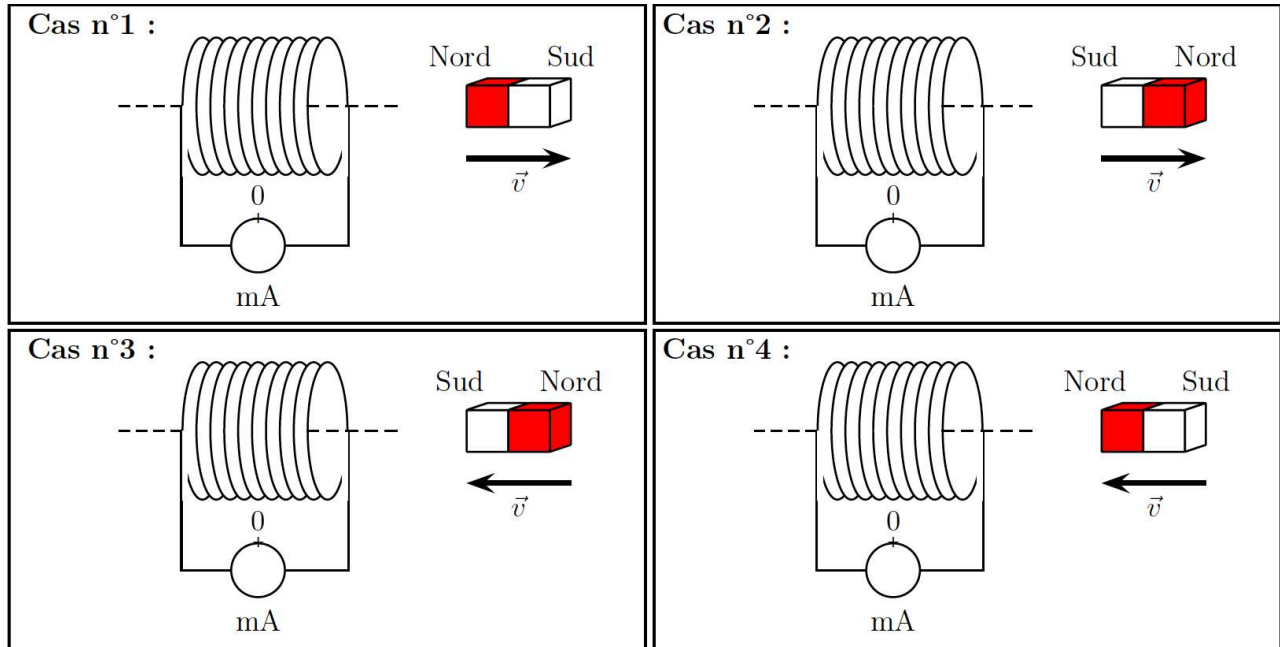


## Travaux dirigés d'induction n°2

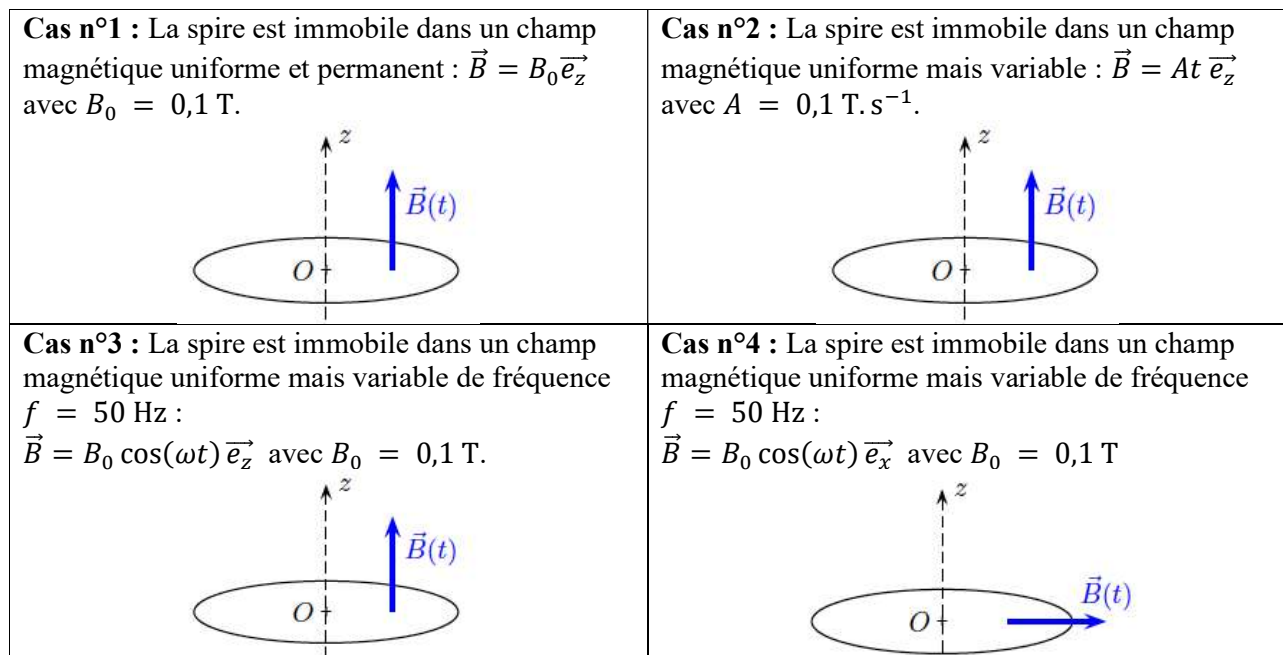
### Exercice 1 : Loi de Lenz

Pour les différentes situations ci-dessous, l'aimant se déplace suivant la direction indiquée par le vecteur  $\vec{v}$ . Prévoir, pour chaque cas, le sens du champ magnétique induit par la bobine et celui du courant induit par application de la loi de Lenz.



### Exercice 2 : Calcul de flux

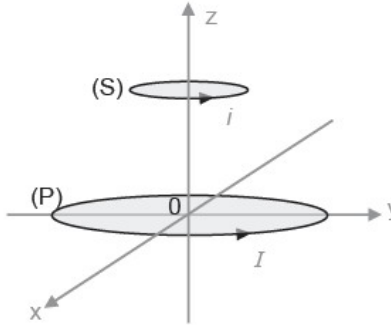
Dans chacun des cas suivants, déterminer l'expression du flux magnétique puis donner l'expression de la force électromotrice induite dans la spire d'axe (Oz), de surface  $S = 10 \text{ cm}^2$ .



### Exercice 3 : Chauffage par induction (d'après CCINP TSI)

Une plaque à induction comporte une bobine (P) de rayon  $r_1$  permettant de créer un champ magnétique. La bobine (P) est parcourue par un courant sinusoïdal d'intensité  $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$  et de fréquence  $f = 60$  kHz. On modélise la casserole métallique posée sur la plaque par une spire (S) circulaire de rayon  $r_2 < r_1$ . Elle est parcourue par un courant d'intensité  $i(t)$ .

