Classe de PCSI

Cours de physique

Année 2024-2025

Fiches Bilan

Thème I. Ondes et signaux
Induction & Force de Laplace

Chapitre n°21. Champ magnétique

Chapitre n°22. Actions d'un champ magnétique

Chapitre n°23. Lois de l'induction

Chapitre n°24. Induction dans un circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temp

Chapitre n°25. Induction dans un circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire

CAMILLE VERNET

Collège • Lycée • Cpge

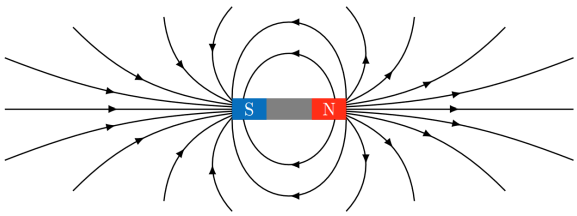
Chapitre n°21 Champ magnétique

Ce qu'il faut savoir

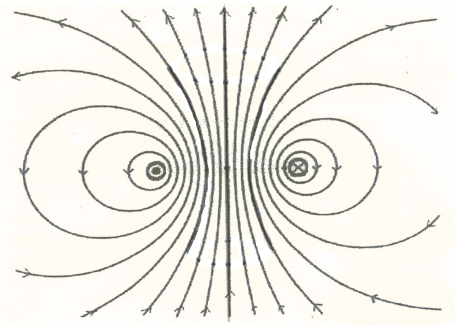
- Le **champ magnétique** est un champ vectoriel. La valeur du champ magnétique s'exprime en **Tesla (T)**.
- Les **sources du champ magnétique** sont les aimants permanents (dans lesquels il n'y a aucun courant électrique) et les courants électriques.
- **Ordres de grandeurs** :

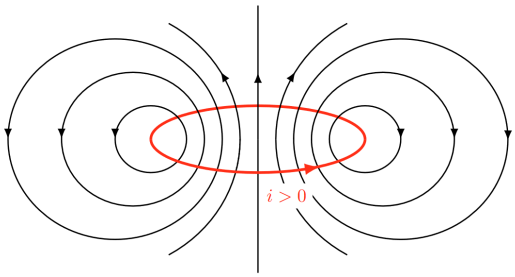
Dispositif	Valeur du champ
Champ magnétique terrestre	5.10^{-5} T
Aimant permanent usuel	0,1 T à 1 T
Bobines pour IRM	3 T

- **Lignes de champ**
  - Une ligne de champ est une courbe tangente au champ en chacun de ses points, orientée dans le sens du champ.
  - Propriétés des lignes de champ
    - Les lignes de champ se ressèrent dans les zones de champ élevé, s'éloignent dans les zones de champ faible et sont parallèles dans les zones de champ uniforme.
    - Les lignes de champ magnétique sont des courbes fermées et qui ne peuvent se croiser qu'en un point de champ nul.
    - Les lignes de champ magnétique créé par un aimant permanent quittent le pôle nord et entrent au pôle sud.
    - Les lignes de champ enlacent les courants électriques.
  - L'orientation des lignes de champ magnétique créé par un courant électrique et le courant qui le créé sont liés par la **règle de la main droite** :
    - On place la main droite le long de la ligne de champ orientée de la base des doigts vers la pointe des doigts, le pouce indique le sens du courant.
    - On place la main droite le long de la spire le courant étant orienté de la base des doigts vers la pointe des doigts, le pouce indique le sens du champ magnétique.
- **Quelques cartes de champ :**
  - Aimant droit



  - Spire circulaire

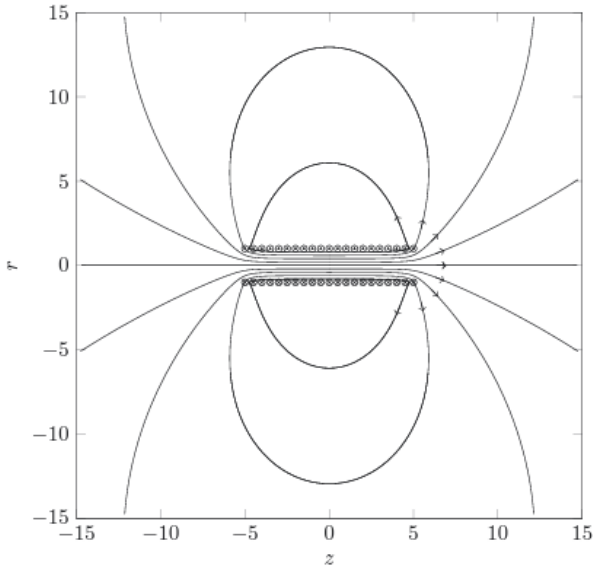




Une spire circulaire est un conducteur filiforme de rayon a et parcouru par un courant i. Le sens de ce courant et le sens du champ magnétique sont reliés par la règle de la main droite.

