

## Thème I. Ondes et signaux (Induction) TD n°23 Lois de l'induction

Exercice n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Capacités								
Utiliser la loi de Lenz pour prédire les phénomènes physiques observés.	🔪	🔪		🔪	🔪			
Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.		🔪	🔪	🔪	🔪	🔪		
Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.		🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	
Exprimer le moment magnétique d'une spire plane.					🔪			
Exprimer le couple résultant des actions mécaniques de Laplace s'exerçant sur une spire en rotation.					🔪			

### Parcours possibles

- ☁ Si vous avez des difficultés sur ce chapitre : 1, 2, 3
- ☀ Si vous vous sentez moyennement à l'aise, mais pas en difficulté : 3, 4, 5.
- ☀ Si vous êtes à l'aise : 4, 5, 6, 7, 8.

### I Exercices d'applications directes du cours

#### Exercice n°1 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.

Q1.

Q3.

Q5.

Q2.

Q4.

Q6.

#### Exercice n°2 Rails de Laplace

On considère le dispositif des rails de Laplace. Les 2 rails, parallèles, sont séparés d'une distance  $\ell$ . Une barre, de longueur  $\ell$ , parallèle à  $(Oy)$  repose sur les deux rails perpendiculairement aux deux rails et peut glisser sur les rails selon un mouvement de translation rectiligne selon  $\pm \vec{u}_x$ . On repère la position de la barre par son abscisse  $x(t)$ . Le tout est plongé dans un champ magnétique vertical perpendiculaire au plan des rails :  $\vec{B}_e = B_e \vec{u}_z$ , avec  $B_e > 0$ .

- Q1. Faire un schéma du dispositif avec la base cartésienne représentée dessus. Choisir une orientation pour  $i$ .
- Q2. Exprimer le flux du champ magnétique à travers la surface délimitée par le circuit fermé, en fonction de  $B_e$ ,  $\ell$  et  $x(t)$ .
- Q3. Exprimer la force électromécanique induite dans le circuit par le déplacement de la barre.
- Q4. On note  $R$  la résistance de la barre (on néglige les résistances du reste du circuit). En déduire l'intensité du courant induit dans le circuit.
- Q5. Déterminer l'expression de la force de Laplace subit par la barre.
- Q6. L'exprimer en fonction de  $\dot{x}$ . Faire le lien avec la loi de modération de Lenz en reliant le sens de  $\vec{F}_\mathcal{L}$  au signe de  $\dot{x}$ .

### Exercice n°3 Calculer des courants induits

Dans chacun des six cas suivants, exprimer  $\epsilon$ , puis calculer la valeur efficace du courant induit dans la spire d'axe de révolution  $\Delta$ , de surface  $S = 10 \text{ cm}^2$  et de résistance  $R = 0,5 \Omega$ . Le champ magnétique sera toujours d'amplitude  $B_0 = 0,1 \text{ T}$ .

- Q1. Cas 1 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme parallèle à son axe et de fréquence 50 Hz.
- Q2. Cas 2 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme orthogonal à son axe et de fréquence 50 Hz.
- Q3. Cas 3 : la spire se translate sans changer d'orientation avec une vitesse de 2 m/s, parallèle à son axe dans un champ magnétique constant et uniforme.
- Q4. Cas 4 : la spire se translate sans changer d'orientation avec une vitesse de 2 m/s orthogonale à son axe, dans un champ magnétique constant et uniforme.
- Q5. Cas 5 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de 5 rad/s autour de son axe, dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe.
- Q6. Cas 6 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de 5 rad/s autour d'un de ses diamètres dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe (à  $t = 0$ ) de 0,1 T.

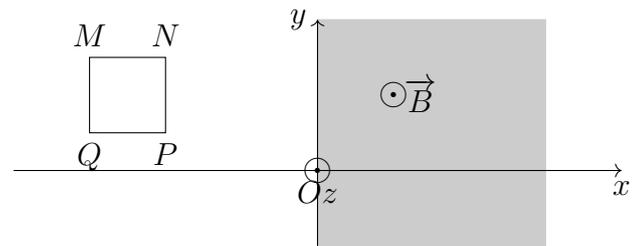
## II Exercices d'approfondissement

### Exercice n°4 Cadre en translation

Un champ constant et uniforme  $\vec{B} = B\vec{u}_z$  ( $B > 0$ ) règne dans le demi espace  $x \geq 0$ .

Un cadre conducteur  $MNPQ$  carré (de côté  $a$ ), rigide, de résistance totale  $R$ , se translate à la vitesse  $\vec{v} = v\vec{u}_x$ ,  $v > 0$  (cette vitesse est maintenue constante par un opérateur).

À l'instant  $t = 0$ , le fil  $NP$  est confondu avec l'axe  $Oy$ .



- Q1. À partir de quel instant  $t_1$  le cadre est-il entièrement dans la zone avec champ ?

On se place à un instant  $t \in [0, t_1]$  quelconque.

- Q2. Établir la fém d'induction  $e$  en fonction de  $B$ ,  $v$  et  $a$ .
- Q3. En déduire le courant  $i$  qui circule dans le cadre.
- Q4. Exprimer la force de Laplace en fonction de  $B$ ,  $a$ ,  $R$  et  $\vec{v}$ .

Comment se manifeste ici la loi de modération de Lenz ?

- Q5. Que se passe-t-il pour  $t > t_1$  ?