Les sens des courants sont arbitrairement ceux mentionnés sur la figure ci-dessous.



On considère les hypothèses simplificatrices suivantes :

- La casserole posée sur la plaque à induction est à une distance  $z_0$  de la bobine.
- Le champ magnétique auquel est soumis la casserole est uniforme et son expression est donnée par :  $\vec{B} = B_0 \cos(\omega t) \vec{u}_z$  où  $B_0$  est une constante.
- La spire (S) a une résistance électrique  $R$  et son inductance propre est négligée.

1. Déterminer l'expression du flux  $\phi$  du champ magnétique qui traverse la spire (S).
2. En déduire l'expression de la force électromotrice induite  $e$  apparaissant dans la spire (S).
3. Déterminer l'expression du courant induit  $i(t)$  dans la bobine.
4. Déterminer l'expression de la puissance instantanée  $P(t)$  dissipée par effet Joule dans la spire (S).
5. En utilisant les résultats précédents, montrer que la puissance moyenne  $P_{moy}$  dissipée par effet Joule dans la spire (S) est égale à :

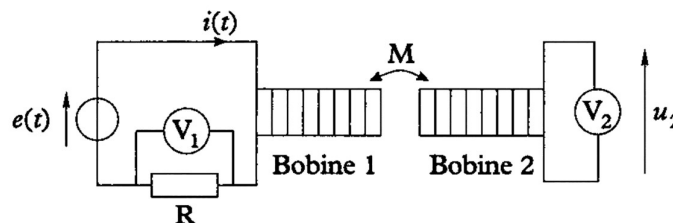
$$P_{moy} = \frac{(\omega B_0 \pi r_2^2)^2}{2R}$$

6. Citer un intérêt d'une plaque à induction par rapport à une plaque de cuisson électrique fonctionnant à l'aide d'une résistance électrique.