- Solénoïde

  Un solénoïde (ou bobine longue) est un enroulement de fil. La longueur L du solénoïde est grande devant le rayon de l'enroulement.



  Le champ créé par un solénoïde, loin des bords, est parallèle à l'axe du solénoïde, son sens est lié à celui du courant par la règle de la main droite et il est uniforme de norme $B = \mu_0 n I$, avec n le nombre de spires par unité de longueur.

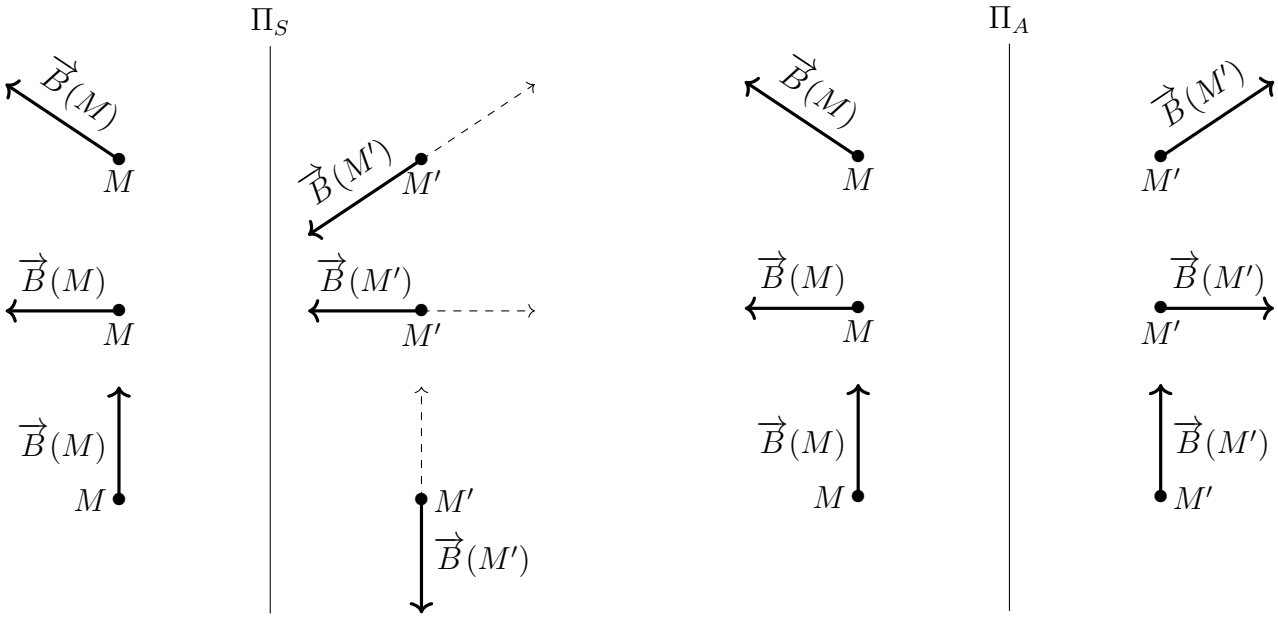
- Bobines de Helmholtz

  Ce dispositif est constitué de deux bobines plates, identiques, de même rayon R, espacées d'une distance égale à leur rayon et parcourues par des courants identiques dans le même sens. Ce dispositif permet de créer un champ magnétique uniforme entre les deux bobines plates, dans un grand volume et accessible facilement.

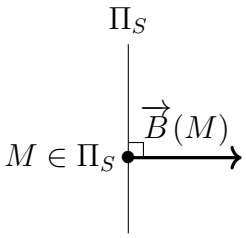
Propriétés de symétries et invariances

- Le champ magnétique $\overrightarrow{B}(M')$ en un point M' symétrique du point M **par rapport à un plan de symétrie** de la distribution de courant est égal à l'opposé du symétrique du champ magnétique en M.

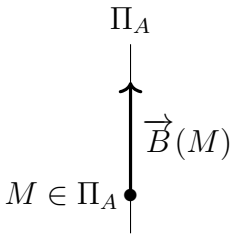
- Le champ magnétique $\overrightarrow{B}(M')$ en un point M' symétrique du point M **par rapport à un plan d'antisymétrie** de la distribution de courant est égal au symétrique du champ magnétique en M.



- **En un point d'un plan de symétrie** de la distribution de courant, le champ magnétique est orthogonal au plan de symétrie.



- **En un point d'un plan d'antisymétrie** de la distribution de courant, le champ magnétique appartient au plan d'antisymétrie.



