a)$ est égale à la précision indiquée sur la notice, divisée par $\sqrt{3}$. A priori, utiliser cette méthode pour obtenir l'incertitude sur la mesure de courant.
- Si la valeur affichée fluctue, ou dépend beaucoup de l'expérimentateur, on peut réaliser plusieurs mesures. L'incertitude-type correspond à l'écart type des mesures. A priori, utiliser cette méthode pour obtenir l'incertitude sur le champ magnétique mesuré au teslamètre.
- Composition d'incertitudes types (remplace le tableur habituel) : x , y et z sont des grandeurs physiques ayant les incertitudes types $u(x), u(y), u(z)$, et α est une constante.

$$\text{pour } y = \alpha x; \quad u(y) = \alpha u(x)$$

$$\text{pour } y = \frac{1}{x}; \quad \frac{u(y)}{y} = \frac{u(x)}{x}$$

$$\text{pour } z = xy; \quad \frac{u(z)}{z} = \sqrt{\left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 + \left(\frac{u(y)}{y}\right)^2}$$

2 Bobines couplées

La bobine de petit rayon est appelée bobine 1, et celle de grand rayon est appelée bobine 2. Faire les schémas des montages associées aux deux expériences.

1. A l'aide du multimètre en mode ohm-mètre, directement branché sur les bobines, mesurer les résistances internes r_1 et r_2 des deux bobines et les comparer. Etes-vous surpris.e ?
2. Mesurer la fréquence f de la tension d'alimentation alternative de puissance, avec le multimètre. Commenter.
3. On alimente la bobine 2 avec le générateur, sur les bornes d'alimentation alternative 24 V. Mesurer le courant efficace I_2 (ampèremètre en mode AC, placé en série) qui circule dans le montage, ainsi que la valeur efficace de la tension induite U_1 aux bornes de la bobine 1 laissée en circuit ouvert (Brancher directement le multimètre en mode voltmètre en parallèle sur la bobine 1).
4. En déduire le coefficient d'induction mutuelle $M = U_1 / (I_2 2\pi f)$. Justifier cette dernière relation à l'aide de la relation de Faraday passée en régime sinusoïdal, et des rappels ci-dessous.
5. On alimente à présent la bobine 1 avec le générateur alternatif. On place en série un rhéostat de 10Ω pour limiter le courant. Mesurer le courant I_1 et la tension induite U_2 . En déduire une nouvelle mesure de M .
6. Conclusion : les deux valeurs de M sont-elles compatibles ?

Rappel de cours : loi de Faraday

Lorsqu'un circuit fixe est soumis à un champ magnétique dépendant du temps, tout se passe comme si le circuit fixe comportait une source de tension supplémentaire, de force-électromotrice

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{avec } \Phi \text{ le flux du champ magnétique à travers le circuit}$$

Il faut se placer en convention générateur pour e . Le courant i sert également à orienter le circuit, et à définir le bon signe pour le flux.

Rappel de cours : inductance mutuelle

Un circuit 1 est parcouru par un courant i_1 et crée un champ magnétique \vec{B}_1 dépendant du temps. Un circuit 2 situé à proximité reçoit les ligne de champ magnétique \vec{B}_1 . Le flux de \vec{B}_1 à travers le circuit 2 est alors proportionnel à i_1 :

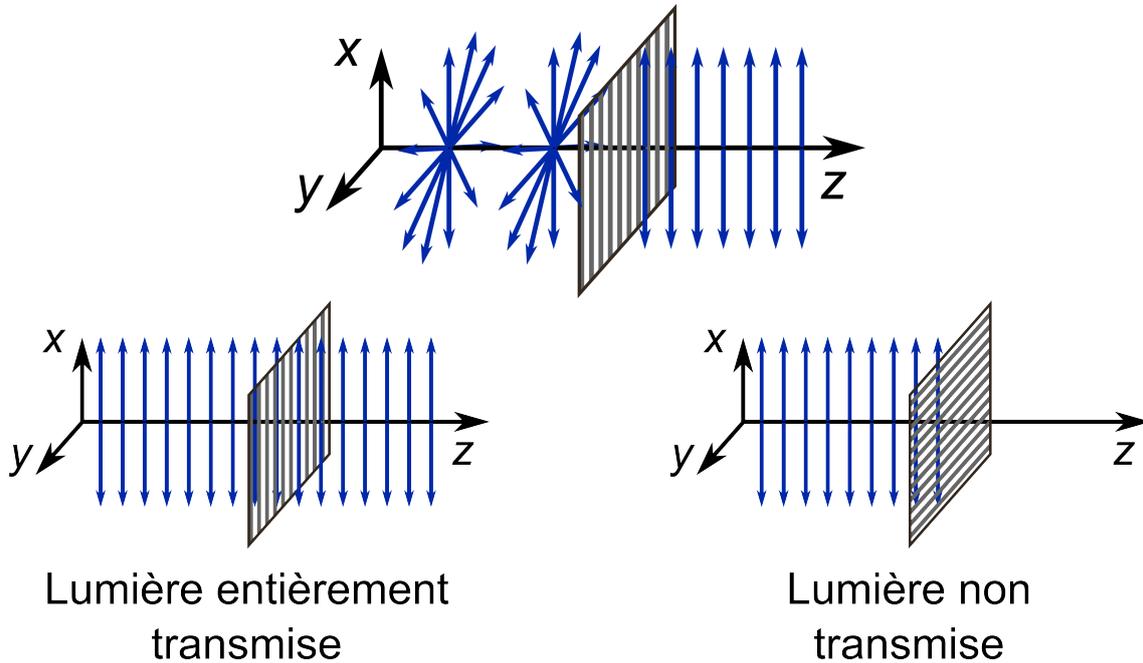
$$\Phi_{1 \rightarrow 2} = M i_1 \quad \text{avec } M \text{ le coefficient d'inductance mutuelle entre les deux circuits.}$$