\*. Pour cela :

1. Représenter un schéma avec la spire, l'axe  $\Delta$  de la spire, le vecteur champ magnétique, et le déplacement de la spire le cas échéant.
2. Exprimer le flux.
3. Varie-t-il au cours du temps ?
4. En déduire la fem induite.
5. En déduire l'expression de l'intensité du courant.
6. En déduire sa valeur efficace comme étant l'amplitude divisée par 2.

### Exercice n°5 Spire en rotation

Une spire circulaire de surface  $S$  est en rotation, à la vitesse angulaire constante  $\omega$ , autour d'un de ses diamètres, qui constitue l'axe  $\Delta$ . Elle est placée dans un champ magnétique uniforme et stationnaire  $\vec{B}$ , orthogonal à  $\Delta$ .

On posera  $\theta = (\vec{B}, \vec{S})$ , l'angle allant de  $\vec{B}$  au vecteur surface  $\vec{S}$  de la spire.

Q1. Exprimer  $\theta$  en fonction de  $\omega$  et  $t$ .

Q2. Établir l'expression de la f.é.m. induite  $e$  dans la spire en fonction de  $B$ ,  $S$ ,  $\omega$  et  $t$ .

Q3. On note  $R$  la résistance électrique de la spire, établir l'expression de l'intensité du courant induit en fonction de  $B$ ,  $S$ ,  $\omega$ ,  $R$  et  $t$ .

Q4. En déduire l'expression du moment magnétique de la spire.

Q5. En déduire le couple de Laplace instantané puis moyen qui s'exerce sur la spire.

Dans quel sens est-il selon le sens du mouvement (c'est-à-dire le signe de  $\omega$ ) ? Faire le lien avec la loi de Lenz.

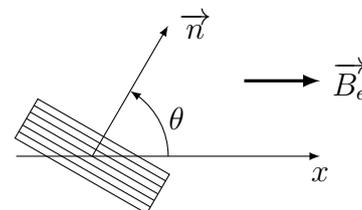
### Exercice n°6 Allumer une LED

Les bornes d'une bobine plate sont reliées à une LED qui s'allume dès que la tension efficace à ses bornes atteint la valeur de 1,6 V.

La bobine est constituée de  $N = 14$  spires circulaires de rayon  $a = 5,0$  cm, son axe étant orienté par le vecteur unitaire  $\vec{n}$ .

Elle est plongée dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_e = B_e \cos(\omega t) \vec{u}_x$ , avec  $B_e = 50$  mT et  $\omega = 6,0 \cdot 10^2$  rad  $\cdot$  s $^{-1}$ .

L'angle  $\theta$  est réglable.



Q1. Exprimer le flux de  $\vec{B}_e$  à travers la bobine.

Q2. En déduire la force électromotrice induite aux bornes de la bobine.

Q3. Déterminer l'inégalité que doit vérifier  $|\cos(\theta)|$  pour que la LED puisse s'allumer.

En déduire l'intervalle de  $\theta$  qui permet à la LED de s'allumer.

## III Résolution de problème

### Exercice n°7 Influence du champ terrestre sur un téléphone portable

Un expérimentateur tient son téléphone portable dans sa main. Il fait passer son téléphone d'une position horizontale à une position verticale afin d'entrer en communication.

On tient compte de la composante horizontale du champ magnétique terrestre, d'environ  $2 \cdot 10^{-5}$  T.

Évaluer l'ordre de grandeur de la f.é.m. induite dans le téléphone lors de son déplacement. Commenter.

Pour répondre à cette question, vous êtes libre de modéliser le phénomène de manière personnelle, mais crédible.

### Exercice n°8 Autoroute A43 et stimulateur cardiaque

L'autoroute A43 longe les bâtiments de l'usine de production d'aluminium de Saint-Jean-De-Maurienne. Un panneau suggère aux porteurs de stimulateurs cardiaques de modérer leur vitesse en longeant l'usine. Proposer une explication de ce principe de précaution, sachant que les cuves d'électrolyse utilisées dans l'usine sont alimentées par des courants de grande intensité pouvant atteindre quelques centaines de kA.

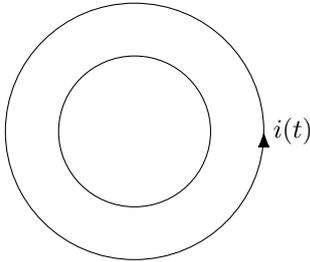
## IV Extraits du cahier d'entraînement de physique-chimie

### Entraînement 17.6 — Boucles imbriquées.



Deux boucles circulaires se trouvent dans le même plan.

Si le courant  $i(t)$  dans la boucle externe est dans le sens trigonométrique et augmente avec le temps, que vaut le courant induit dans la boucle interne ?



- (a) Il n'y a pas de courant induit.
- (b) Le courant induit est dans le sens des aiguilles d'une montre.
- (c) Le courant induit est antihoraire.
- (d) La direction du courant induit dépend des dimensions des boucles.

.....



### Entraînement 17.9 — Calcul de fém avec champ magnétique variable.



On plonge une spire de surface  $S(t)$  dans une zone où règne un champ magnétique  $B(t)$ . Déterminer la force électromotrice  $e = -\frac{d\Phi}{dt}$  induite pour les flux suivants :

- a)  $\Phi_1 = B_0 S_0 \cos(\omega t + \varphi)$  .....
- b)  $\Phi_2 = B_0 S_0 \times \left(1 + \frac{t}{\tau}\right) \exp^{-\frac{t}{\tau}}$  .....
- c)  $\Phi_3 = B_0(1 - \cos(2\omega t))S_0 \sin^2(\omega t)$  .....
- d)  $\Phi_4 = B_0 \cos(\omega t)S_0 \sin(3\omega t)$  .....