Moment magnétique

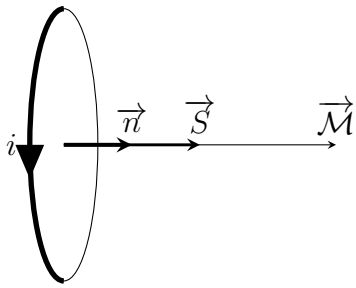
- Vecteur surface d'une boucle de courant plane orientée

  On définit le **vecteur surface** $\vec{S}$ de la surface plane s'appuyant sur la boucle de courant plane orientée :

  - direction : orthogonale au plan défini par la boucle plane.
  - sens : donné par la **règle de la main droite**.
    La main droite enlace la boucle de courant avec la flèche allant de la base des doigts autres que le pouce vers le bout des doigts, le pouce indique alors le sens de $\vec{S}$.
  - norme : la surface S.

- Moment magnétique d'une boucle de courant plane
  Le moment magnétique associé à une spire plane est défini par :

$$\vec{\mathcal{M}} = i\vec{S}$$



  où i est l'intensité du courant, $\vec{S}$ le vecteur surface perpendiculaire au plan de la spire, de sens relié à celui du courant par la règle de la main droite et de norme égale à l'aire délimitée par la spire plane.
  m s'exprime en $\mathrm{A} \cdot \mathrm{m}^2$.

- Moment magnétique d'un aimant
  Malgré l'absence de courant électrique au sein d'un aimant on étend la notion de moment magnétique aux aimants, car les lignes de champ créé sont identiques, à grande distance, à celles du champ créé par une boucle plane.

- Ordres de grandeur :

Dispositif	Valeur du moment magnétique
Champ magnétique terrestre	$7,9.10^{22}\ \mathrm{A} \cdot \mathrm{m}^2$
Aimant permanent usuel	$10\ \mathrm{A} \cdot \mathrm{m}^2$

Ce qu'il faut savoir faire

- ❑ Exploiter une représentation graphique d'un champ vectoriel, identifier les zones de champ uniforme, de champ faible, et l'emplacement des sources.
- ❑ Décrire un dispositif permettant de réaliser un champ magnétique quasi-uniforme.
- ❑ Évaluer l'ordre de grandeur d'un champ magnétique à partir d'expression fournie.
- ❑ Orienter le champ magnétique créé par une bobine.
- ❑ Définir le moment magnétique associé à une boule de courant plane.

Chapitre n°22 Action d'un champ magnétique

Ce qu'il faut savoir

Force de Laplace

- L'élément de longueur $\mathrm{d}\overrightarrow{\ell}$ dirigé dans le sens de l'intensité i, tangent au conducteur et placé dans un champ extérieur $\overrightarrow{B}$ est soumis à la force élémentaire de Laplace :

$$\mathrm{d}\overrightarrow{F_L} = i\mathrm{d}\overrightarrow{\ell} \wedge \overrightarrow{B}$$

- La force de Laplace s'exerçant sur une portion de conducteur filiforme parcourue par un courant i et placé dans un champ extérieur $\overrightarrow{B}$ s'écrit :

$$\boxed{\overrightarrow{F_L} = \int_{M\in \text{ conducteur}} i\mathrm{d}\overrightarrow{\ell_M} \wedge \overrightarrow{B}(M)}$$

l'intégrale étant calculée dans le sens du courant.

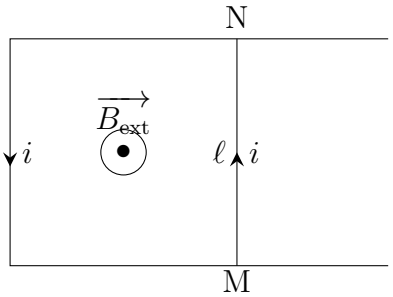
- Si le circuit est fermé :

$$\overrightarrow{F_L} = \oint_{M\in \text{ circuit fermé}} i\mathrm{d}\overrightarrow{\ell_M} \wedge \overrightarrow{B}(M)$$

Barre conductrice en translation rectiligne sur deux rails parallèles (rails de Laplace) dans un champ magnétique extérieur uniforme, stationnaire et orthogonal à la barre.

La résultante s'écrit :

$$\overrightarrow{F_L} = \int_M^N i\mathrm{d}\overrightarrow{\ell} \wedge \overrightarrow{B_{\text{ext}}}$$



si le courant dans la tige va de M à N.
La barre étant en translation (tous les points ont même mouvement, trajectoire, vecteurs vitesse et accélération) , la puissance se calcule facilement en faisant :

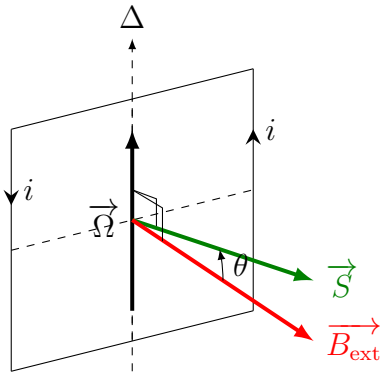
$$\mathscr{P}_L = \overrightarrow{F_L} \cdot \overrightarrow{v}(G)$$

Spire rectangulaire, parcourue par un courant, en rotation autour d'un axe de symétrie de la spire passant par les deux milieux de côtés opposés et placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire orthogonal à l'axe.