### Exercice 4 : Mesure d'une inductance mutuelle

Afin de mesurer le coefficient d'inductance mutuelle entre deux bobines, on réalise le montage ci-dessous où la première bobine est reliée en série avec un générateur de tension sinusoïdale de pulsation  $\omega$  et avec une résistance  $R$ .

Deux voltmètres permettent de mesurer les tensions aux bornes de la résistance et de la deuxième bobine.



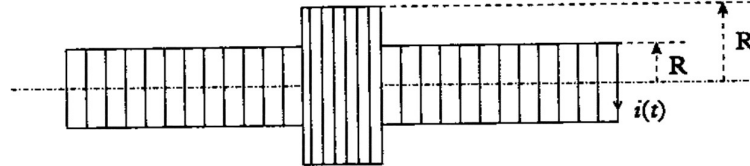
1. Les voltmètres étant supposés idéaux que vaut l'intensité du courant circulant dans la deuxième bobine ?

- Représenter les circuits électriques équivalent au montage ci-dessus en faisant apparaître les f.e.m. induites dans chaque bobine.
- Donner l'expression du flux magnétique dans la bobine 2 en fonction de  $M$  et  $i(t)$ .
- En déduire l'expression de la tension  $u_2(t)$  aux bornes de la deuxième bobine en fonction de  $M$  et de  $i(t)$ , intensité du courant circulant dans la première bobine.
- Soit  $u_1(t) = Ri(t)$  la tension aux bornes de la résistance. Exprimer  $u_2(t)$  en fonction de  $M, R$  et  $u_1(t)$ .
- En déduire l'expression de  $M$  en fonction de  $R, \omega, U_1$  et  $U_2$  où  $U_1$  et  $U_2$  sont les amplitudes efficaces des tensions mesurées par les voltmètres  $V_1$  et  $V_2$ . (On pourra utiliser la notation complexe)
- AN : Calculer  $M$  avec  $U_1 = 3 \text{ V}$ ,  $\omega = 4\pi \cdot 10^4 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $R = 100 \Omega$  et  $U_2 = 5 \text{ V}$ .

### Exercice 5 : Auto-induction et induction mutuelle.

Soit un solénoïde de rayon  $R = 10 \text{ cm}$ , de longueur  $d = 1 \text{ m}$  et comportant  $N = 500 \text{ spires}$ . On considère que le champ qu'il crée est le même que celui que créerait un solénoïde infini :  $B = \mu_0 \frac{N}{d} i$ .

- Etablir la formule donnant l'inductance  $L$  de ce solénoïde et la calculer. Rappel :  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ .
- On note  $i(t)$  le courant circulant dans ce solénoïde. Déterminer l'expression puis la valeur de la fém d'autoinduction  $e(t)$  dans les 2 cas suivants :
  - $i = \text{Cste} = 1 \text{ A}$ .
  - $i$  passe de  $1 \text{ A}$  à  $0 \text{ A}$  en  $0,5 \text{ s}$  de façon linéaire.
- Le solénoïde est alimenté par un courant  $i$ . On place autour de ce solénoïde une bobine plus courte, de même axe, de rayon  $R' = 20 \text{ cm}$  et comportant  $N' = 100 \text{ spires}$ . (voir ci-dessous).



