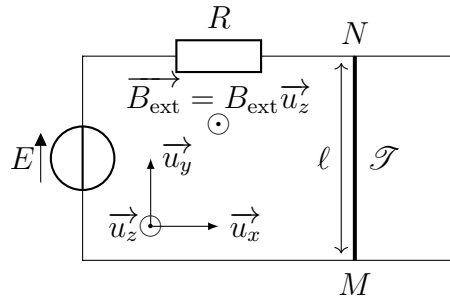


Sujet n°1 Coentin

Question de cours

Rails de Laplace moteur alimenté par un « vrai » générateur. La résistance des rails totale, supposée constante est notée R , et l'auto-induction est négligée.



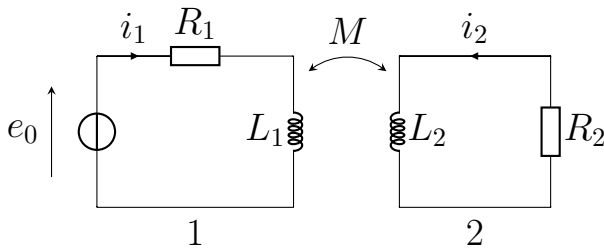
- 1 - Orienter le circuit.
- 2 - Mener une analyse physique qualitative.
- 3 - Établir l'équation électrique. (étapes : flux, fem, circuit électrique équivalent, loi des mailles)
- 4 - Établir l'équation mécanique (système, référentiel, bilan des forces, expression de la force de Laplace, PFD).
- 5 - Effectuer un bilan énergétique.
- 6 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace ?

Exercice n°1 Détecteurs de métaux



Un détecteur de métaux utilise un bobinage placé au bout du détecteur, et alimenté par une tension sinusoïdale du type $e_0 = E_0 \cos(\omega t)$. Ce bobinage possède une certaine inductance propre L_1 , et une résistance totale R_1 .

En présence d'un objet métallique dans le sol, il y a couplage magnétique entre le bobinage du détecteur et l'objet. Le champ variable du détecteur va induire un courant dans l'objet métallique, qui a son tour va induire un courant dans le bobinage, ce qui peut être détecté.



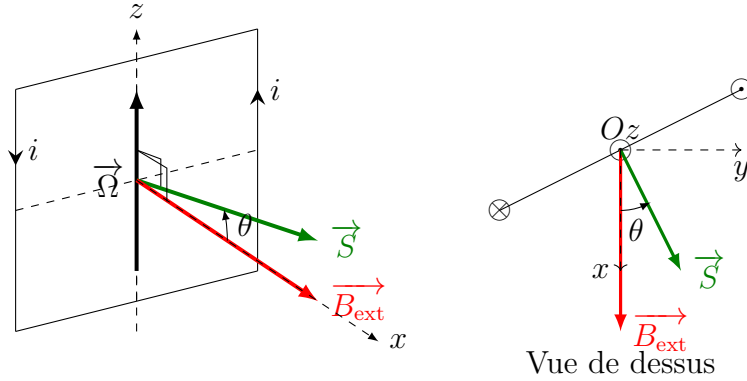
Pour modéliser ceci, nous considérons que l'objet métallique agit comme un circuit d'inductance propre L_2 , de résistance totale R_2 , et nous notons M le coefficient d'inductance mutuelle entre l'objet et le détecteur.

- 1 - Établir le système de deux équations différentielles couplées vérifié par les intensités i_1 et i_2
- 2 - En déduire le système d'équations vérifié par les intensités complexes \underline{i}_1 et \underline{i}_2 .
- 3 - Établir l'impédance complexe du circuit 1 : $\underline{Z}_1 = \frac{e_0}{\underline{i}_1}$
- 4 - Comment peut-on détecter la présence d'un objet ?

Sujet n°2 Aubin

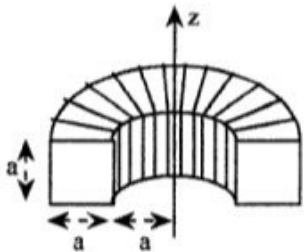
Question de cours

Alternateur modélisé par une bobine plate de N spires, d'inductance propre L et de résistance r_L , et alimentant une lampe aux bornes de laquelle on récupère la tension u , plongée dans un champ magnétique extérieur perpendiculaire à l'axe de rotation. Elle est mise en rotation par un couple moteur $\vec{\Gamma}_{mo}$. Elle est de moment d'inertie J .