L'action de Laplace sur un tel système est un couple : la résultante est nulle mais le moment est non nul et vaut :

$$\overrightarrow{\Gamma_{\mathscr{L}}} = \overrightarrow{\mathcal{M}} \wedge \overrightarrow{B_{\text{ext}}}$$

avec $\overrightarrow{\mathcal{M}} = i\overrightarrow{S}$ le moment magnétique de la spire.



Lorsque le système est en rotation à la vitesse angulaire ω, la puissance de l'action de Laplace s'écrit :

$$\mathscr{P}_{\mathscr{L}} = \Gamma_{\mathscr{L}} \times \omega$$

Action d'un champ magnétique sur un aimant

- Un aimant de moment magnétique $\overrightarrow{\mathcal{M}}$ placé dans un champ magnétique extérieur $\overrightarrow{B}$ uniforme subit un couple de moment $\overrightarrow{\Gamma} = \overrightarrow{\mathcal{M}} \wedge \overrightarrow{B}$ qui tend à aligner le vecteur $\overrightarrow{\mathcal{M}}$ sur le champ $\overrightarrow{B}$.

  Les deux positions d'équilibre sont $\left(\widehat{\overrightarrow{\mathcal{M}}, \overrightarrow{B}}\right) = 0$ (stable) et $\left(\widehat{\overrightarrow{\mathcal{M}}, \overrightarrow{B}}\right) = \pi$ (instable).

- Un **champ magnétique tournant** peut être réalisé en alimentant deux bobines d'axes orthogonaux par des courants sinusoïdaux de même pulsation ω déphasés de $\pi/2$, il tourne alors à la pulsation ω. Une aiguille aimantée placée au centre du dispositif tournera alors également à la vitesse angulaire ω et dans le même sens que le champ.

Ce qu'il faut savoir faire

- Différencier le champ magnétique extérieur subi du champ magnétique propre créé par le courant filiforme.
- Établir l'expression de la résultante des forces de Laplace dans le cas des rails de Laplace. Évaluer la puissance des forces de Laplace.
- Établir l'expression du moment du couple subi par une spire rectangulaire en rotation dans un champ magnétique uniforme en fonction du champ magnétique extérieur et du moment magnétique de la spire rectangulaire.
- Expérimental : mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une bobine.
- Expérimental : créer un champ magnétique tournant à l'aide de deux ou trois bobines et mettre en rotation une aiguille aimantée.

Chapitre n°23 Lois de l'induction

Ce qu'il faut savoir

Phénomène d'induction

Les phénomènes d'induction se manifestent par l'apparition d'un courant électrique dans un circuit fermé sans qu'il n'y ait de générateur à l'intérieur du circuit.

Il y a phénomène d'induction électromagnétique lorsque :

- le circuit est fixe dans un champ magnétique dépendant du temps ,
- ou le circuit est en mouvement dans un champ magnétique permanent (ou stationnaire).

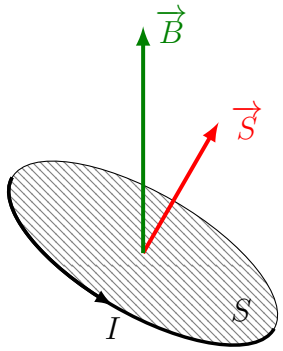
Loi de Lenz (1834)

Les effets de l'induction s'opposent, par leurs effets, aux causes qui leur ont donné naissance :
Le courant induit a un sens tel que le flux du champ induit qu'il crée s'oppose aux variations du flux qui lui a donné naissance.

Flux magnétique

On définit le **flux du champ magnétique $\overrightarrow{B}$ UNIFORME à travers une surface $\mathcal{S}$ orientée, de vecteur surface $\overrightarrow{S}$** par :

$$\varphi = \overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{S}$$



En Weber (Wb) ou en T.m^2
Si le flux du champ magnétique traverse N spires identiques (chacune de vecteur surface $\overrightarrow{S}$), alors le flux vaut :

$$\varphi_N = N\varphi_{1\text{ spire}} = N\overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{S}$$

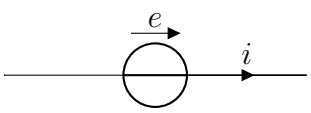
Loi de Faraday (1831)

Le courant induit dans un circuit orienté (siège d'un phénomène d'induction) est égal à celui que produirait un **générateur fictif**, appelé **générateur induit**, dont la force électromotrice (fem induite) est donnée par :

$$\boxed{e = -\frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}t}}$$

avec φ le flux du champ magnétique à travers la surface qui s'appuie sur le circuit plan orienté.

Le courant induit (dont le sens est celui de l'orientation du circuit) et la f.é.m. du générateur induit sont en convention générateur :



L'étude d'un circuit électrique siège d'un phénomène d'induction électromagnétique, se fait en ajoutant dans le circuit le générateur induit dans la convention ci-dessus.