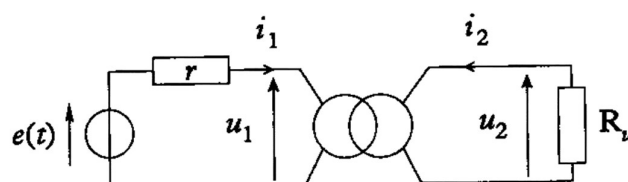
- Exprimer le flux  $\phi_{12}$  créé par le solénoïde à travers la bobine en fonction de  $\mu_0, d, N, N', R$  et  $i$ . (on suppose que les deux bobines sont orientées dans le même sens).
- En déduire l'expression du coefficient d'inductance mutuelle,  $M$ , et le calculer.
- Le solénoïde est parcouru par un courant  $i(t) = i_0 \sin(\omega t)$  et la bobine par un courant  $i'(t) = i_0' \sin(\omega t + \varphi)$ . Donner l'expression de l'énergie magnétique moyenne,  $\langle U_m \rangle$ , stockée dans le solénoïde puis de celle correspondant au couplage,  $\langle U_e \rangle$  en fonction de  $L, M, i_0, i_0'$  et  $\varphi$ .  
On rappelle que  $\sin(a) \sin(b) = \frac{1}{2} (\cos(a - b) - \cos(a + b))$

### Exercice 6 : Transformateur\*

On considère un transformateur parfait comportant  $N_1$  spires au primaire et  $N_2$  spires au secondaire. On note  $L_1 = N_1^2 L_0$  et  $L_2 = N_2^2 L_0$  les inductances propres des deux bobinages du primaire et du secondaire.  $L_0$  est une constante ne dépendant que de la géométrie des bobines.

Le primaire est relié à un générateur de fem  $e(t)$  et de résistance interne  $r$  et le secondaire à une charge modélisée par une résistance  $R_u$ .

On note  $u_1$  la tension d'entrée et  $u_2$  la tension de sortie. Toutes les tensions et intensités sont alternatives, de valeur moyenne nulle.



- 1) En utilisant le fait que le couplage magnétique est total entre le primaire et le secondaire pour un transformateur parfait, donner l'expression de l'inductance mutuelle  $M$  entre le primaire et le secondaire en fonction de  $L_1$  et  $L_2$  puis en fonction de  $N_1$ ,  $N_2$  et  $L_0$ .
- 2) Représenter le schéma électrique équivalent au circuit ci-dessus et écrire deux équations reliant les tensions  $u_1$  et  $u_2$  aux intensités  $i_1$  et  $i_2$ . (*on se référera au cours sur les circuits couplés*)
- 3) Retrouver l'expression de  $\frac{u_2}{u_1}$  vue en cours à partir des équations de la question précédente.  
On posera  $m = \frac{N_2}{N_1}$ .
- 4) On suppose maintenant que  $R_u = 0$  (sortie en court-circuit). Déterminer  $i_2$  en fonction de  $i_1$  et  $m$ .  
On admettra que ce résultat reste vrai pour  $R_u \neq 0$ .
- 5) Montrer que la puissance  $P_1$  fournie par le générateur est égale à la puissance  $P_2$  reçue par la charge.

### Exercice 7 : Plaque à induction et papier d'aluminium\*

Monsieur K a réalisé l'expérience suivante :

Sur sa plaque de cuisson à induction, il a disposé une feuille de papier aluminium sur l'un des foyers lorsqu'elle était éteinte. Une vidéo (accessible via le QR-code ci-contre) permet de visualiser l'expérience lors de la mise en route de la plaque à la puissance maximale.

A l'aide de vos connaissances, interprétez le phénomène observé. (Une explication détaillée est attendue).



#### **Capacités exigibles :**

- **Lois générales :**
  - o Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.
  - o Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés
  - o Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.
- **Auto-induction :**
  - o Définir le flux propre et l'inductance d'une bobine de grande longueur.
  - o Évaluer l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur.
  - o Conduire un bilan de puissance et d'énergie.
- **Induction mutuelle :**
  - o Déterminer l'inductance mutuelle de deux solénoïdes en influence totale.
  - o Établir le système d'équations pour deux circuits couplés par induction mutuelle.
  - o Conduire un bilan de puissance et d'énergie
  - o Citer des applications de l'induction mutuelle dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.
- **Transformateur :**
  - o Établir et utiliser la loi des tensions
  - o Citer des applications du transformateur de tension pour le transport d'énergie électrique ou l'isolement.

#### **QCM d'entraînement :**