- 1 - Mener une analyse physique qualitative.
- 2 - Établir l'équation électrique (*Étapes : flux, fem, circuit élec équivalent, loi des mailles*)
- 3 - Établir l'équation mécanique (*système, référentiel, bilan des actions mécaniques, expression du moment du couple de Laplace, TMC*).
- 4 - Effectuer un bilan de puissance.
- 5 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace ?

Exercice n°1 Pince ampèremétrique



Une pince ampèremétrique est constituée d'un tore de section carrée, de coté $a = 5\text{cm}$, d'axe Oz et de rayon moyen $3a/2$ (voir figure) sur lequel sont bobinées régulièrement un grand nombre ($N = 10^4$) de spires carrées de cotés a en série. Ce circuit, de résistance $R = 0,2\ \Omega$ est fermé sur un ampèremètre de résistance $R_A = 0,3\ \Omega$. D'autre part, un fil infini, confondu avec l'axe Oz est parcouru par un courant d'intensité $I(t) = I_M \cos(\omega t)$ de fréquence $f = 50\ \text{Hz}$. On appellera \vec{B} le champ magnétique total créé par le fil et la pince. On appellera $i(t) = i_m \cos(\omega t)$ le courant circulant dans la pince en régime sinusoïdal forcé.

- 1 - Justifier que le champ magnétique engendré par le courant parcourant le fil peut se mettre sous la forme $\vec{B}_{fil} = B_\theta(r)\vec{u}_\theta$.

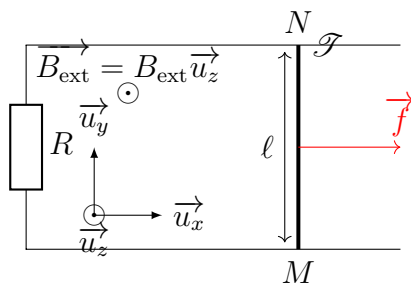
Le champ créé par le fil s'écrit $\vec{B}_{fil} = \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi r} \vec{u}_\theta$ et le champ créé par la bobine torique $\vec{B}_t = \frac{\mu_0 N i(t)}{2\pi r} \vec{u}_\theta$

- 2 - Exprimer le flux du champ créé par le fil à travers la bobine torique. En déduire l'expression de l'inductance mutuelle.
- 3 - En étudiant la pince (c'est-à-dire la bobine torique), établir l'équation différentielle reliant $I(t)$ et $i(t)$.
- 4 - En utilisant la représentation complexe, en déduire le rapport des amplitudes $\frac{i_m}{I_M}$.
- 5 - Expliquer comment la pince peut être utilisée pour mesurer l'intensité parcourant le fil.
- 6 - Que devient $\frac{i_m}{I_M}$ si les effets résistifs sont négligeables devant les effets inductifs ?

Sujet n°3 Arthur

Question de cours

Rails de Laplace générateurs, non alimentés : on déplace la tige en exerçant une force \vec{f} constant.



La résistance des rails totale, supposée constante est notée R , et l'auto-induction est négligée.

- 1 - Mener une analyse physique qualitative et précise.
- 2 - Établir l'équation électrique. (*étapes : flux, fem, circuit électrique équivalent, loi des mailles*)
- 3 - Établir l'équation mécanique (*système, référentiel, bilan des forces, expression de la force de Laplace, PFD*).
- 4 - Effectuer un bilan de puissance de la conversion. Interpréter les différents termes.
- 5 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace?

Exercice n°1 Mesure de M

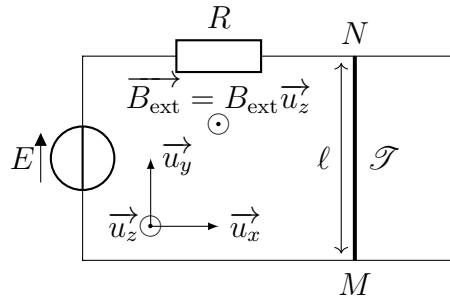
On considère deux circuits couplés par induction mutuelle. Le premier est alimenté par un générateur de force électromotrice $E(t)$. Il est parcouru par un courant i_1 . Il est constitué d'une bobine d'inductance propre L_1 et de résistance interne r_1 . Le deuxième circuit est constitué d'une bobine d'inductance propre L_1 et de résistance interne r_1 . Il n'est pas alimenté.