Ce qu'il faut savoir faire

- Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.
- Expérimental : Décrire, mettre en œuvre des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.
- Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés.
- Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.

Chapitre n°24 Circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps

Ce qu'il faut savoir

Auto-induction

- Un circuit électrique parcouru par un courant dépendant du temps est siège d'un phénomène d'auto-induction : le courant variable crée un champ magnétique variable, dont les lignes de champ traversent le circuit, et qui crée donc un flux magnétique variable. Il y a alors une f.é.m. induite dans le circuit, qui conformément à la loi de Lenz, s'oppose à la variation de courant qui lui a donné naissance, ce qui explique notamment le retard à l'allumage dans un circuit comportant des bobines.
- Le **flux propre du champ magnétique** à travers le circuit qui lui a donné naissance est **proportionnel au courant** i qui traverse ce circuit :

$$\boxed{\varphi_P = Li}$$

avec L le **coefficient d'auto-induction ou inductance propre** qui s'exprime en **Henry (H)**.
L'inductance propre est **toujours positive** et est liée aux caractéristiques géométriques du circuit.

- La **f.é.m. auto-induite** dans un circuit siège d'un phénomène d'auto-induction est donnée par la loi de Faraday :

$$\boxed{e = -\frac{\mathrm{d}\varphi_P(t)}{\mathrm{d}t} = -L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$$

Schéma électrique équivalent d'un circuit siège d'un phénomène d'auto-induction :

- L'inductance propre se détermine en calculant le flux du champ magnétique à travers le circuit qui lui a donné naissance. Le flux à travers un circuit contenant plusieurs spires (par ex. un solénoïde) est le produit du nombre de spires N par le flux du champ à travers une spire. L'inductance d'un tel circuit est alors proportionnelle au nombre de spires au carré : $L \propto N^2$.
- Le phénomène auto-induction sera souvent négligé quand le circuit ne contient pas de bobine.
- **Bilan énergétique**
  - Pour mener un bilan énergétique dans un circuit siège d'un phénomène d'auto-induction, il faut multiplier la loi des mailles par l'intensité du courant qui circule dans le circuit.
  - L'énergie magnétique stockée par le circuit s'exprime selon : $\mathscr{E}_{\text{mag}} = \frac{1}{2}Li^2$

Induction mutuelle

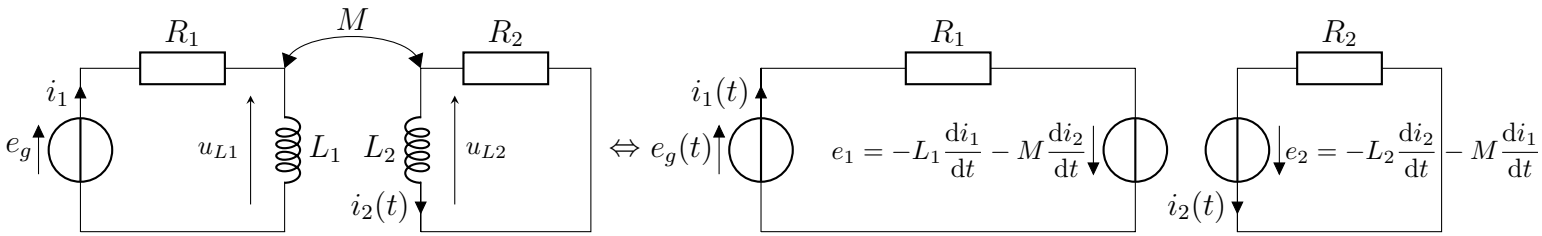
- On définit l'**inductance mutuelle** (en **henry (H)**) entre les deux circuits $\mathscr{C}_1$ (traversé par $i_1(t)$) et $\mathscr{C}_2$ (traversé par $i_2(t)$), comme étant la constante de proportionnalité entre $\varphi_{1\to2}$ et i_1, et entre $\varphi_{2\to1}$ et i_2 :

$$\boxed{\begin{array}{rcl} \varphi_{1\to2} & = & M \times i_1 \\ \varphi_{2\to1} & = & M \times i_2 \end{array}}$$

M dépend de la géométrie des deux circuits et de leur position relative, elle peut être positive ou négative.

- Lorsque deux circuits sont en présence, le flux magnétique à travers l'un d'eux comporte son flux propre et le flux du champ créé par l'autre circuit :
  - dans $\mathscr{C}_1$: $\phi_1 = \varphi_{P1} + \varphi_{2\to1} = L_1 i_1 + M i_2$
  - dans $\mathscr{C}_2$: $\phi_2 = \varphi_{P2} + \varphi_{1\to2} = L_2 i_2 + M i_1$
- La fem induite des générateurs fictifs de chaque circuit s'exprime à l'aide de la loi de Faraday :
  - dans $\mathscr{C}_1$: $e_1 = -\frac{\mathrm{d}\phi_1}{\mathrm{d}t} = -L_1\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} - M\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t}$
  - dans $\mathscr{C}_2$: $e_2 = -\frac{\mathrm{d}\phi_2}{\mathrm{d}t} = -L_2\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} - M\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$

- La représentation conventionnelle de deux circuits couplés par mutuelle est indiquée ci-dessous.