Si les deux circuits gardent la même position, et si on fait le contraire : alimentation du circuit 2 qui crée un champ magnétique \vec{B}_2 à travers le circuit 1, on a

$$\Phi_{2 \rightarrow 1} = M i_2 \quad \text{avec le même coefficient } M$$

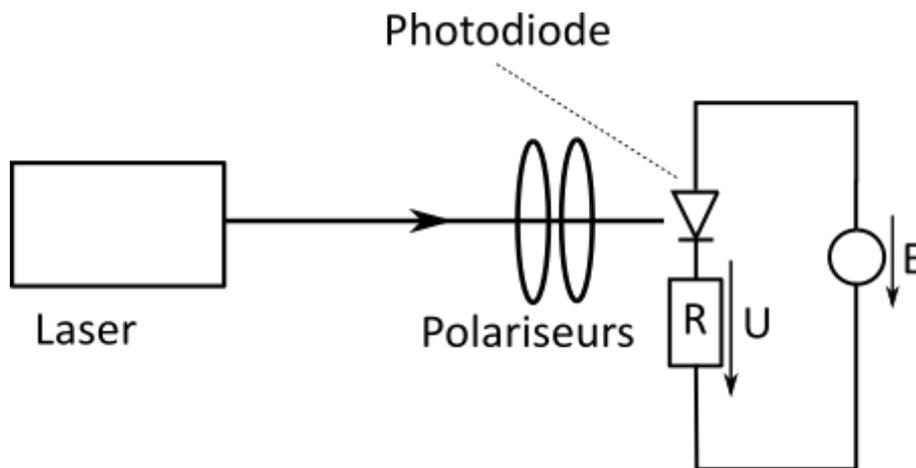
3 Polarisation de la lumière

Vous disposez d'un ensemble de **polariseurs** de direction réglable. Un polariseur est constitué de polymères étirés dans une direction appelée **axe** du polariseur. Nous verrons dans un chapitre ultérieur que la lumière peut être modélisée par une onde électromagnétique transversale. Le polariseur sélectionne la composante du champ électrique parallèle à son axe.



1. Qu'observe-t-on lorsque la lumière traverse successivement les 2 polariseurs lorsque leurs axes sont orthogonaux? Cette configuration est appelée **polariseurs croisés**.

Dans la suite, nous allons travailler à partir du montage suivant pour étudier l'intensité lumineuse à la sortie du bloc des deux polariseurs en fonction de l'angle θ entre leurs axes.



On prendra $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $E = 2 \text{ V}$. Bien faire attention au sens du générateur : la photodiode est alimentée en inverse. Dans cette configuration, elle délivre un courant proportionnel à la puissance lumineuse qu'elle reçoit.

2. Réaliser le montage.
3. Dans un premier temps, on met un seul polariseur. Observer l'évolution de la tension U en fonction de la position de l'axe du polariseur. Repérer la direction où elle est maximale.

4. Placer alors le second polariseur derrière, en lui mettant exactement le même angle. Mesurer alors la tension U_0 qui servira de référence (différente suivant les groupes).
5. On fait tourner le second polariseur et on appelle θ l'angle entre les deux axes des polariseurs (θ vaut 0 dans la configuration de la question précédente). Mesurer $U(\theta)$ pour une dizaine de valeurs bien choisies.