- 1 - Pourquoi est-il susceptible d'exister un courant dans le deuxième circuit ?
- 2 - Exprimer la force électromotrice induite dans chaque circuit.
- 3 - Établir, en utilisant la loi des mailles, le système d'équations différentielles couplées vérifié par i_1 et i_2 .
- 4 - Le deuxième circuit est ouvert, et le générateur $E(t)$ délivre un échelon de tension passant de 0 à $E = 5$ V constante.
- 5 - En déduire l'équation différentielle vérifiée par i_1 . La résoudre. Comment pourrait-on l'exploiter pour obtenir L_1 ?
- 6 - Exprimer la tension aux bornes de la bobine du circuit 2.
- 7 - Comment pourrait-on en déduire la valeur de M ?

Sujet n°4 Jeanne

Question de cours

Rails de Laplace moteur alimenté par un « vrai » générateur. La résistance des rails totale, supposée constante est notée R , et l'auto-induction est négligée.



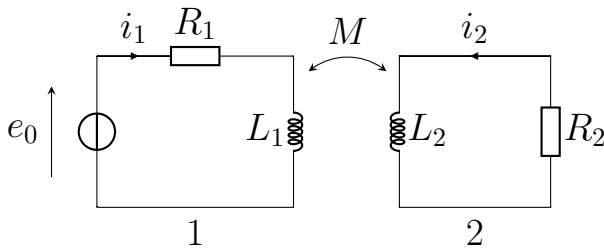
- 1 - Orienter le circuit.
- 2 - Mener une analyse physique qualitative.
- 3 - Établir l'équation électrique. (étapes : flux, fem, circuit électrique équivalent, loi des mailles)
- 4 - Établir l'équation mécanique (système, référentiel, bilan des forces, expression de la force de Laplace, PFD).
- 5 - Effectuer un bilan énergétique.
- 6 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace ?

Exercice n°1 Détecteurs de métaux



Un détecteur de métaux utilise un bobinage placé au bout du détecteur, et alimenté par une tension sinusoïdale du type $e_0 = E_0 \cos(\omega t)$. Ce bobinage possède une certaine inductance propre L_1 , et une résistance totale R_1 .

En présence d'un objet métallique dans le sol, il y a couplage magnétique entre le bobinage du détecteur et l'objet. Le champ variable du détecteur va induire un courant dans l'objet métallique, qui à son tour va induire un courant dans le bobinage, ce qui peut être détecté.



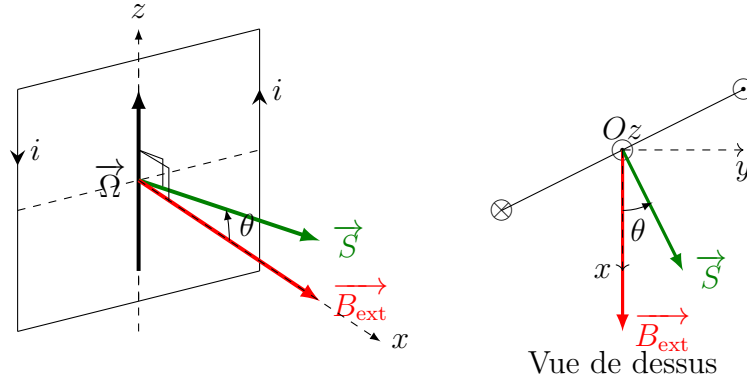
Pour modéliser ceci, nous considérons que l'objet métallique agit comme un circuit d'inductance propre L_2 , de résistance totale R_2 , et nous notons M le coefficient d'inductance mutuelle entre l'objet et le détecteur.

- 1 - Établir le système de deux équations différentielles couplées vérifié par les intensités i_1 et i_2
- 2 - En déduire le système d'équations vérifié par les intensités complexes \underline{i}_1 et \underline{i}_2 .
- 3 - Établir l'impédance complexe du circuit 1 : $\underline{Z}_1 = \frac{e_0}{\underline{i}_1}$
- 4 - Comment peut-on détecter la présence d'un objet ?

Sujet n°5 Mia

Question de cours

Alternateur modélisé par une bobine plate de N spires, d'inductance propre L et de résistance r_L , et alimentant une lampe aux bornes de laquelle on récupère la tension u , plongée dans un champ magnétique extérieur perpendiculaire à l'axe de rotation. Elle est mise en rotation par un couple moteur $\vec{\Gamma}_{\text{mo}}$. Elle est de moment d'inertie J .