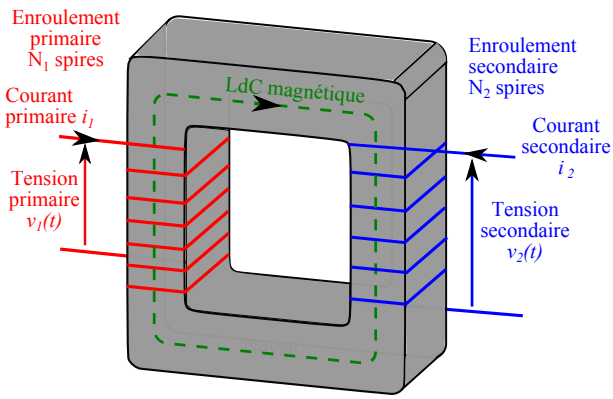


- Des circuits électriques couplés par mutuelle s'étudient exactement comme les circuits étudiés dans la partie I. Signaux physiques : loi des mailles, des nœuds, loi d'Ohm, notation complexe ...
- **Bilans énergétiques**
  - Le bilan énergétique s'effectue en multipliant chacune des deux lois des mailles par l'intensité du courant circulant dans la maille étudiée, puis en sommant ces deux bilans.
  - L'énergie magnétique stockée par les deux circuits couplés par induction mutuelle s'exprime selon

$$\mathscr{E}_{\text{mag}} = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

Transformateur

- Un transformateur est constitué de deux enroulements : le primaire et le secondaire, où apparaît une tension induite lorsque le courant dans le primaire dépend du temps.
  Ces deux enroulements sont bobinés autour d'une carcasse ferromagnétique qui permet de canaliser les lignes de champ, ainsi tout le champ magnétique créé par le primaire passe au travers du secondaire.
- Dans le cadre des orientations précédentes : $\dfrac{v_2}{v_1} = \dfrac{N_2}{N_1} = m$, m étant le rapport de transformation.
- Un transformateur ne peut être utilisé qu'en régime variable dépendant du temps, sinon il n'y a pas de courant induit dans le secondaire.



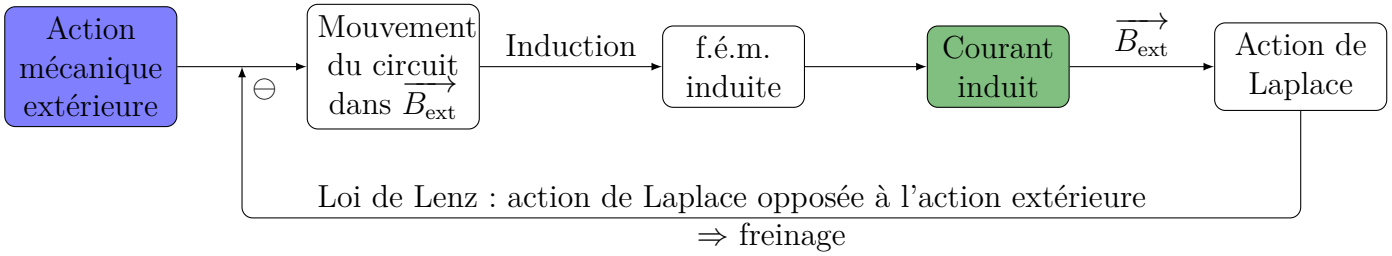
Ce qu'il faut savoir faire

- ❑ Évaluer l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur.
- ❑ Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe, de grande longueur, en influence totale.
- ❑ Établir le système d'équations en RSF en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents de circuits couplés par induction mutuelle.
  1. Orienter chaque circuit.
  2. Utiliser les définitions des coefficients d'auto-inductance et d'inductance mutuelle pour exprimer les flux totaux à travers chaque circuit : $\varphi_1 = \varphi_{1P} + \varphi_{2\to1}$ et $\varphi_2 = \varphi_{2P} + \varphi_{1\to2}$.
  3. Utiliser la loi de Faraday pour exprimer les f.e.m. induites dans chaque circuit.
  4. Représenter le circuit électrique équivalent en ajoutant les générateurs fictifs de fem induite.
  5. Appliquer la loi des mailles dans chaque circuit pour obtenir le système d'équations couplées.
  6. En RSF, passer à la notation complexe.
- ❑ Conduire une étude énergétique dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction et/ou d'induction mutuelle en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.
  1. Écrire la loi des mailles pour le ou les deux circuits.
  2. Multiplier chaque loi des mailles par l'intensité du courant qui circule dans le circuit concerné.
  3. Sommer les deux équations ainsi obtenues.
  4. Interpréter.
- ❑ Transformateur : établir la loi des tensions.