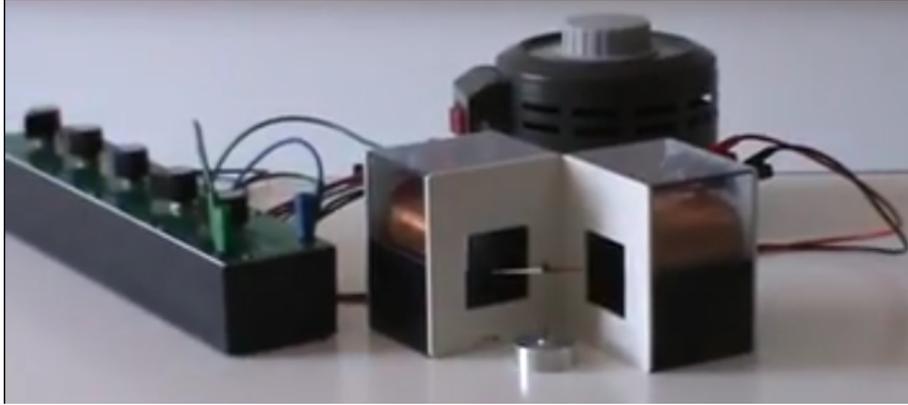
Les lois de l'électromagnétisme donnent le modèle suivant : $U(\theta) = U_0 \cos^2(\theta)$.

6. Construire sur excel la courbe de U en fonction de $\cos^2(\theta)$. Le modèle est-il validé ?
7. Rédiger une synthèse de votre travail sur cette expérience.

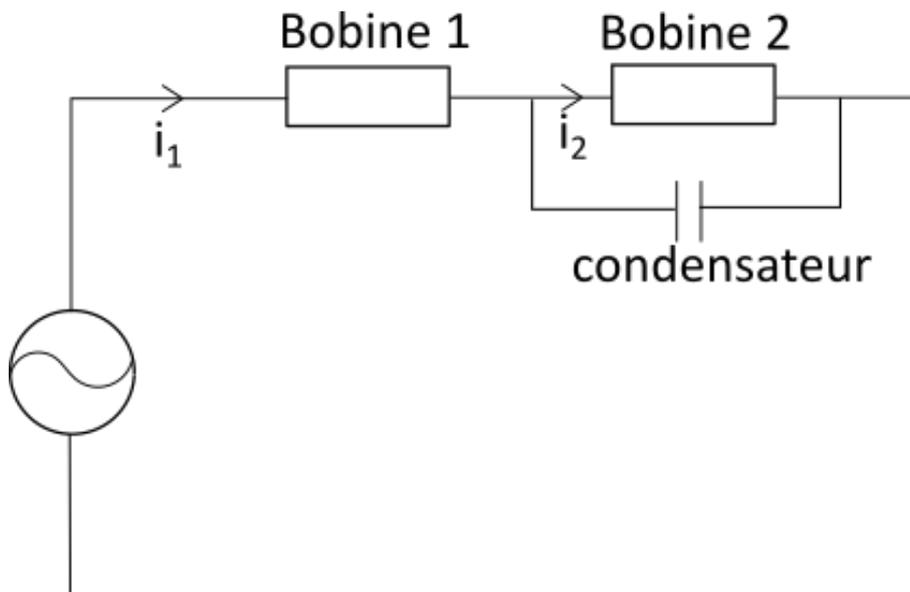
4 Création d'un champ magnétique tournant

Le moteur électrique synchrone a été étudié en sii. Il s'agit d'une machine complexe, dont le principe de fonctionnement est le suivant : les bobinages fixes du stator créent un champ magnétique tournant, qui entraîne le rotor.

Dans cette expérience, le rotor est une aiguille aimantée, et le stator est constitué de deux bobines identiques, placées à 90° .



Pour créer un champ magnétique tournant, les deux bobines doivent être alimentées avec des courants ayant un déphasage entre eux de $\pi/2$. Le circuit suivant est envisagé :



1. Réaliser ce circuit avec l'un des trois condensateurs fournis, et avec une alimentation de 6 Volts alternative.
2. Observer l'image courants i_1 et i_2 à l'oscilloscope à l'aide des pinces de courants.
3. Mesurer le déphasage entre les deux courants. Pour quelle valeur de C les deux courants ont le déphasage le plus proche de $\pi/2$?
4. Faire bouger légèrement les noyaux de fer situés dans les bobines pour rapprocher le déphasage de $\pi/2$ si possible.
5. Tenter de lancer l'aiguille aimantée en rotation, en passant à une alimentation de 12 V et 24 V si nécessaire. Attention à ne pas laisser longtemps sous tension, car les condensateurs chauffent et peuvent se détériorer.
6. Rédiger une synthèse de votre expérience.