- 1 - Mener une analyse physique qualitative.
- 2 - Établir l'équation électrique (*Étapes : flux, fem, circuit élec équivalent, loi des mailles*)
- 3 - Établir l'équation mécanique (*système, référentiel, bilan des actions mécaniques, expression du moment du couple de Laplace, TMC*).
- 4 - Effectuer un bilan de puissance.
- 5 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace ?

Exercice n°1 Circuits couplés

Un circuit LC série oscille naturellement à la pulsation $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Cette pulsation est modifiée lorsqu'on approche un autre circuit LC , identique au premier, mais dans une configuration telle que les deux circuits deviennent couplés par mutuelle induction.

On considère deux circuits LC couplés par induction mutuelle. Le condensateur du premier circuit est chargé sous la tension u_0 à la date $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur K

- 1 - Etablir deux équations différentielles couplées sur les tensions u_{C1} et u_{C2} aux bornes des condensateurs.
- 2 - Découpler ces équations en formant les équations sur les fonctions somme $\sigma = u_{C1} + u_{C2}$ et différence $\delta = u_{C1} - u_{C2}$. Les intégrer et en déduire les expressions des tensions aux bornes des condensateurs.

On pourra poser $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C(L+M)}}$ et $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{C(L-M)}}$.

- 3 - Si $M \ll L$, comparer ω_1 et ω_2 . Quelle est alors l'allure du graphe de u_{C1} ? Comment s'appelle le phénomène observé ? Cette question ne requiert aucun calcul.
- 4 - Dans le cas où $M \ll L$, montrer que ω_1 et ω_2 s'écrivent :

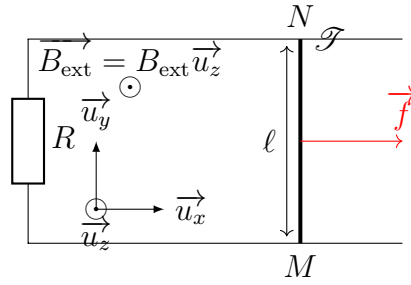
$$\omega_1 = \omega_0 \left(1 - \frac{M}{nL}\right) \quad \text{et} \quad \omega_2 = \omega_0 \left(1 + \frac{M}{nL}\right)$$

où n est un entier à préciser. En déduire l'expression de $u_{C1}(t)$.

Sujet n°6 Charline

Question de cours

Rails de Laplace générateurs, non alimentés : on déplace la tige en exerçant une force \vec{f} constant.



La résistance des rails totale, supposée constante est notée R , et l'auto-induction est négligée.

- 1 - Mener une analyse physique qualitative et précise.
- 2 - Établir l'équation électrique. (*étapes : flux, fem, circuit électrique équivalent, loi des mailles*)
- 3 - Établir l'équation mécanique (*système, référentiel, bilan des forces, expression de la force de Laplace, PFD*).
- 4 - Effectuer un bilan de puissance de la conversion. Interpréter les différents termes.
- 5 - Que peut-on dire de la puissance électrique de la fem et de la puissance de la force de Laplace ?

Exercice n°1 Circuits couplés

On considère deux circuits couplés par mutuelle inductance. Le premier est constitué d'un générateur délivrant la tension continue E pour $t > 0$, d'une résistance R , d'une bobine d'autoinductance L et d'un interrupteur K ouvert pour $t < 0$. Le deuxième est constitué d'une résistance R et d'une bobine d'autoinductance L . On note M le coefficient d'inductance mutuelle. L'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$. On note i_1 l'intensité du courant parcourant le circuit 1 et i_2 l'intensité du courant parcourant le circuit 2.

- 1 - Que vaut $i_1(t = 0)$? Et $i_2(t = 0)$? Justifier.
- 2 - Écrire le système d'équations différentielles couplées vérifiées par les intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$?
- 3 - On introduit les fonctions $S_t = i_1(t) + i_2(t)$ et $D(t) = i_1(t) - i_2(t)$.
Écrire les équations différentielles vérifiées par $S(t)$ et $D(t)$.
- 4 - Résoudre les équations différentielles précédentes.
- 5 - Déterminer alors les expressions des intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$.
- 6 - Représenter l'allure des courbes de ces intensités.