Chapitre n°25 Circuit mobile dans un champ magnétique permanent

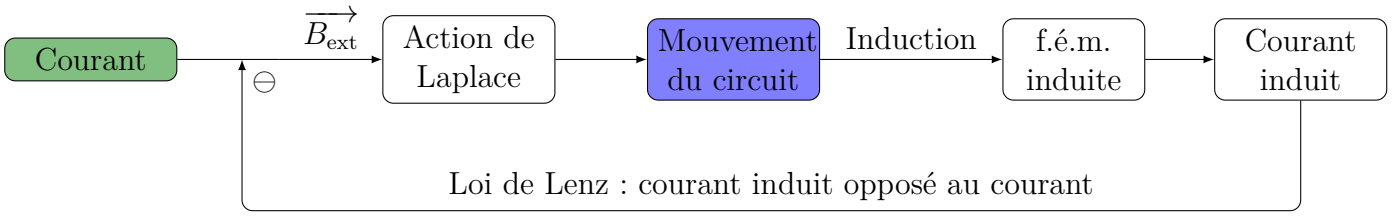
Ce qu'il faut savoir

Conversion mécanique-électrique



- **Rail de Laplace générateur**
  On met la tige en mouvement (énergie mécanique) permanent et uniforme créé extérieurement, la surface du circuit varie, donc du flux du champ magnétique magnétique varie. Il apparaît donc une fem induite et un courant induit (énergie électrique). Le circuit est alors parcouru par un courant électrique et la tige subit donc une force de Laplace qui s'oppose à la cause qui lui a donné naissance, c'est-à-dire le mouvement de la tige.
- **Alternateur**
  Un alternateur convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.
  On peut étudier le principe de fonctionnement de l'alternateur en le modélisant par une spire en rotation dans un champ magnétique constant, on obtient alors une tension sinusoïdale.
  La spire rectangulaire est mise en rotation (énergie mécanique : par une turbine dans une centrale, par la roue d'un vélo pour une dynamo) dans le champ magnétique permanent et uniforme créé extérieurement. La flux du champ magnétique à travers la spire varie dans le temps, il apparaît donc dans la spire un courant induit (énergie électrique). Le circuit est alors parcouru par un courant électrique et le cadre subit donc le couple de Laplace qui s'oppose à la cause qui lui a donné naissance, c'est-à-dire la rotation du cadre.
- **Courants de Foucault**
  Les courants de Foucault sont les courants induits qui apparaissent dans un conducteur non filiforme.
  Ils sont utilisés dans les systèmes de freinage par induction : le mouvement du conducteur dans un champ magnétique provoque l'apparition de courant, et donc d'une force de Laplace qui s'oppose au mouvement.
  Les courants de Foucault provoquent de l'effet Joule, qui est utilisé dans les plaques à induction. Ces courants accompagnés de l'échauffement sont en général pas souhaitables (sauf dans le cas du freinage par courant de Foucault !), par exemple dans les transformateurs.

Conversion électrique-mécanique



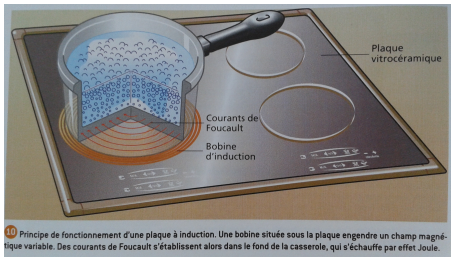
- **Moteur à courant continu**
  Comme dans toute machine tournante, une MCC est constituée d'un stator fixe et d'un rotor mobile :
  - Le **rotor** est le disque au centre, qui est entraîné en rotation autour de son axe. Sur le disque, sont imprimés de nombreux circuits électriques radiaux, séparés par un isolant. Ils sont parcourus par des courants continus.
  - Les deux disques de part et d'autre du rotor constituent le **stator**. Ces deux disques sont fixes dans le référentiel d'étude. Des aimants permanents disposés sur ces disques développent des lignes de champ magnétique orthogonales au plan définir par le rotor. L'ensemble $\{S_1,S_2\}$ définit donc un entrefer plan, dans lequel est placé le rotor.

Ce qu'il faut savoir faire

- **Méthode générale de l'étude d'un système électromécanique faisant intervenir un conducteur en mouvement**
  - **Analyser physiquement** « ce qu'il se passe » : d'où vient l'induction ? quelles en sont les causes ? les conséquences ?
  - Établir l'**équation électrique** (EE) :
    1. Orienter le circuit (choix du de la flèche de i).
    2. Calculer le flux du champ magnétique.
    3. Exprimer la fem induite e ($e = e_p + e_{\text{ext}}$).
    4. Représenter le schéma électrique équivalent, constitué des éléments réellement présents dedans (résistance, GBF, condensateur) auxquels on ajoute la fem induite en convention générateur par rapport à i.
    5. Établir l'équation électrique en utilisant les lois des mailles, des nœuds ...
  - Établir l'**équation mécanique** (EM) :
    6. Exprimer les actions mécaniques de Laplace :
       - pour un mouvement de translation : la résultante des forces de Laplace
       - pour un mouvement de rotation : le moment résultant de Laplace
    7. Appliquer :
       - pour un mouvement de translation : le PFD
       - pour un mouvement de rotation : la LMC par rapport à l'axe de rotation
  - Effectuer le **bilan énergétique** :
    8. Multiplier (EE) par i.
    9. Multiplier scalaire (EM) par $\vec{v}$.
    10. Sommer les deux en éliminant le terme de couplage en vi.
    11. On aura toujours $\mathscr{P}_{\text{Laplace}} + \mathscr{P}_{\text{f.é.m}} = 0$

Applications

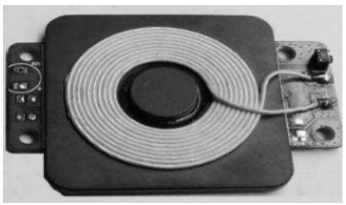
Plaque à induction



10 Principe de fonctionnement d'une plaque à induction. Une bobine située sous la plaque engendre un champ magnétique variable. Des courants de Foucault s'établissent alors dans le fond de la casserole, qui s'échauffe par effet Joule.

Les plaques à induction sont constituées de bobines d'induction parcourues par un courant variable qui produisent un champ magnétique variable. Le champ magnétique variable crée des courants induits dans le fond de la casserole, appelés courants de Foucault, qui par effet Joule chauffent le contenu de la casserole.

Chargeur de téléphone par induction



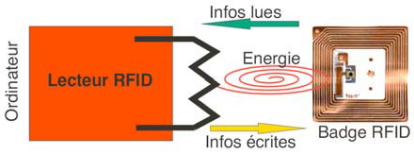
Il est maintenant possible de charger son téléphone sans fil. Une base constituée d'une bobine alimentée par le secteur est parcourue par un courant électrique alternatif (à 50 Hz) et crée un champ magnétique variable. Dans le téléphone, une bobine reliée à la batterie est alors traversée par les lignes du champ magnétique. Un courant électrique apparaît alors dans la bobine présente dans le téléphone, et qui alimente alors la batterie pour la rechargée.

Boucles inductives de détection

En milieu urbain, la détection des véhicules par boucle inductive s'est fortement développée afin d'améliorer la gestion des feux de signalisation sur certains carrefours stratégiques.
Le capteur est une boucle conductrice implantée dans la chaussée, formée de spires rectangulaires dont la taille est de l'ordre du mètre. Cette boucle fait partie d'un circuit électronique oscillant dont la fréquence est fonction de son inductance. En présence d'un véhicule, l'environnement électromagnétique de la boucle est perturbé à cause des courants de Foucault induits dans les parties métalliques du véhicule. L'inductance du circuit est alors modifiée et la détection de la variation de fréquence des oscillations permet d'en déduire la présence du véhicule.

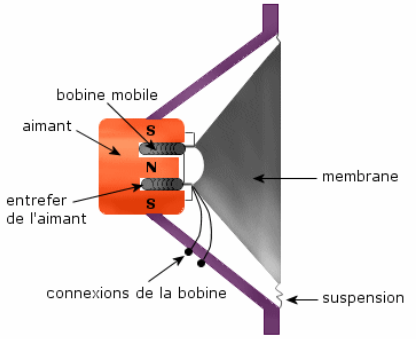
Puce Radio Fréquence IDentifier (RFID)

Ce système est utilisé dans les pass Navigo, pour le contrôle des bagages, comme antivols collés sur la plupart des livres, vêtements achetés dans le commerce.
Deux parties sont nécessaires :



- Un "Badge RFID" constitué d'une antenne en spirale connectée à une puce électronique.
- Un "Lecteur RFID" pilotant une autre antenne, qui est connecté à un ordinateur : il crée un champ magnétique, qui transfère de l'énergie à l'antenne incorporée dans le Badge RFID, ce qui "réveille" la puce électronique, qui peut alors transmettre son identité et effectuer des opérations.

Haut-parleur (ou microphone)



La bobine, liée à la membrane, est parcourue par un courant électrique et placée dans l'entrefer d'un aimant permanent, l'action mécanique de Laplace met en mouvement la bobine (et donc la membrane), il y a conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique puis acoustique.
Le fonctionnement du micro est l'exact inverse de celui du haut-parleur : il y a conversion de l'énergie acoustique (vibration) en énergie mécanique puis électrique (courant électrique).

Alternateur

Les alternateurs convertissent une énergie cinétique de rotation en énergie électrique : ils constituent les dynamos de vélo, ils sont présents dans toutes les centrales électriques (sauf photovoltaïques !).